

Merkblatt
2032

s i a

Graue Energie von Gebäuden

schweizerischer
ingenieur- und
architektenverein

société suisse
des ingénieurs et
des architectes

società svizzera
degli ingegneri e
degli architetti

swiss society
of engineers and
architects

selnaustrasse 16
postfach
ch-8027 zürich
www.sia.ch



Bitte beachten Sie die Korrigenda im Anhang.

SIA Merkblätter

Zur Erläuterung und ergänzenden Regelung von speziellen Themen gibt der SIA Merkblätter heraus.

Die Merkblätter sind Bestandteil des SIA-Normenwerks.

Merkblätter sind nach ihrer Veröffentlichung drei Jahre gültig. Die Gültigkeit kann wiederholt um jeweils drei Jahre verlängert werden.



Bitte beachten Sie die Korrigenda im Anhang.

Allfällige Korrekturen und Kommentare zur vorliegenden Publikation sind zu finden unter www.sia.ch/korrigenda.

Der SIA haftet nicht für Schäden, die durch die Anwendung der vorliegenden Publikation entstehen können.

2009-11 1. Auflage

INHALTSVERZEICHNIS

	Seite
Vorwort	4
0 Geltungsbereich	5
0.1 Abgrenzung	5
0.2 Normative Verweisungen.....	5
0.3 Hinweise zur Anwendung	5
1 Verständigung	6
1.1 Definitionen.....	6
1.2 Bezeichnungen, Begriffe und Einheiten	8
1.3 Indizes	9
2 Konzept der Grauen Energie im Bauwesen ...	10
2.1 Graue Energie eines Baustoffs	10
2.2 Veranschaulichung	10
2.3 Die Graue Energie eines Bauteils.....	10
2.4 Die Graue Energie eines Gebäudes	11
2.5 Bestimmung der Grauen Energie	12
2.6 Graue Treibhausgasemissionen.....	12
2.7 Datengrundlagen	12
3 Berechnungsmethode	13
3.1 Allgemeines	13
3.2 Vereinfachungen und Vernachlässigungen	14
3.3 Berechnungsverfahren	16
3.4 Kenngrössen	16
Anhang	
A Sachbilanz (informativ)	17
B Bewertung der Energieträger (informativ)	21
C Amortisationszeit (normativ)	22
D Berechnungstabelle für Vorstudien und Vorprojekt (normativ).....	23
E Beispiel (informativ).....	25
F Publikationen (informativ)	28

VORWORT

Die Aufmerksamkeit der Planer und Planerinnen hat sich in den letzten 30 Jahren neben der Architektur auf die Betriebsenergie fokussiert. Der SIA hat 1988 erstmals eine Empfehlung zur Berechnung des Heizwärmebedarfs herausgegeben. Seither wurde der Raumwärmeverbrauch von Gebäuden, bedingt durch gesetzliche Vorgaben und freiwillige Bemühungen, kontinuierlich gesenkt. Moderne Niedrigstenergiehäuser mit Vorbildcharakter verbrauchen heute nicht viel mehr als 40 MJ pro m² Energiebezugsfläche und Jahr. Dagegen beträgt die Graue Energie, die in einem neuen Gebäude in Form von Baumaterialien und Technik investiert wird, in der Regel – umgerechnet auf die Nutzungsdauer – zwischen 80 und 100 MJ pro m² Geschossfläche und Jahr. Deshalb gewinnt die Graue Energie eines Gebäudes als ein Aspekt zur Beurteilung der ökologischen Nachhaltigkeit zunehmend an Bedeutung. Zudem erfordert die Niedrigenergiebauweise und der steigende Baustandard tendenziell mehr Material und Technik, was zu einer Erhöhung der Grauen Energie führt.

Im Rahmen der Dokumentation *SIA Effizienzpfad Energie* [1] hat sich der SIA zum ersten Mal eingehender mit dem Thema «Graue Energie» befasst. Nach anfänglicher Skepsis hat sich in den Gremien des SIA die Meinung durchgesetzt, dass dieses Thema vertieft behandelt werden soll, damit die Graue Energie im Sinne einer ganzheitlichen Betrachtungsweise zukünftig gleichberechtigt neben der Betriebsenergie beurteilt, berechnet und in die Planung einbezogen werden kann. Beim SIA Effizienzpfad ist die Graue Energie neben der Betriebsenergie und der Energie für die standortabhängige Mobilität ein selbständiger Themenbereich, für den eigene Zielwerte gelten.

Die Treibhausgasemissionen sind wegen der Klimaänderung eine wichtige umweltrelevante Grösse. In der 2000-Watt-Gesellschaft, auf die sich der Effizienzpfad Energie stützt, stellen sie neben der Primärenergie die zweite Zielgrösse dar. Sie sollen in der nächsten Ausgabe des Effizienzpfads Energie als zweites Beurteilungskriterium verwendet werden. Daher werden auch in diesem Merkblatt die mit der Bereitstellung von Baustoffen verbundenen Treibhausgasemissionen behandelt. Bisher wurden noch wenige Berechnungen der kumulierten Treibhausgasemissionen von Gebäuden gemacht. Dies kann nun nachgeholt werden.

Das vorliegende Merkblatt soll dazu beitragen, dass die Berechnung der Grauen Energie nach einheitlichen Grundsätzen und auf der Basis von vergleichbarem Datenmaterial erfolgt. Die Ergebnisse aus den Berechnungen der Grauen Energie von Gebäuden sollen reproduzierbar und vergleichbar werden. Gleichzeitig soll das Merkblatt zur Sensibilisierung für das Thema und zur weiteren Verbreitung solcher Berechnungen beitragen. Es richtet sich in erster Linie an Planer und Planerinnen. Sie erhalten eine einfache und planungsgerechte Bewertungs- und Berechnungsmethode, die mit einem Beispiel illustriert wird.

Aus zahlreichen Untersuchungen weiss man, dass der Einfluss auf die Graue Energie eines Gebäudes im Laufe des Planungsprozesses mit zunehmender Präzisierung des Projektes rapid abnimmt, da die Gebäudeform und -grösse die wichtigsten Einflussgrössen darstellen. Die Materialisierung hat bereits einen deutlich geringeren Einfluss auf das Ergebnis. Deshalb ist die Erfassung und Optimierung der Grauen Energie vor allem bei Projekten in der Vorstudien- und Vorprojektphase (Wettbewerbe, Studienaufträge) von Bedeutung.

Das Merkblatt soll aber in allen Projektphasen angewendet werden. Im Stadium der Vorstudien geht es um eine grobe Projektbeurteilung. Es dient auch zur vergleichenden Beurteilung von Wettbewerbsprojekten. Das Merkblatt kann auch beim Entscheid angewendet werden, ob ein Gebäude umgebaut oder durch einen Neubau ersetzt werden soll. Mit fortschreitendem Detaillierungsgrad im Laufe der Projektierung wird auch das Berechnungsverfahren für die Graue Energie mehr detailliert; das erlaubt eine Optimierung der in den jeweiligen Phasen anfallenden Entscheide.

Dieses Merkblatt beruht auf vielfältigen Vorarbeiten. Die Stoff- und Energiebilanzen zu der Vielzahl von Baustoffen stammen von verschiedenen Firmen, Verbänden und Forschungsanstalten im In- und Ausland. Diese wurden im Rahmen des Projektes *ecoinvent*, einer gemeinsamen Initiative des ETH-Bereichs und schweizerischer Bundesämter, harmonisiert [2] und durch KBOB, eco-bau und IPB benutzergerecht aufgearbeitet [3]. Ohne diese Grundlagen wäre die Erarbeitung des Merkblattes nicht möglich gewesen.

Auf Grund der Erfahrungen mit diesem Merkblatt sollen in Übereinstimmung mit dem *SIA Effizienzpfad Energie* Richtwerte für den Bedarf an Grauer Energie erarbeitet und bei einer nächsten Überarbeitung in das Merkblatt aufgenommen werden. Zurzeit bestehen auch noch Lücken bei den Daten, insbesondere für einige gebäudetechnische Systeme und Komponenten. Die praktische Anwendung dieses Merkblattes wird zeigen, welche Lücken in erster Priorität gefüllt werden müssen. Es wird dann auch zu prüfen sein, ob das Verfahren zur Berechnung der Grauen Energie genügend gefestigt ist, damit das Merkblatt in eine Norm überführt werden kann. Das wäre dann auch der geeignete Zeitpunkt, um die Erarbeitung einer europäischen Norm zur Grauen Energie anzuregen.

Kommission SIA 2032

0 GELTUNGSBEREICH

0.1 Abgrenzung

- 0.1.1 Dieses Merkblatt gilt für alle Gebäude, für welche die Graue Energie berechnet werden soll.
- 0.1.2 Die Berechnung der Grauen Energie kann für Neubauten und Umbauten von ganzen Gebäuden und von Gebäudeteilen sowie für einzelne Bauteile erfolgen.
- 0.1.3 Die Graue Energie eines Gebäudes umfasst den ganzen Lebensweg, d.h. die Erstellung, allfällige Ersatzinvestitionen und die Entsorgung.
- 0.1.4 Parallel zur Grauen Energie werden auch die Grauen Treibhausgasemissionen erfasst.
- 0.1.5 Die Graue Energie eines Gebäudes soll immer zusammen mit der Betriebsenergie betrachtet werden. Das gilt analog auch für die bei Betrieb und Unterhalt entstehenden Treibhausgasemissionen.

0.2 Normative Verweisungen

Dieses Merkblatt nimmt Bezug auf die nachfolgend aufgeführten Publikationen, die im Sinne der Verweisungen ganz oder teilweise mitgelten.

SIA 112, Leistungsmodell

SIA 416/1, Kennzahlen für die Gebäudetechnik

Ökobilanzdaten im Baubereich 2009/1, KBOB/eco-bau/IPB

0.3 Hinweise zur Anwendung


- 0.3.1 Die Dokumentation SIA D 0216 *SIA Effizienzpfad Energie* (Ausgabe 2006) [1] bezieht erstmals die Graue Energie in die Betrachtung der energetischen Qualität eines Gebäudes mit ein. Die Berechnung der Grauen Energie gemäss dem vorliegenden Merkblatt erlaubt den Vergleich eines Projektwerts mit den in SIA D 0216 enthaltenen Zielwerten. Diese werden im Rahmen der laufenden Revision des SIA Effizienzpfads überprüft.
- 0.3.2 In der Empfehlung SIA 112/1 *Nachhaltiges Bauen – Hochbau* [11] wird die Graue Energie unter Kriterium 3.1.2 betrachtet. Das vorliegende Merkblatt kann für entsprechende Optimierungen verwendet werden.
- 0.3.3 Noch fehlen Erfahrungen mit Berechnungen der Grauen Energie auf Grund dieses Merkblattes. Daher wird auf Planungshinweise vorläufig verzichtet. Sie werden ersetzt durch eine Auflistung der Fragestellungen, die am konkreten Projekt mit Hilfe dieses Merkblattes geklärt werden können:
 - Optimierung der Gebäudeform: Einfluss der Ausnützungsziffer auf die Kompaktheit, Einfluss der Kompaktheit auf Graue Energie und Betriebsenergie?
 - Umbau oder Ersatzneubau: unter Berücksichtigung der Betriebsenergie, des Komforts, der Nutzungsflexibilität und der Wirtschaftlichkeit?
 - Mehraufwand von Unterterrainbauten, z.B. für Parkgaragen, die nicht unter Gebäuden angeordnet sind?
 - Einfluss der Bauweise: Massiv-, Leicht- oder Mischbau?
 - Tragwerkoptimierung: Einfluss grosser Spannweiten und von auskragenden Bauteilen, Einfluss von Betonzusammensetzung und Bewehrungsanteil?
 - Materialisierung der Gebäudehülle: mehrschichtige gegenüber leichten Konstruktionen, Fensteranteil?
 - Fensterplanung: Rahmenmaterial, Verglasungstyp, Gasfüllung?
 - Optimierung der Gebäudetechnik unter Berücksichtigung der Betriebsenergie: Wahl des Energieträgers und des Heizungssystems, Lüftungskonzept?
- 0.3.4 Wichtige Weichenstellungen für die Graue Energie eines Gebäudes erfolgen in den frühen Planungsphasen (Vorstudien und Vorprojekt). Das Kriterium «Graue Energie» muss daher vom Beginn der Planung an miteinbezogen werden. Die Graue Energie muss insbesondere bei der Beurteilung von Wettbewerbsprojekten mitberücksichtigt werden.

1 VERSTÄNDIGUNG

1.1 Definitionen

1.1.1 Gebäude

- 1.1.1.1 Gebäude
Bâtiment Bauwerk, bestehend aus der Gebäudehülle, den Innenbauteilen und der für die Nutzung des Gebäudes erforderlichen gebäudetechnischen Anlagen (für Raumheizung, Wassererwärmung, Lüftung/Klimatisierung, diverse Gebäudetechnik und Betriebseinrichtungen). Dieser Begriff kann für das ganze Bauwerk verwendet werden oder für einen Teil davon, der für eine separate Nutzung vorgesehen oder umgebaut worden ist.
- 1.1.1.2 Bilanzperimeter
Périmètre de bilan Perimeter, welcher das Gebäude (oder die Gebäudeteile, für welche die Berechnung der Grauen Energie durchgeführt werden soll) inkl. der dazugehörigen Aussenanlagen vollständig umschliesst. Er definiert insbesondere die Abgrenzung gegen benachbarte Gebäude oder gegen Gebäudeteile, welche nicht in die Berechnung einbezogen werden sollen. (SIA 416/1)
- 1.1.1.3 Erstellung
Construction Errichten eines Gebäudes mit allen dazu notwendigen Tätigkeiten von der Planung bis zur Inbetriebnahme (SIA 112, Phasen 1 bis 5).
- 1.1.1.4 Betrieb
Exploitation Technische Betreuung eines Gebäudes, insbesondere seiner technischen Anlagen.
- 1.1.1.5 Unterhalt
Entretien Bewahren oder Wiederherstellen eines Gebäudes ohne wesentliche Änderung der Anforderungen.
- 1.1.1.6 Ersatzinvestitionen
Investissements de remplacement Investitionen, welche während der Betrachtungsperiode notwendig werden, weil die Nutzungsdauer von Bauteilen abgelaufen ist. Vgl. SIA 480, Ziffer 3.4.3 [12].
- 1.1.1.7 Rückbau
Déconstruction Geordneter Abbruch oder Demontage von Gebäuden oder Gebäudeteilen mit entsorgungsgerechter Trennung der Bauteile und der Baustoffe auf der Baustelle.
- 1.1.1.8 Entsorgung
Élimination Die Entsorgung von Gebäuden oder Gebäudeteilen umfasst den Rückbau des Gebäudes bzw. der Gebäudeteile und die Entsorgung der Bauteile und Baustoffe, d.h. die Trennung und Aufbereitung von Bauteilen und Baustoffen zu stofflich wieder verwertbaren, verbrennbaren oder deponiefähigen Baustoffen oder Baustoffgemischen (Fraktionen) inklusive der Verbrennungs- und Ablagerungsprozesse. Die Rezyklierung ist nicht Teil der Entsorgung.
- 1.1.1.9 Rezyklierung
Recyclage Stoffliche Verwertung von Bauabfällen oder Abfällen aus dem Endverbrauchersektor sowie von Rückständen aus Verbrennungsanlagen, soweit sie für die vorgesehene Anwendung zugelassen sind.
- 1.1.1.10 Baustoff
Matériau Für das Bauen bestimmter Stoff, dessen Abmessungen für das daraus herzustellende Objekt (Bauhalbezeug, Bauteil, Bauwerksteil, Bauwerk) nicht massgebend sind. Anmerkung: Baustoffe sind somit Zement, Sand, Kies, Wasser (auch gemischt als Frischbeton), Eisenbarren, nicht zugeschnittenes Holz und dgl.
- 1.1.1.11 Bauteil
Élément de construction System von Baustoffen, die zu einer Funktionseinheit zusammengefügt sind. (SIA 493:1997, Ziffer 1.1 [5])
- 1.1.1.12 Aushubvolumen
Volume excavé Volumen des für die Baugrube auszuhebenden Erdreichs.
- 1.1.1.13 Bauteilfläche
Surface des éléments de construction Fläche der Bauteile gemäss SIA 416/1 bzw. Baukostenplan Hochbau [7].

1.1.1.14	Fensterfläche <i>Surface des fenêtres</i> A_w m^2	Als Fensterfläche gilt das lichte Mass der Wand- bzw. Dachöffnung. (SIA 416/1) Bei Vorhangfassaden ist das lichte Mass und damit die Fensterfläche nicht definiert. Daher wird die entsprechende Grösse nicht verwendet. (SIA 416/1).	
1.1.1.15	Nutzungsdauer <i>Durée d'utilisation</i> q (Jahre)	Effektiv zu erwartende Periode zwischen der Inbetriebnahme und dem Ersatz eines Bau- oder Anlageteils. Die Nutzungsdauer ist begrenzt durch die technische Lebensdauer oder durch einen allfälligen Ersatz auf Grund veränderter Bedürfnisse (Komfort, Ästhetik, neue Nutzung usw.) oder verbesserter Ausführungen (grössere Leistungsfähigkeit, bessere Energiebilanz usw.). Vgl. SIA 480, Ziffer 3.3.	
1.1.1.16	Amortisationszeit <i>Durée d'amortissement</i>	Zeitdauer, über welche die Graue Energie für Herstellung und Entsorgung abgeschrieben wird. Ausser bei der Baugrube und der Tragkonstruktion (Elementgruppen B und C) entspricht die Amortisationszeit der Nutzungsdauer. Für die Baugrube und die Tragkonstruktion wird die Amortisationszeit niedriger angesetzt als es der Nutzungsdauer entsprechen würde, damit kommende Generationen nicht mit den Abschreibungen für die heutigen Investitionen in Graue Energie belastet werden.	
1.1.1.17	Technische Lebensdauer <i>Durée de vie technique</i>	Zu erwartende Periode zwischen der Inbetriebnahme eines Bau- oder Anlageteils und dessen Ersatz auf Grund abnehmender Gebrauchstauglichkeit oder zunehmender Kosten für den Unterhalt und den Ersatz einzelner Bestandteile. (SIA 480, Anhang B)	
1.1.2 Energie			
1.1.2.1	Energieträger <i>Agent énergétique</i>	Substanz oder Erscheinung, die eingesetzt werden kann, um mechanische Arbeit oder Wärme zu erzeugen oder physikalische oder chemische Prozesse auszulösen. Der Energiegehalt von Brennstoffen ist durch ihren Brennwert gegeben. Energieträger sind Elektrizität, Holz, Kohle, Heizöl, Erd- oder Flüssiggas, Biogas, Fernwärme, Umgebungswärme, Sonnen- oder Windenergie und Geothermie. (SIA 2031 [13])	
1.1.2.2	Brennwert <i>Pouvoir calorifique supérieur</i> (GCV, Gross Calorific Value)	Durch die vollständige Verbrennung der Einheitsmenge eines Brennstoffes unter einem Druck von 101'320 Pa bei anschliessender Abkühlung der Verbrennungsgase auf Umgebungstemperatur erzeugte Wärmemenge. Diese Grösse beinhaltet die latente Kondensationswärme des im Brennstoff enthaltenen Wasserdampfes und des durch die Verbrennung des im Brennstoff enthaltenen Wasserstoffs erzeugten Dampfes. (SIA 2031)	
1.1.2.3	Endenergie <i>Énergie finale</i> E_f MJ	Energie, die dem Verbraucher zur Umsetzung zur Verfügung steht. Dazu zählt die Energie, die von der letzten Stufe des Handels (inkl. Nachbarliche Netze) geliefert wird und die am Standort gewonnene und benutzte Energie. (SIA 2031)	
1.1.2.4	Primärenergie <i>Énergie primaire</i> E_P MJ	Form der Rohenergie, die noch keiner technischen Umsetzung oder Umwandlung und keinem Transport unterworfen worden ist, z.B. Rohöl, Erdgas, Uran oder Kohle in der Erde, Holz im Stand, Solarstrahlung, potenzielle Energie des Wassers, kinetische Energie des Windes. (SIA 2031)	
1.1.2.5	Nicht erneuerbare Primärenergie <i>Énergie primaire non renouvelable</i> $E_{P,nren}$ MJ	Primärenergie, die aus einer Quelle gewonnen wird, die durch Nutzung erschöpft wird, z.B. Uran, Rohöl, Kohle. (SIA 2031)	
1.1.2.6	Erneuerbare Primärenergie <i>Énergie primaire renouvelable</i> $E_{P,ren}$ MJ	Primärenergie, die aus einer Quelle gewonnen wird, die durch Nutzung nicht erschöpft wird, z.B. die (thermische und photovoltaische) Sonnenenergie, Windenergie, hydraulische Energie und Biomasse. (SIA 2031)	

1.1.2.7 Eigenproduktion erneuerbarer Energie
Énergie renouvelable produite sur site Energieproduktion am Gebäudestandort aus erneuerbaren Energien (mit Sonnenkollektoren, Sonnenzellen, Erdsonden usw.). Die passive Nutzung der Sonnenenergie gilt nicht als Eigenenergieproduktion. (SIA 2031)



1.1.2.8 Graue Energie
Énergie grise Gesamte Menge nicht erneuerbarer Primärenergie, die für alle vorgelagerten Prozesse, vom Rohstoffabbau über Herstellungs- und Verarbeitungsprozesse und für die Entsorgung, inkl. der dazu notwendigen Transporte und Hilfsmittel, erforderlich ist. Sie wird auch als kumulierter, nicht erneuerbarer Energieaufwand bezeichnet.



1.1.3 Graue Treibhausgasemissionen

1.1.3.1 Graue Treibhausgasemission
Émission de gaz à effet de serre
 M_{CO_2}
 kg, t Kumulierte Menge der Treibhausgase (CO₂, Methan, Stickoxid und weitere klimawirksame Gase), die bei allen vorgelagerten Prozessen, vom Rohstoffabbau über Herstellungs- und Verarbeitungsprozesse und bei der Entsorgung, inkl. der dazu notwendigen Transporte und Hilfsmittel, emittiert wird. Sie wird als äquivalente CO₂-Emissionsmenge ausgedrückt, die denselben Treibhauseffekt wie die Gesamtheit der Treibhausgasemissionen hat. Dabei wird die gleiche Sachbilanz berücksichtigt wie bei der Grauen Energie.

1.2 Bezeichnungen, Begriffe und Einheiten



Bezeichnung	Begriff	Einheit
A_E	Energiebezugsfläche	m ²
A_{GF}, A_{AGF}	Geschossfläche, Aussengeschossfläche	m ²
A_{KF}, A_{NF}, A_{HNF}	Konstruktionsfläche, Nutzfläche, Hauptnutzfläche	m ²
A_{th}	Gebäudehüllfläche	m ²
A_w	Fensterfläche	m ²
$E_{eb,c,co}, E_{eb,c,dp}, E_{eb,c,an}$	Graue Energie eines Bauteils für Herstellung, Entsorgung und pro Jahr	MJ
$\vartheta_{eb,c,co}, \vartheta_{eb,c,dp}, \vartheta_{eb,c,an}$	Graue Energie eines Bauteils pro Bezugsgrösse (für Herstellung, Entsorgung und pro Jahr)	MJ/m ²
$E_{eb,co}, E_{eb,rp}, E_{eb,dp}, E_{eb,an}$	Graue Energie eines Gebäudes (für Erstellung, Ersatzinvestitionen, Entsorgung und pro Jahr)	MJ
$\vartheta_{eb,co}, \vartheta_{eb,rp}, \vartheta_{eb,dp}, \vartheta_{eb,an}$	Graue Energie eines Gebäudes pro Geschossfläche (für Erstellung, Ersatzinvestitionen, Entsorgung und pro Jahr)	MJ/m ²
$E_{eb,m,co}, E_{eb,m,dp}$	Graue Energie eines Baustoffs für die Herstellung, bzw. Entsorgung	MJ
E_f	Endenergie	MJ
$E_P, E_{P,nren}, E_{P,ren}$	Primärenergie (gesamt, nicht erneuerbar, erneuerbar)	MJ
$M_{CO_2,c,co}, M_{CO_2,c,dp}, M_{CO_2,c,an}$	Graue Treibhausgasemission eines Bauteils (für Herstellung, Entsorgung und pro Jahr)	kg
$m_{CO_2,c,co}, m_{CO_2,c,dp}, m_{CO_2,c,an}$	Graue Treibhausgasemission eines Bauteils pro Bauteilfläche (für Herstellung, Entsorgung und pro Jahr)	kg/m ²
$M_{CO_2,co}, M_{CO_2,rp}, M_{CO_2,dp}, M_{CO_2,an}$	Graue Treibhausgasemission eines Gebäudes (für Erstellung, Ersatzinvestitionen, Entsorgung und pro Jahr)	kg
$m_{CO_2,co}, m_{CO_2,rp}, m_{CO_2,dp}, m_{CO_2,an}$	Graue Treibhausgasemission eines Gebäudes pro Geschossfläche (für Erstellung, Ersatzinvestitionen, Entsorgung und pro Jahr)	kg/m ²
$M_{CO_2,m,co}, M_{CO_2,m,dp}$	Graue Treibhausgasemission eines Baustoffs für Herstellung bzw. Entsorgung	kg
Q_h	Heizwärmebedarf	MJ

1.3 Indizes

Index	deutsch	englisch	französisch
<i>AGF</i>	Aussengeschoßfläche		surface externe de plancher (SEP)
<i>CO2</i>	Treibhausgase	greenhouse gases	gaz à effet de serre
<i>E</i>	Energie	energy	énergie
<i>GF</i>	Geschossfläche		surface du plancher (SP)
<i>HNF</i>	Hauptnutzfläche		surface utile principale (SUP)
<i>KF</i>	Konstruktionsfläche		surface de construction (SC)
<i>NF</i>	Nutzfläche		surface utile (SU)
<i>P</i>	Primär(energie)	primary	primaire
<i>an</i>	jährlich	annual	annuel
<i>c</i>	Bauteil	component	élément de construction
<i>co</i>	Erstellung	construction	construction
<i>dp</i>	Entsorgung	disposal	élimination
<i>eb</i>	Graue (Energie)	embodied	(énergie) grise
<i>f</i>	End(energie)	final	final
<i>m</i>	Baustoff	material	matériau
<i>nren</i>	nicht erneuerbar	non renewable	non renouvelable
<i>ren</i>	erneuerbar	renewable	renouvelable
<i>rp</i>	Ersatz	replacement	remplacement
<i>w</i>	Fenster	window	fenêtre

2 KONZEPT DER GRAUEN ENERGIE IM BAUWESEN

2.1 Graue Energie eines Baustoffs

- 2.1.1 Unter der Grauen Energie¹ versteht man den kumulierten Aufwand an nicht erneuerbarer Primärenergie zur Herstellung und Entsorgung eines Baustoffs. Sie wird mit standardisierten Methoden aus den Sachbilanzen für alle der Verwendung des Baustoffs vorgelagerten und nachgelagerten Prozesse, vom Rohstoffabbau über Transport-, Herstellungs- und Verarbeitungsprozesse sowie Entsorgung inkl. der dazu notwendigen Hilfsmittel, berechnet. Die Graue Energie eines Baustoffs ist abhängig vom Ort (Herkunft, Transport) und von der Zeit der Bereitstellung. Die Graue Energie für die Herstellung und für die Entsorgung eines Baustoffs wird separat ausgewiesen.
- 2.1.2 Die Graue Energie ist ein aussagekräftiges Mass für den Aufwand an nicht erneuerbaren energetischen Ressourcen für die Herstellung bzw. die Entsorgung eines Baustoffs. Da die energetischen die wichtigsten Rohstoffe sind² und mit der Nutzung der herkömmlichen Energieträger ein grosser Teil der Umweltbelastung verbunden ist, stellt die Graue Energie auch eine wichtige ökologische Bewertungsgrösse dar. Für eine umfassende Beurteilung der Umweltbelastung müssen weitere Parameter hinzugezogen werden.
- 2.1.3 Die Graue Energie ist eine Zahl in einer Energieeinheit (MJ), bezogen auf eine physikalische Einheit (kg, m³ usw.).

2.2 Veranschaulichung

- 2.2.1 Jeder Baustoff benötigt Energie und Material zu seiner Bereitstellung. Für den auf dem Dach verlegten Ziegel wird beispielsweise Ton abgebaut, in der Ziegelei gemischt und geformt, danach gebrannt, kontrolliert abgekühlt, auf Paletten gestapelt und transportfähig verpackt. Danach wird der Dachziegel in ein Baustofflager transportiert oder direkt auf die Baustelle geliefert. Mit all diesen Prozessen sind Energieverbräuche verbunden, die man dem auf dem Dach verlegten Ziegel nicht ansieht. Das Erbringen von Transportdienstleistungen auf die Baustelle benötigt einen Lastwagen sowie (unter anderem) Diesel und Reifen für seinen Betrieb. Es ist offensichtlich, dass der Lastwagen Energie in Form von Diesel benötigt, um den Motor anzutreiben. Aber auch das Bereitstellen des Diesels, die Herstellung der Reifen und des Lastwagens benötigen Material und Energie, die zu berücksichtigen sind.
- 2.2.2 Die Graue Energie beinhaltet also alle Energieverbräuche von der Ressourcengewinnung (z.B. Abbau von Ton, Kalkstein, Eisenerz, Nickel oder Kupfer, Fördern von Rohöl, Erdgas oder Uran) über die Materialveredelung bis hin zur Verarbeitung der Materialien zu Baustoffen. Auch die Aufwendungen bei der Entsorgung von Produktionsabfällen und von Bauteilen nach Ablauf ihrer Nutzungsdauer werden bei der Ermittlung der Grauen Energie berücksichtigt.

2.3 Die Graue Energie eines Bauteils

- 2.3.1 Die Graue Energie für die Herstellung eines Bauteils ist gleich der Summe der Grauen Energie für die Herstellung aller Baustoffe, die für die Herstellung des Bauteils verwendet werden.
- 2.3.2 Die Graue Energie für die Entsorgung eines Bauteils ist gleich der Summe der Grauen Energie für die Entsorgung aller Baustoffe, die für die Herstellung des Bauteils verwendet wurden.
- 2.3.3 Die Graue Energie eines Bauteils pro Jahr ist gleich der Grauen Energie des Bauteils für Herstellung und Entsorgung geteilt durch die Amortisationszeit des Bauteils. Wenn ein Bauteil Bestandteile mit unterschiedlicher Amortisationszeit – z.B. Aussenwand (Konstruktion und Bekleidung) oder Bodenbelag (Unterkonstruktion und Fertigbelag) – aufweist, ist die Graue Energie pro Jahr gleich der Summe der Grauen Energie der einzelnen Bestandteile geteilt durch deren Amortisationszeit.

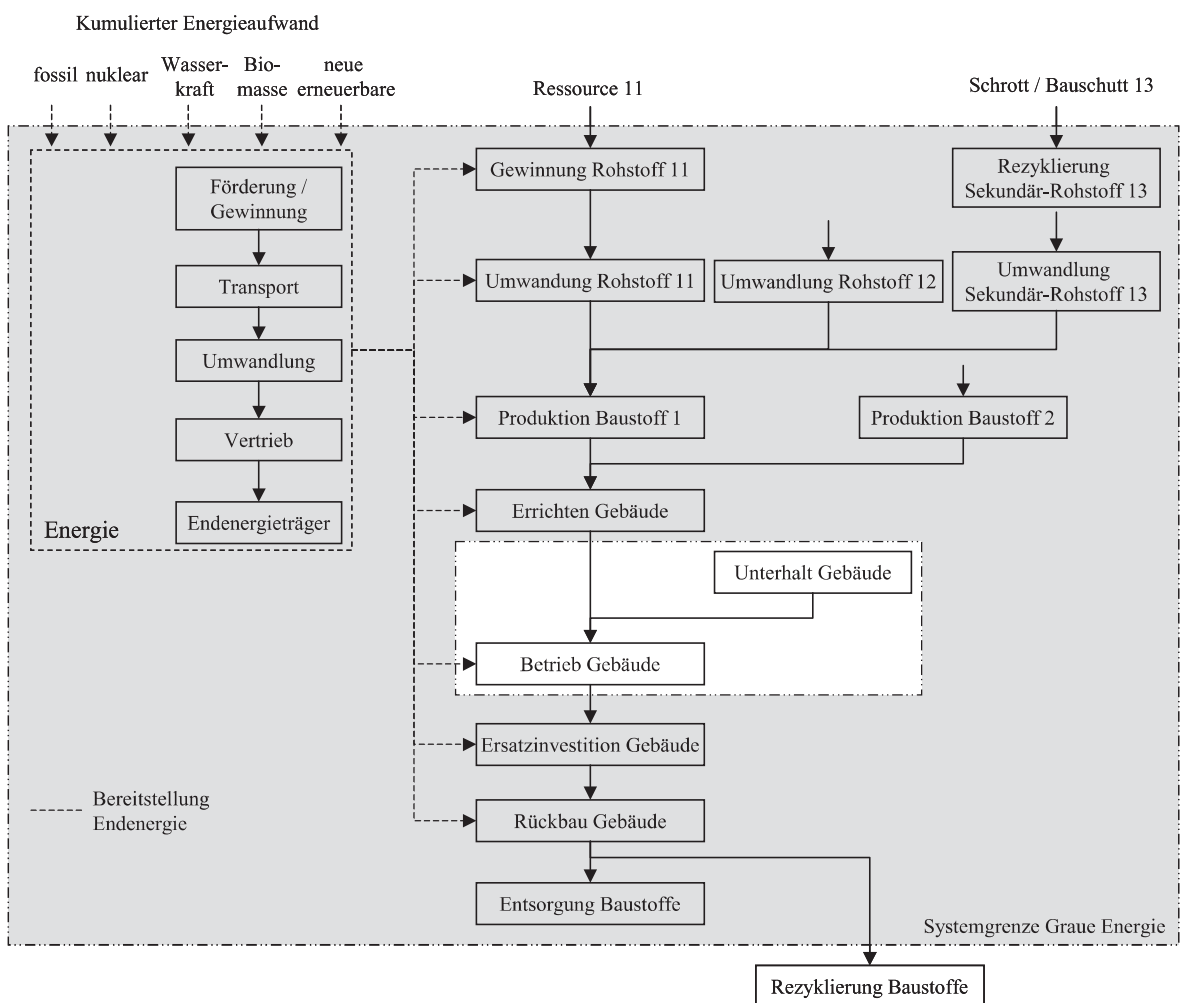
¹ Die «Graue Energie» wird in der Fachliteratur häufig auch «Kumulierter Energieaufwand» (KEA) oder «Primärenergieinput» (PEI) genannt, im englischen verwendet man «cumulative energy demand» (CED) oder «embodied energy».

² Ohne Energieträger lassen sich auch alle anderen Rohstoffe nicht mehr abbauen, aufbereiten und transportieren.

2.4 Die Graue Energie eines Gebäudes

- 2.4.1 Die Graue Energie für die Erstellung eines Gebäudes ist gleich der Summe der Grauen Energie für die Herstellung aller Bauteile, die für die Erstellung verwendet werden.
- 2.4.2 Die Graue Energie für allfällige Ersatzinvestitionen bei Ablauf der Nutzungszeit von Bauteilen ist gleich der Summe der Grauen Energie für die Entsorgung der bei der Ersatzinvestition rückzubauenden Bauteile und der Grauen Energie für die Herstellung der bei der Ersatzinvestition einzubauenden Bauteile.
- 2.4.3 Die Graue Energie für die Entsorgung eines Gebäudes ist gleich der Summe der Grauen Energie für die Entsorgung aller Bauteile des rückzubauenden Gebäudes.
- 2.4.4 Die Graue Energie eines Gebäudes pro Jahr ist gleich der Summe der Grauen Energie pro Jahr aller Bauteile des Gebäudes. Sie berücksichtigt den kumulierten Energieaufwand für die Erstellung und die Entsorgung des Gebäudes inklusive dem kumulierten Energieaufwand für allfällige Ersatzinvestitionen. Nicht zur Grauen Energie gehören die Betriebsenergie und die Energie für den Unterhalt des Gebäudes. Das ist in Figur 1 illustriert.

Figur 1 Energie im Lebenszyklus eines Gebäudes



- 2.4.5 Das Konzept der Grauen Energie ist Bestandteil eines «Lebenswegansatzes». Zusammen mit der Betriebsenergie (inkl. Energie für den Unterhalt des Gebäudes) umfasst sie den gesamten Energieeinsatz im Lebenszyklus eines Gebäudes. Heute werden Lebenswegansätze unter verschiedensten Gesichtspunkten angewendet. Im Gebäudebereich sind Betrachtungen der Lebenswegkosten (englisch «life cycle costing» oder «total costs of ownership») verbreitet. Hierbei werden nicht bloss die Erstellungskosten eines Gebäudes ausgewiesen, sondern auch die Betriebs- und prognostizierten Erneuerungs- und Entsorgungskosten quantifiziert und bei einer Investitionsentscheidung miteinbezogen. Dieser Ansatz wird in SIA 480 [12] detailliert beschrieben.

- 2.4.6 Bei einer energetischen Optimierung eines Gebäudes soll im Sinne des Lebenswegansatzes immer die Summe aus Grauer Energie und Betriebsenergie betrachtet werden. Eine separate Optimierung der Grauen Energie oder der Betriebsenergie kann zu insgesamt suboptimalen Resultaten führen.


2.5 Bestimmung der Grauen Energie

Die Bestimmung der Grauen Energie wird im Wesentlichen von zwei Faktoren beeinflusst. Einerseits muss geklärt werden, welche Prozesse wie in die Sachbilanz miteinbezogen werden. Andererseits muss definiert werden, wie die verschiedenen Primärenergie-Ressourcen zur Grauen Energie aggregiert werden. Die in diesem Merkblatt bzw. in den verwendeten Datengrundlagen angewendeten Grundsätze für die Sachbilanz und die Bewertung der Energieträger sind in den Anhängen A bzw. B dargestellt.

2.6 Graue Treibhausgasemissionen

Die Herstellung eines Baustoffs und dessen Entsorgung hat auch Emissionen von Treibhausgasen zur Folge. Zu den Treibhausgasen zählen neben dem Kohlendioxid (CO₂) auch Methan, Stickoxid und weitere klimawirksame Gase. Die Treibhausgasemissionen werden als äquivalente CO₂-Emissionsmenge ausgedrückt, welche denselben Treibhauseffekt hat wie die Gesamtheit der Treibhausgasemissionen. Parallel zur Kumulation des Energieaufwands können auch die kumulierten Treibhausgasemissionen berechnet werden. Dabei wird die gleiche Sachbilanz berücksichtigt wie bei der Grauen Energie. In diesem Merkblatt werden die Grauen Treibhausgasemissionen als zweite Kenngrösse verwendet.

2.7 Datengrundlagen

- 2.7.1 Im Rahmen des Projekts *ecoinvent*, einer gemeinsamen Initiative des ETH-Bereichs und schweizerischer Bundesämter, wurden etappenweise harmonisierte Daten in einem einheitlichen Format publiziert [2]. Das Projekt umfasst Energieträger, Energieproduktionstechnologien, Werkstoffe, Produkte und Dienstleistungen aus allen Wirtschaftsbereichen. Diese Daten sind Grundlage für die Bestimmung der Sachbilanz und des kumulierten Energieaufwands und der kumulierten Treibhausgasemissionen im vorliegenden Merkblatt.
-  2.7.2 Für die Baustoffe hat die EMPA die *ecoinvent*-Daten im Auftrag von KBOB (Koordinationskonferenz der Bau- und Liegenschaftsorgane der öffentlichen Bauherren), *eco-bau* (Nachhaltigkeit im öffentlichen Bau) und IPB (Interessengemeinschaft privater professioneller Bauherren) aufbereitet und als *Ökobilanzdaten im Baubereich 2009/1* [3] publiziert. Die Ökobilanzdaten bilden die Datengrundlage für alle Berechnungen nach dem vorliegenden Merkblatt.
- 2.7.3 Der webbasierte Bauteilkatalog [4] erlaubt die Berechnung der Grauen Energie von Bauteilen, wobei einzelne Materialien und Schichtdicken dynamisch verändert werden können. Angegeben werden die Werte für die Herstellung und für die Entsorgung sowie ein Totalwert pro Jahr. Er verwendet die *Ökobilanzdaten im Baubereich 2009/1* [3] und die Amortisationszeiten gemäss Anhang C.
- 2.7.4 Die vorgegebenen Werte in der Berechnungstabelle von Anhang D wurden aus dem Bauteilkatalog abgeleitet.
- 2.7.5 Produktspezifische Werte können verwendet werden, wenn sie nachweislich der Sachbilanz und der Bewertung der Energieträger gemäss Anhängen A und B entsprechen.
- 2.7.6 Der *Deklarationsraster ökologischer Merkmale von Bauprodukten SIA 493* [5, 6] enthält zum Teil produktspezifische Werte für die Graue Energie. Diese sind nicht systematisch von unabhängiger Seite überprüft und entsprechen damit nicht unbedingt den in diesem Merkblatt verwendeten Sachbilanzen und Bewertungen der Energieträger. Sie können daher nur bedingt verwendet werden.

3 BERECHNUNGSMETHODE

3.1 Allgemeines

3.1.1 Neubau und Umbau

- 3.1.1.1 Bei einem Neubau wird die Graue Energie für die während der Erstellung über den Bilanzperimeter zugeführten Baustoffe berechnet.³
- 3.1.1.2 Bei einem Umbau wird die Graue Energie nur für die während dem Umbau zugeführten Bauteile berechnet.

3.1.2 Bilanzperimeter

- 3.1.2.1 Der Bilanzperimeter umfasst das gesamte Gebäude (oder die Gebäudeteile, für welche die Berechnung der Grauen Energie durchgeführt werden soll) inklusive der dazugehörigen Aussenanlagen. Er definiert insbesondere die Abgrenzung gegen benachbarte Gebäude oder gegen Gebäudeteile, welche nicht in die Berechnung einbezogen werden sollen.⁴ Es wird der gleiche Bilanzperimeter wie für die Berechnung der Betriebsenergie verwendet.
- 3.1.2.2 Bei Berechnungen von Gebäudeteilen oder zur Abgrenzung gegen benachbarte Gebäude werden die Bauteile gemäss SIA 416/1 am Bilanzperimeter auf Grund der Mittelachsen der Gebäudehülle und oberkant Geschossdecken aufgeteilt. Beim Boden gegen Erdreich und bei einer auskragenden Geschossdecke wird die Konstruktionsdicke dem entsprechenden Bauteil des darüber liegenden Raumes zugeteilt.

3.1.3 Amortisationszeit

- 3.1.3.1 Bei der Berechnung der Grauen Energie pro Jahr wird die Graue Energie für Herstellung und Entsorgung über eine bestimmte Amortisationszeit abgeschrieben. Damit wird berücksichtigt, dass nicht alle Bauteile die gleiche Nutzungsdauer aufweisen und daher während der Nutzungsdauer eines Gebäudes bestimmte Bauteile ausgewechselt werden müssen (Ersatzinvestitionen). Ausser bei der Baugrube und der Tragkonstruktion (Hauptgruppen B und C) entspricht die Amortisationszeit der Nutzungsdauer. Für die Baugrube und die Tragkonstruktion wird die Amortisationszeit niedriger angesetzt als es der Nutzungsdauer entsprechen würde, damit kommende Generationen nicht mit den Abschreibungen für die heutigen Investitionen in Graue Energie belastet werden.
- 3.1.3.2 Wenn die berechneten Werte der Grauen Energie mit Richt- oder Grenzwerten verglichen werden sollen, sind für die Amortisationszeit von Bauteilen und deren Schichten die Werte gemäss Anhang C zu verwenden. Für Optimierungen und andere spezielle Untersuchungen können differenzierte Werte für die Amortisationszeit verwendet werden, welche z.B. die verwendeten Materialien und die angewendete Bauweise berücksichtigen.
- 3.1.3.3 Bei Provisorien und andern Gebäuden mit beschränkter Nutzungsdauer ist für die Amortisationszeit der Bauteile maximal die Nutzungsdauer des Gebäudes einzusetzen.

3.1.4 Bezugsgrösse

- 3.1.4.1 Bezugsgrösse für die Graue Energie E_{eb} eines ganzen Gebäudes ist die Geschossfläche A_{GF} des Gebäudes gemäss SIA 416/1.
- 3.1.4.2 Für spezielle Betrachtungen können zusätzlich auch andere Bezugsflächen (z.B. die Energiebezugsfläche A_E , die Hauptnutzfläche A_{HNF} oder die um die Aussengeschossfläche erweiterte Geschossfläche A_{GF+AGF}) oder Bezugsgrössen, welche sich auf die Nutzung beziehen (z.B. Anzahl Arbeitsplätze für Verwaltungsgebäude, Anzahl Betten für Spitäler und für Hotels), verwendet werden.
- 3.1.4.3 Für die Parkierung (Parkgeschosse, Parkgaragen und Parkhäuser) kann die Anzahl Parkplätze als Bezugsgrösse verwendet werden. Bei der Berechnung der Grauen Energie sind die der Parkierung zugeordneten Bauteile in geeigneter Weise vom Rest des Gebäudes abzugrenzen.

³ Die Graue Energie für den Rückbau und die Entsorgung ist in der Grauen Energie der Bauteile enthalten. Die Graue Energie für die Ersatzinvestitionen ist durch die Amortisationszeit bei der Berechnung der Grauen Energie pro Jahr berücksichtigt.

⁴ Anlagen zur Gewinnung erneuerbarer Energien am Gebäudestandort liegen ebenfalls innerhalb des Bilanzperimeters. Ihre Graue Energie ist Teil der Grauen Energie des Gebäudes.



3.1.5 Gebäudestruktur

Als Struktur für das Berechnungsverfahren wird der Baukostenplan Hochbau [7] verwendet.

3.2 Vereinfachungen und Vernachlässigungen

3.2.1 Transporte auf die Baustelle

3.2.1.1 Die Materialtransporte des Unternehmers vom Lager zur Baustelle hängen sehr ausgeprägt von der spezifischen Baustellensituation und von der Vergabepraxis der Bauherrschaft ab. Der Aufwand und die Distanz sind oft erst kurz vor oder meistens erst während der Ausführungsphase bekannt.⁵

3.2.1.2 Die Transporte auf die Baustelle können für die Berechnungen gemäss diesem Merkblatt in der Regel vernachlässigt werden. Für speziell energieintensive Baustellentransporte (z.B. Helikoptertransporte, Transporte mit sehr geringen Auslastungen usw.) sollen sie berücksichtigt werden.

3.2.2 Baustellenbetrieb

Die Energie für die Transporte auf der Baustelle, den Gebrauch von Maschinen, die Beleuchtung, das Heizen, das Austrocknen von Räumen und das Auspumpen von Baugruben, kann für die Berechnungen gemäss diesem Merkblatt ebenfalls vernachlässigt werden.

3.2.3 Gebäudestruktur

3.2.3.1 Es werden die folgenden Elementgruppen gemäss Baukostenplan Hochbau (2009) berücksichtigt.



Elementgruppe	Bemerkungen	
B 6.2	Aushub, nicht kontaminiert	
C 1	Fundament	
C 2.1 (A)	Aussenwandkonstruktion (unter Terrain)	
C 2.1 (B)	Aussenwandkonstruktion (über Terrain)	
C 2.2	Innenwandkonstruktion	inkl. G 1.3 und G 1.4 (vgl. Ziffer 3.2.5.3)
C 3	Stützenkonstruktion	
C 4.1	Decke	inkl. C 4.2 (vgl. Ziffer 3.2.5.2)
C 4.3	Balkon	
C 4.4	Dachkonstruktion	
D 1	Elektroanlage	
D 5	Wärmeanlage	
D 7	Lufttechnische Anlage	
D 8	Wasseranlage	ohne D 8.5 bis D 8.7
E 1	Äussere Wandbekleidung unter Terrain	
E 2	Äussere Wandbekleidung über Terrain	
E 3	Einbauten zu Aussenwand (Fenster, Türen, Tore)	ohne E 3.3 und E 3.4
F 1	Dachhaut	
F 2	Einbauten zu Dach	ohne F 2.2
G 1	Trennwand	inkl. G 1.3 und G 1.4 (vgl. Ziffer 3.2.5.3)
G 2	Bodenbelag	
G 3	Wandbekleidung, Stützenbekleidung	
G 4	Deckenbekleidung, Dachbekleidung	innen

⁵ Grobe Abschätzungen ergeben einen Anteil von 2% bis 8% der Grauen Energie für Transporte zur Baustelle.

- 3.2.3.2 Die folgenden Elementgruppen werden für die Berechnungen gemäss diesem Merkblatt im Allgemeinen vernachlässigt.



Elementgruppe	
A	Grundstück
B	Vorbereitung, mit Ausnahme von B 6.2
C 5	Ergänzende Leistungen zur Konstruktion
D 2	Automations-, Leit-, Kommunikationssystem
D 3	Sicherheitssystem
D 4	Brandschutz
D 6	Kälteanlage
D 9	Transportanlage
G 5	Einbauten, Schutzeinrichtung zu Ausbau
G 6	Ergänzende Leistungen zu Ausbau
H	Nutzungsspezifische Anlage Gebäude
I	Umgebung Gebäude
J	Ausstattung Gebäude
V	Planungskosten
W	Nebenkosten
Y	Reserve, Teuerung
Z	Mehrwertsteuer

Je nach Gebäude- und Nutzungstyp können diese Elemente allerdings wesentlich zur Grauen Energie eines Gebäudes beitragen. Das ist z.B. bei Baustelleninstallationen mit Grundwasserhaltung oder bei den Umgebungsarbeiten der Fall, wenn grosse Stützmauern realisiert werden. In solchen Fällen sollen auch diese Elementgruppen in die Berechnung einbezogen werden.

- 3.2.3.3 Bauliche Aufwendungen für die technischen Installationen (z.B. Tankraum, Steigschächte für Lüftungskanäle, Technikräume für Klimaanlage) werden bei den Hauptgruppen C bzw. E und F mitberechnet. Das ist beim Vergleich von Varianten für die technischen Installationen zu berücksichtigen.

3.2.4 Baustellenabfälle und Verpackungen

Es werden die fertig eingebauten Mengen und Massen verwendet. Verarbeitungsabfälle sind nur bei den Lüftungstechnischen Anlagen berücksichtigt. Verpackungen können für Berechnungen gemäss diesem Merkblatt vernachlässigt werden. Die Graue Energie von Schalungen wird bei den Beton-Bauelementen entsprechend ihrer durchschnittlichen Anzahl Nutzungen berücksichtigt.

3.2.5 Berechnungen

- 3.2.5.1 Aussenwände werden mit Aussenabmessungen berechnet (vgl. SIA 416/1, Ziffer 2.2.2).
- 3.2.5.2 Decken werden ohne Abzüge für Schächte oder Treppen durchgerechnet, Treppen werden nicht berechnet.
- 3.2.5.3 Innenwände werden mit Innenabmessungen und ohne Abzüge für Türen, Leitungs- oder Kanaldurchbrüche durchgerechnet. Türen und Türzargen werden nicht berechnet.
- 3.2.5.4 Boden- und Deckenbekleidungen werden ohne Abzug der Konstruktionsflächen durchgerechnet.
- 3.2.5.5 Kleine Bauteile, wie Aussentreppen ins UG, Lichtschächte und Notausstiege, können vernachlässigt werden.
- 3.2.5.6 Lineare Elemente am Rande von Bauteilen, wie Dachrinnen, Fensterzargen usw., werden für Berechnungen im Rahmen dieses Merkblatts vernachlässigt.

3.3 Berechnungsverfahren

3.3.1 Die Genauigkeit und der Detaillierungsgrad der Berechnung richten sich nach der Planungsphase gemäss SIA 112 und nach dem Zweck der Berechnung.



3.3.2 Beim Vergleich von verschiedenen Projekten für das gleiche Bauvorhaben, z.B. in einem Architekturwettbewerb, kann auch das Verfahren nach der Dokumentation SIA D 0200 SNARC [8] für die Beurteilung des Ressourcenaufwands für die Erstellung verwendet werden. Die Systemgrenzen und Datengrundlagen dieser Publikation unterscheiden sich allerdings wesentlich von denjenigen im vorliegenden Merkblatt.

3.3.3 Damit die Berechnungen in den verschiedenen Phasen durchgängig vergleichbar sind, werden in allen Phasen die gleichen Elemente der Gebäudestruktur berücksichtigt. Die Graue Energie eines Bauteils und die Grauen Treibhausgasemissionen werden berechnet, indem dessen Masse (Fläche oder Volumen) mit den entsprechenden Werten der Grauen Energie bzw. der Grauen Treibhausgasemissionen pro Flächen- und Volumeneinheit multipliziert wird.



3.3.4 In Anhang D ist eine Berechnungstabelle zur Anwendung in der Phase *Vorstudien/Vorprojekt* enthalten. In dieser Phase werden bei den Aussenwänden, bei den Decken und beim Dach die Konstruktionen und ihre Bekleidungen zu einem Element zusammengefasst. Für die Innenwände (tragend und nicht tragend, inkl. Bekleidungen) wird ein Pauschalwert pro Geschossfläche verwendet. Für einige Elemente sind fixe Werte pro Bezugsgrösse angegeben. Für andere Elemente werden vorgegebene Werte für eine beschränkte Auswahl von Ausführungsvarianten verwendet. Neben der Variantenwahl bei diesen Elementen findet in dieser Phase die Optimierung über die Bauteilmengen, d.h. über die Form des Gebäudes, statt. Bei einem Vergleich von Projektvarianten, z.B. bei einem Wettbewerb, kann es sinnvoll sein, nur die Elemente zu betrachten, welche in diesem Stadium wesentlich beeinflussbar sind.⁶



3.3.5 Wenn in der Phase *Bauprojekt* die Baukonstruktionen im Detail bekannt sind, können die einzusetzenden Werte dem webbasierten Bauteilkatalog [4] entnommen werden. Andere Kataloge können ebenfalls verwendet werden, wenn sie den Vorgaben dieses Merkblatts mit Bezug auf Sachbilanz und Bewertung (Ökobilanzdaten 2009 [3]) und den Bestimmungen dieses Kapitels entsprechen. In der Phase *Bauprojekt* findet die Optimierung über die Wahl der Konstruktionen statt.

3.4 Kenngrössen

3.4.1 Als Kenngrösse für die Graue Energie eines Gebäudes wird die Graue Energie pro Jahr verwendet. Sie berücksichtigt die Graue Energie für die Erstellung, die Ersatzinvestitionen und die Entsorgung. Sie kann direkt verglichen werden mit der Betriebsenergie. Als weitere Kenngrössen können verwendet werden:

- die Graue Energie für die Erstellung,
- die Graue Energie für die Entsorgung.

3.4.2 Die Kenngrössen werden in MJ/m² angegeben. Bezugsgrösse ist die Geschossfläche. Für zusätzliche Bezugsgrössen siehe 3.1.4.

3.4.3 Als weitere Kenngrössen können verwendet werden:

- die Grauen Treibhausgasemissionen pro Jahr,
- die Grauen Treibhausgasemissionen für die Erstellung,
- die Grauen Treibhausgasemissionen für die Entsorgung.

Sie werden in kg/m² angegeben.

⁶ Das Verfahren in der Vorprojektphase lehnt sich an die Kalkulation für Wettbewerbe an [10].

Anhang A (informativ)

Sachbilanz

A.1 Primärenergieträger und ihre Bereitstellung

- A.1.1 Die Herstellung von Baustoffen umfasst eine Vielzahl von Prozessen. Jeder dieser Abbau-, Veredelungs- und Fertigungsprozesse benötigt Endenergieträger, die selber wiederum bereit gestellt werden müssen. Wie für die Herstellung von Baustoffen wird auch für die Bereitstellung der Energieträger eine Vielzahl von Prozessschritten benötigt. Am Anfang der Energiebereitstellungskette steht der Input an Primärenergie-Ressourcen in Form von Erdgas, Rohöl, Rohsteinkohle und Rohbraunkohle (fossil), spaltbarem Uran (nuklear), potenzieller Energie in Stauseen und -wehren, Bäumen und Energiepflanzen (Biomasse) und in Form von kinetischer Energie, Solarstrahlung und Erdwärme (neue erneuerbare Energien). Für die Graue Energie wird nur die nicht erneuerbare Primärenergie berücksichtigt.
- A.1.2 Für jeden eingesetzten Endenergieträger wird auf der Basis der Energiebereitstellungs-Aufwendungen der pro MJ gelieferter Endenergie erforderliche kumulierte Energieaufwand bestimmt. Dabei werden die einzelnen, in kg (Rohöl, Kohle, Uran, Biomasse) beziehungsweise Normkubikmeter (Erdgas) quantifizierten Ressourcenbedarfe mit den in B.2 ausgewiesenen Energiefaktoren bewertet.
- A.1.3 Die kumulierten Treibhausgasemissionen werden mit der gleichen Sachbilanz berechnet wie der kumulierte Energieaufwand. Dabei müssen auch prozessspezifische Treibhausgasemissionen (z.B. bei der Zement- und Glasherstellung) berücksichtigt werden. Das in der Biomasse fixierte CO₂ wird nicht bilanziert. Treibhausgase haben dasselbe Treibhauspotenzial unabhängig vom Zeitpunkt, an welchem das Treibhausgas freigesetzt wurde.
- A.1.4 Die folgenden Ausführungen über die Sachbilanz sind auch gültig für umweltbezogene Lebensweganalysen oder mit anderen Worten für Ökobilanzen.

A.2 Systemumfang

Grundsätzlich werden alle zur Herstellung eines Baustoffs erforderlichen Prozesse von der Rohstoffgewinnung bis zur Entsorgung berücksichtigt. Um den Bilanzierungsaufwand in Grenzen zu halten, müssen Abschneideregeln definiert werden. Die für die Systemabgrenzung erforderlichen Abschneideregeln orientieren sich primär am Kriterium der Energie- und Umweltrelevanz. Die Einschätzung obliegt dem Bilanzierenden, der über die nötigen Sachkenntnisse bezüglich des zu bilanzierenden Prozesses bzw. Materials verfügt. Mit dieser Regel werden auch die bezüglich Grauer Energie relevanten Prozesse automatisch mit einbezogen.

A.3 Repräsentativität

Bei der Erarbeitung von Basisdaten wurde versucht, möglichst repräsentative Zahlen zu Baustoffen zu bestimmen. Die Repräsentativität bezieht sich auf die Schlüsseltechnologie in der Produktionskette und auf den Ort der Bereitstellung. Massgebend ist der Baustoffmarkt in der Schweiz. Die Graue Energie eines Baustoffes soll grundsätzlich aus dem Durchschnitt aller Produkte der entsprechenden Baustoffgruppe auf dem Schweizer Markt gebildet werden. Dabei können Importanteil und Herkunftsland eine grosse Rolle spielen. Oft fehlen jedoch Daten für die im Ausland produzierten Baustoffe. Die Tabelle A.1 gibt einen Überblick über die Annahmen betreffend Technologie und Herkunft, welche den Daten zu den bedeutenden Baustoffgruppen zu Grunde liegen. Durch detaillierte Analysen der in der Schweiz verwendeten Baustoffe bezüglich Technologie und Herkunft kann die Repräsentativität der verwendeten Daten in Zukunft noch verbessert werden.

Tabelle A.1 Repräsentativität der Basisdaten gemäss ecoinvent Datenbestand v2.1 [2]

Baustoffgruppe	Technologie	Bereitstellung	Datenursprung	Bemerkungen
Bewehrungsstahl	Durchschnitt Europa	ab Werk Europa	öff. Verwaltung, Verband	
Aluminium	Durchschnitt Europa	ab Werk Europa	Verband	
Baustahl	Durchschnitt Europa	ab Werk Europa	öff. Verwaltung, Verband	
Chromstahl	Durchschnitt Europa	ab Werk Europa	öff. Verwaltung, Verband	
Kupfer	Durchschnitt Welt	ab Lager Europa	diverse	
Zement	Durchschnitt CH	ab Werk CH	Verband	kein Import in CH berücksichtigt
Gips, Kalk	Durchschnitt CH	ab Werk CH	Unternehmen	kein Import in CH berücksichtigt
Zuschlag Beton	4 Kieswerke in CH	ab Werk CH	Verband	kein Import in CH berücksichtigt
Natursteine	Durchschnitt CH	ab Werk CH	Forschung	kein Import in CH berücksichtigt
Kalksandstein	Durchschnitt D	ab Werk D	Verband	
Backstein, Tonziegel	Durchschnitt D-A-CH	ab Werk Europa	Verband	
Kunststoffe	Durchschnitt Europa	ab Werk Europa	Verband	
Nadelholz	Durchschnitt CH	ab Werk CH	Forschung 1986-1996	kein Import in CH berücksichtigt
Laubholz	Durchschnitt D	ab Werk Europa	Forschung 1986-1996	
Holzwerkstoffe	diverse Technologien	ab Werk Europa	Forschung 1989-2002	
Bitumen	Durchschnittsraffinerie Europa	ab Raffinerie	Unternehmen	
Flachglas beschichtet	Durchschnitt Europa	ab Werk	öff. Verwaltung	
Fenster, Türen	Durchschnitt CH	ab Werk CH	Forschung	kein Import in CH berücksichtigt
Wärmedämmstoffe	Durchschnitt CH	ab Werk CH	Forschung	kein Import in CH berücksichtigt

A.4 Modellierung des Strommixes

A.4.1 Auch der Primärenergiebedarf von Elektrizität wird grundsätzlich in der gleichen Art und Weise bestimmt. Allerdings spielt hier das in der Schweiz sehr hohe Handelsvolumen eine wichtige Rolle. Der Stromimport und -export belaufen sich auf deutlich mehr als je 50% bezogen auf die Stromproduktion im Inland. Der Modellierung des Stromhandels kommt somit eine zentrale Rolle zu. In ecoinvent und demzufolge in den Ökobilanzdaten und in diesem Merkblatt wird zur Bestimmung des Versorgungsmixes der Schweiz die Summe der Inlandproduktion und der Importe aus den umliegenden Ländern berücksichtigt. Für die Importe werden die Produktionsmixe der betreffenden Länder eingesetzt.⁷



Tabelle A.2 Primärenergiefaktoren und Treibhausgaskoeffizienten der Strommixe

	Primärenergiefaktor gesamt –	Primärenergiefaktor nicht erneuerbar –	Treibhausgasemissions- Koeffizient kg/MJ
CH-Versorgungsmix	2,94	2,50	0,037
SBB-Mix	1,32	0,35	0,005

A.4.2 Nur ein Teil der in der Schweiz eingesetzten Baustoffe wird noch in der Schweiz hergestellt. Der Elektrizitätsbedarf dieser in der Schweiz stattfindenden Prozesse wird mit dem oben beschriebenen CH-Versorgungsmix abgebildet. Für Bahntransporte in der Schweiz wird der Produktionsmix der SBB verwendet. In der Tabelle A.2 sind die Primärenergiefaktoren und die Treibhausgasemissions-Koeffizienten der beiden Strommixe angegeben. Für präzise definierte Produktionsstandorte wird der jeweilige nationale Strommix verwendet (wie beim Schweizer Strommix unter Berücksichtigung der Importe). Bei Produktions-Schwerpunkten in Nord-, West- beziehungsweise Osteuropa wird der Strommix des jeweiligen Verbundnetzes (NORDEL, UCTE bzw.

⁷ Der CH-Versorgungsmix unterscheidet sich vom neueren CH-Verbrauchermix gemäss SIA 2031, Ziffer H.4.1. Eine Umstellung von ecoinvent auf den CH-Verbrauchermix ist wünschenswert.

CENTREL) und für ein undefiniertes europäisches oder globales Durchschnittsprodukt der UCTE-Mix eingesetzt.

A.4.3 Etliche Produktionswerke oder Firmen verfügen über ein eigenes Kraftwerk oder einen eigenen Kraftwerkspark und verwenden den dort erzeugten Strom für ihre Produktion. In solchen Fällen wird in der Bilanzierung nicht ein nationaler Durchschnittsmix, sondern der werkseigene Strommix verwendet. Ähnlich verhält es sich mit zertifiziertem Ökostrom. Bezieht ein Produktionswerk zur Herstellung seiner Produkte zertifizierten Ökostrom, so fließt dieser Ökostrommix in der Bilanz ein.⁸ Grundsätzlich wird also der Strommix basierend auf der realen vertraglichen beziehungsweise ökonomischen Situation modelliert.

A.5 Allokation bei Koppelprozessen

Etliche Prozesse erzeugen zwei oder mehrere Produkte gleichzeitig. Klassische Beispiele von sogenannten Koppelprozessen sind die Raffinerie (mit den Produkten Flüssiggas, Benzin, Diesel, Heizöl EL, Heizöl S, Bitumen, Petrolkoks usw.), holzverarbeitende Betriebe (mit den Produkten Schnittholz, Brettschichtholz, Tischlerplatten, Holzspänen und Sägemehl) oder auch die Gewinnung von Metallen in Mehrmetallminen. Grundsätzlich sind verschiedene Allokationsansätze anwendbar. Bei den Datengrundlagen [2] bzw. [3] wird in der Regel eine Allokation auf der Basis der erzielbaren Einkünfte (und damit der Produktpreise) vorgenommen. Bei Wärmekraftkopplungsanlagen wird die Exergie als Standard-Allokationskriterium verwendet. Die dadurch erfolgte Zuordnung der Aufwendungen und Emissionen auf Strom und Wärme entspricht aber in etwa derjenigen einer preisbasierten Allokation.

A.6 Allokation bei Rezyklierung

Grundsätzlich lassen sich alle Materialien rezyklieren. Die Rezyklierbarkeit eines Baustoffes ist deshalb kein spezifisches Merkmal. Dagegen lässt sich eindeutig ermitteln, in welchen Baustoffen heute Sekundärrohstoffe eingesetzt werden. Dadurch kann ein erhebliches Einsparpotenzial bezüglich Grauer Energie, aber auch bezüglich Umweltbelastung realisiert werden. Diesem Umstand wird Rechnung getragen, indem der Sekundärrohstoff lediglich mit den Aufwendungen des Einsammelns und Aufbereitens belastet ist und keine Aufwendungen seiner Erstnutzung auf das neue Produkt überträgt. Das Rezyklieren am Ende der Funktionsdauer eines Produktes führt dazu, dass dem Produkt keine Entsorgungsaufwendungen erwachsen und kein Depo-nievolumen beansprucht wird. Der Energieaufwand und die Emissionen des Rezyklierungsverfahrens werden dem Rezyklat belastet. Mit dieser Berechnungsmethode resultiert, dass der Einsatz von Sekundärrohstoffen gegenüber dem Verwenden von Primärrohstoffen in der Regel begünstigt wird. Die Tabelle A.3 gibt einen Überblick über die Rezyklatanteile in Baustoffen, die für die Berechnung der Daten in Anhang D verwendet wurden.

Tabelle A.3 Rezyklatanteile in Baustoffen gemäss [3]

Baustoff	Rezyklatanteil	Herkunft Rezyklat	Bemerkungen
Bewehrungsstahl	100%	Stahlmischschrott	Situation Schweiz
Aluminium	32%		Situation Europa
Stahlprofil	98%	Stahlmischschrott	Situation Schweiz
Stahlblech	37%	Stahlmischschrott	Situation Europa
Chromstahl	37%	Stahlmischschrott plus Chromstahlschrott	Situation Europa
Kupfer	44%		Situation weltweit
Kunststoffe	0%		Situation Europa

A.7 Investitionsgüter und Infrastruktur

Die Aufwendungen für Fabrikationsanlagen und Maschinen werden anteilmässig berücksichtigt. Die Material- und Herstellungsaufwendungen werden grob abgeschätzt und auf das zu erwartende Produktionsvolumen während der Lebensdauer der Anlagen und Maschinen umgelegt.

⁸ Es ist auch zulässig, innerhalb desselben Produktionsbetriebes den Ökostromanteil zu 100% den Produkten für das Versorgungsgebiet Schweiz zuzuordnen.

A.8 Transportdienstleistungen

A.8.1 Transporte zwischen den einzelnen Verarbeitungsstufen werden erfasst und in die Bilanz mit einbezogen. Zur Ermittlung des spezifischen Treibstoffbedarfs pro Tonnenkilometer eines Transportmittels wird eine mittlere, nach Transportgut differenzierte (Gewichts-)Auslastung zugrunde gelegt. Die Transportdienstleistungen werden immer beim Empfänger verbucht.



A.8.2 Die Ökobilanzdaten enthalten die Transporte bis zu einem allfälligen Regionallager, nicht aber die Transporte von dort auf die Baustelle. Diese werden für Berechnungen gemäss dem vorliegenden Merkblatt in der Regel nicht berücksichtigt. Bei speziellen Bedingungen (vgl. 3.2.1.2) kann eine Berechnung angebracht sein.

A.9 Planungsaufwendungen

Das Planen von Gebäuden ist ebenfalls mit Energie- und Materialbedarf verbunden. Aus Praktikabilitätsgründen (mangelnde Datenverfügbarkeit) werden diese bei der Ermittlung der Grauen Energie von Gebäuden nicht berücksichtigt.

A.10 Entsorgung

Der Energieaufwand für die Entsorgung ist Teil der Grauen Energie eines Baustoffes. Für die meisten Baustoffe sind verschiedene Entsorgungswege (Rezyklierung, Verbrennung und Deponie) mit unterschiedlichem Energieaufwand möglich. Die Berechnung der Entsorgung erfolgt nach dem Stand der Technik und den ökonomischen Randbedingungen von heute. Die Entsorgungswege am Ende der Nutzungsdauer sind vermutlich anders, können jedoch nicht vorweggenommen werden. Für die wichtigsten Baustoffe wurden die folgenden Entsorgungswege angenommen.

Tabelle A.4 Entsorgungswege von Baustoffen gemäss [3]

Baustoff	Anteile	Entsorgungsweg
Bewehrungsstahl	100%	Rezyklierung
Aluminium	100%	Rezyklierung
Baustahl	100%	Rezyklierung
Chromstahl	100%	Rezyklierung
Kupfer	100%	Rezyklierung
Beton	90% / 10%	Rezyklierung / Deponie
Gips, Kalk	7% / 93%	Rezyklierung / Deponie
Natursteine	76% / 24%	Rezyklierung / Deponie
Kalksandstein	82% / 18%	Rezyklierung / Deponie
Backstein	76% / 24%	Rezyklierung / Deponie
Kunststoffe	100%	Kehrichtverbrennung
Massivholz	50% / 50%	Kehrichtverbrennung / Rezyklierung
Holzwerkstoffe	50% / 50%	Kehrichtverbrennung / Rezyklierung
Bitumen	100%	Kehrichtverbrennung
Flachglas beschichtet	100%	Deponie

A.11 Thermische Verwertung

In der volkswirtschaftlichen Energiebilanz wird die Graue Energie von Konsumgütern dem Konsum belastet. Für eine thermische Verwertung der Abfälle wird dabei keine Gutschrift gemacht. Die thermische Verwertung von brennbaren Bauabfällen bildet die Schnittstelle von Erstnutzung und Zweitnutzung. Die Emissionen (CO₂) werden dem Baustoff zugeordnet, die resultierende Energie der Zweitnutzung.

Anhang B (informativ) Bewertung der Energieträger

B.1 Notwendigkeit der Bewertung

Bei der ökologischen Bewertung von Energieträgern sind Menge und Qualität die Schlüsselgrössen. Während sich die Fragen der Quantität durch Modellierung und Berechnung lösen lassen, sind die qualitativen Bewertungen von Energieträgern immer mit der Einschätzung von Verfügbarkeit und Umweltbelastung verbunden.

B.2 Prinzip der Bewertung

B.2.1 Für die Ermittlung der Grauen Energie werden nur die nicht erneuerbaren Primärenergie-Ressourcen berücksichtigt. Erneuerbare Primärenergien werden nicht einbezogen. Das hier verfolgte Konzept der Grauen Energie beruht auf den folgenden Thesen:

- Nicht erneuerbare Primärenergie-Ressourcen haben einen Eigenwert.
- Dieser Eigenwert wird definiert über die Menge an Energie, die aus der Ressource mit heutiger Technik maximal verfügbar gemacht werden kann.
- Andere Aspekte wie Lagerfähigkeit, Substituierbarkeit usw. tragen nichts zum Eigenwert der oben genannten Primärenergie-Ressourcen bei.

B.2.2 Mit diesen drei Thesen kann die Bewertung der Energieträger einfach vorgenommen werden (siehe Tabelle B.1). Die erste These trennt zwischen denjenigen Energien, die zu berücksichtigen sind, und denjenigen, die bezüglich Grauer Energie als unkritisch gelten können. Rohöl, Erdgas, Steinkohle, Braunkohle und Uran zählen zu den nicht erneuerbaren Primärenergie-Ressourcen. Torf ist eine nicht erneuerbare Primärenergie-Ressource und wird deshalb ebenfalls einbezogen. Wasserkraft, Solarenergie, Windenergie, Biomasse und geothermische Energie gelten als erneuerbar. Deshalb wird deren Bewertungsfaktor auf Null gesetzt.

B.2.3 Bei den fossilen Energieressourcen wird der obere Heizwert eingesetzt, da dies der mit heutiger Technologie (Brennwerttechnik) maximal gewinnbaren chemischen Energie entspricht. Beim Uran wird die Energiemenge bestimmt, die mit 1 kg spaltbarem Uran in heutigen Leichtwasserreaktoren erzeugt werden kann. Dabei werden die Verluste an spaltbarem Uran entlang des Brennstoffkreislaufs dem Energiebedarf nicht angerechnet.⁹

Tabelle B.1 Eigenwerte der Primärenergieressourcen zur Bewertung der Grauen Energie [10]

Primärenergieressource	Bezugsgrösse	Eigenwert MJ
nicht erneuerbar		
Rohöl in der Geosphäre	kg	45,8
Erdgas in der Geosphäre	Norm-m ³	40,3
Steinkohle in der Geosphäre	kg	19,9
Braunkohle in der Geosphäre	kg	9,9
Uran in der Geosphäre	kg	560'000
Torf in der Geosphäre	kg	9,9
erneuerbar		
Wasserkraft (potenzielle Energie)	MJ	0
Biomasse	MJ	0
Sonnenenergie (Strahlungsenergie)	MJ	0
Windenergie (kinetische Energie)	MJ	0
Geothermische Energie und Umgebungsenergie	MJ	0



B.2.4 Bei den Treibhausgasemissionen werden anstelle des Eigenwertes die Treibhausgasemissionen bei der Nutzung berücksichtigt. Bei einer Verbrennung entspricht das dem mit den spezifischen Treibhausgasemissionen (in kg/MJ) multiplizierten Eigenwert. Wenn die Primärenergieressource in einen Baustoff umgewandelt wird (z.B. Erdöl in Bitumen) sind die Treibhausgasemissionen bei der Nutzung gleich Null. Biogene Treibhausgasemissionen werden mit Ausnahme von biogenem Methan nicht berücksichtigt.

⁹ Bei der Anreicherung bleibt etwa ein Drittel des spaltbaren Urans im abgereicherten Uran zurück, und in den abgebrannten Brennstäben nach dem Einsatz im Kraftwerk ist rund 15% des spaltbaren Urans noch nicht gespalten. Diese Anteile sind theoretisch für eine spätere Verwendung noch verfügbar, weshalb sie nicht in die Ermittlung des Energiewertes einfließen.



Anhang C (normativ) Amortisationszeit

Diese Amortisationszeiten gelten nur für die Berechnungen gemäss diesem Merkblatt und dürfen nicht für andere Zwecke verwendet werden.

BKP Hauptgruppe	Elementgruppe	Bezeichnung nach BKP	Element bzw. Ausführung	Bemerkungen	60	40	30	20
B		Vorbereitung						
	B 6.2	Aushub, nicht kontaminiert			X			
C		Konstruktion Gebäude						
	C 1	Fundament			X			
	C 2.1 (A)	Aussenwandkonstruktion (unter Terrain)		ohne Bekleidung nach E 1	X			
	C 2.1 (B)	Aussenwandkonstruktion (über Terrain)	einschichtig, tragend und wärmedämmend mehrschichtig	ohne Bekleidung nach E 2 tragend			X	
	C 2.2	Innenwandkonstruktion			X			
	C 3	Stützenkonstruktion			X			
	C 4.1	Decke		ohne Bekleidung nach G 2 und G 4	X			
	C 4.3	Balkon					X	
	C 4.4	Dachkonstruktion		ohne Bedachung nach F	X			
D		Technik Gebäude						
	D 1	Elektroanlage					X	
	D 5	Wärmeanlage	D 5.2 Wärmeerzeugung D 5.3, D 5.4 Wärmehauptverteilung und -abgabe				X	X
	D 7	Lufttechnische Anlage					X	
	D 8	Wasseranlage	Sanitäranlage				X	
E		Äussere Wandbekleidung Gebäude						
	E 1	Äussere Wandbekleidung unter Terrain				X		
	E 2	Äussere Wandbekleidung über Terrain	E 2.2 Aussenwärmedämmung E 2.3 Fassadenbekleidung (hinterlüftet) E 2.4 Fassadensystem E 2.5 Bekleidung Untersicht			X	X	
	E 3	Einbauten zu Aussenwand	Fenster, Türen, Tore				X	
F		Bedachung Gebäude						
	F 1	Dachhaut	F 1.2 Flachdach F 1.3 Geneigtes Dach	Schutz- und Nutzschiene ab Tragstruktur bis Eindeckung			X	
	F 2	Einbauten zu Dach		Dachfenster			X	
G		Ausbau Gebäude						
	G 1	Trennwand	nicht tragend				X	
	G 2	Bodenbelag					X	
	G 3	Wandbekleidung, Stützenbekleidung					X	
	G 4	Decken-, Dachbekleidung (innen)	Bekleidungen, Verputze, Platten				X	

Anhang D (normativ) Berechnungstabelle für Vorstudien und Vorprojekt

Die angegebenen Werte für die Innenwände und die gebäudetechnischen Anlagen sind typisch für Wohngebäude und ähnliche Gebäude. Die übrigen Werte sind allgemein anwendbar. Eine auf dieser Tabelle basierende Rechenhilfe kann unter www.sia.ch/download heruntergeladen werden.

BKP Haupt- gruppe	Elementgruppe	Bezeichnung	Bezugsgrösse	Einheit	Graue Energie			Graue Treibhausgasemissionen				
					pro Jahr MJ pro Einheit	Erstellung MJ pro Einheit	Entsorgung MJ pro Einheit	pro Jahr kg pro Einheit	Erstellung kg pro Einheit	Entsorgung kg pro Einheit		
B	B 6.2	Aushub, nicht kontaminiert										
		ohne Grundwasser	Aushubvolumen fest	m ³	2,5	150	0	0,15	9	0		
		mit Grundwasser	Aushubvolumen fest	m ³	7,5	400	0	0,45	27	0		
C	C 1	Fundament										
		ungedämmt	Bauteilfläche	m ²	20	900	200	1,7	90	10		
		gedämmt	Bauteilfläche	m ²	25	1200	200	2,0	110	11		
	C 2.1 (A) / E 1	Aussenwand unter Terrain										
		ungedämmt	Bauteilfläche	m ²	15	800	120	1,7	90	10		
		gedämmt	Bauteilfläche	m ²	30	1400	120	2,4	120	30		
	C 2.1 (B) / E 2 / G 3	Aussenwand über Terrain										
		Holzrahmenkonstruktion	Bauteilfläche	m ²	15	600	10	0,8	30	4		
		Holzblockwand	Bauteilfläche	m ²	10	500	10	0,5	20	1		
		Dämmbeton, Einsteinauwerk	Bauteilfläche	m ²	35	1200	50	3,2	120	3		
		Glasfassade	Bauteilfläche	m ²	50	1500	10	3,0	90	2		
		Kompaktfassade	Bauteilfläche	m ²	25	1000	40	1,9	75	2		
		Zweischalenwand	Bauteilfläche	m ²	25	1100	130	2,6	120	8		
		Hinterlüftete Fassade (Alu, Stein, Glas VSG)	Bauteilfläche	m ²	40	1600	100	2,9	140	7		
		Hinterlüftete Fassade (Profilbauglas, Beton)	Bauteilfläche	m ²	30	1300	110	2,5	110	7		

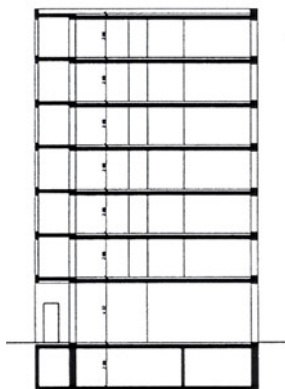




BKP Hauptgruppe	Elementgruppe	Bezeichnung	Bezugsgrösse	Einheit	Graue Energie			Graue Treibhausgasemissionen			
					pro Jahr MJ pro Einheit	Erstellung MJ pro Einheit	Entsorgung MJ pro Einheit	pro Jahr kg pro Einheit	Erstellung kg pro Einheit	Entsorgung kg pro Einheit	
C	C 2.2 / C 3 / G 3	Innenwände, Innenstützen und -bekleidung	Geschossfläche	m ²	15	500	60	1,3	50	5	
	C 4.1 / G 2 / G 4	Decke, Bodenbelag, Deckenbekleidung	Betondecke ungedämmt	Bauteilfläche	m ²	25	1000	160	2,5	110	10
			Betondecke gedämmt	Bauteilfläche	m ²	30	1200	160	2,5	120	10
			Holzdecke	Bauteilfläche	m ²	20	800	40	2,0	60	6
			Balkon	Bauteilfläche	m ²	30	800	90	3,0	80	6
	C 4.4 / F 1	Dachkonstruktion, Dachhaut	Flachdach (Beton)	Bauteilfläche	m ²	55	2000	200	4,5	150	40
			Flachdach (Holzbalken)	Bauteilfläche	m ²	45	1300	50	2,5	40	65
			Geneigtes Dach (Holzsparren)	Bauteilfläche	m ²	13	500	15	0,9	35	1
			Elektroanlage	Energiebezugsfläche	m ²	8	230	6	0,5	10	5
Wärmeanlage (Heizungsanlage)			Energiebezugsfläche	m ²	6	150	1	0,3	7	3	
D	D 1	Lufttechnische Anlage (mechanische Lüftung)	Energiebezugsfläche	m ²	7	130	1	0,4	7	1	
	D 5	Wasseranlage (Sanitäranlage)	Energiebezugsfläche	m ²	7	200	1	0,4	11	3	
	D 8	Einbauten zu Aussenwand und Dach (Fenster, Türen, Ausstiege)	Bauteilfläche	m ²	50	1400	40	3,2	90	10	
E / F	E 3 / F 2										

Anhang E (informativ) Beispiel

E.1 Projektbeschreibung

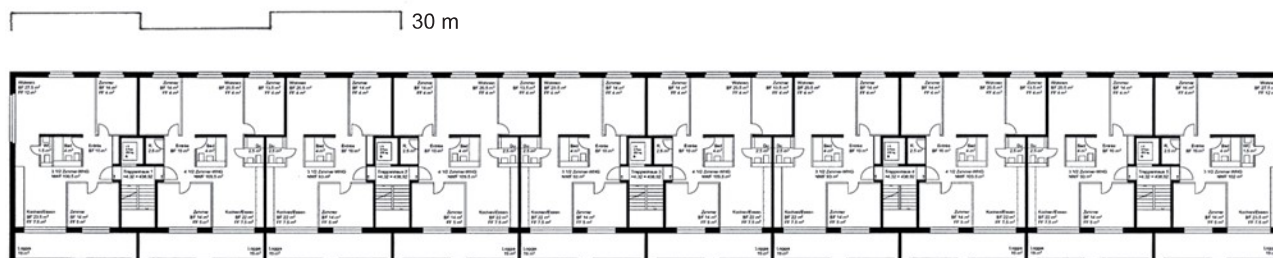


Schnitt

Das Gebäude weist sieben Wohngeschosse und ein Untergeschoss auf. Es hat eine einfache, kubische Form, mit einer separaten, davorgestellten Balkonschicht. Fünf innenliegende Treppenhäuser erschliessen pro Geschoss je zwei Wohnungen. Ein einfaches Tragsystem ermöglicht eine hohe Flexibilität. Die Nasszonenbereiche sind konzentriert in einer Mittelzone angeordnet. Konstruktiv gesehen handelt es sich um eine Mischbauweise aus massiven Decken und Innenwänden sowie einer tragenden und dämmenden Leichtkonstruktion in Holz bei den Fassaden, mit einer hinterlüfteten Bekleidung.

Kennzahlen Gebäude (SIA 416 und SIA 416/1)

Geschossfläche A_{GF}	9'860 m ²
Aussengeschossfläche (Balkone) A_{AGF}	1'326 m ²
Energiebezugsfläche A_E	8'583 m ²
Gebäudehüllfläche A_{th}	8'149 m ²
Gebäudehüllzahl A_{th} / A_E	0,95
Heizwärmebedarf Q_h / A_E	56 MJ/m ²



Grundriss Obergeschoss

E.2 Berechnungsmethode

Die Graue Energie des Gebäudes ist bereits in der Vorprojektphase nach SNARC [8] erfasst und optimiert worden. In der Bauprojektphase erfolgte dann, nach den Vorgaben und Anleitungen in diesem Merkblatt, eine detaillierte Berechnung. Nebst der Grauen Energie wurden auch die Grauen Treibhausgasemissionen ermittelt. Die Datengrundlage ist unter 2.7 aufgeführt; die Vereinfachungen und Vernachlässigungen richten sich nach den Anleitungen unter 3.2.

E.3 Ergebnisse

E.3.1 Bezugsgrösse

Die Ergebnisse der Grauen Energie und der Grauen Treibhausgasemissionen sind in der Tabelle E.1 zusammengefasst, amortisiert auf ein Jahr, gemäss den Daten für die Amortisationszeit in Anhang C und bezogen auf die Geschossfläche A_{GF} und die Energiebezugsfläche A_E . Der Bezug auf die Energiebezugsfläche erlaubt einen Vergleich mit der Betriebsenergie.

E.3.2 Ergebnisse

E.3.2.1 Die Graue Energie pro Jahr, bezogen auf die Geschossfläche A_{GF} , beträgt 89 MJ, bezogen auf die kleinere Energiebezugsfläche A_E 102 MJ. Diese Werte bewegen sich in einem guten Bereich, dies dank dem grossen und kompakten Volumen. Die Entsorgung macht etwa 8% der gesamten Grauen Energie aus.

- E.3.2.2 22% der Grauen Energie stecken in der Tragkonstruktion. Dabei wirken sich die gewählte Mischbauweise, das einfache Tragsystem mit vernünftigen Spannweiten und geradliniger Lastabtragung positiv auf das Resultat aus.
- E.3.2.3 In der gesamten Gebäudehülle, bestehend aus Fundamentplatte, Aussenwänden unter und über Terrain sowie Dach und Fenstern, liegen 36% der Grauen Energie. Dieser Anteil ist vor allem von der Kompaktheit und Grösse des Gebäudes abhängig. Fenster und Türen beanspruchen etwa gleich viel Graue Energie wie die Aussenwände über Terrain und machen zusammen den grössten Anteil der Gebäudehülle aus. Der Fensteranteil spielt eine wichtige Rolle; Fenster sind wesentlich energieintensiver als opake Aussenwände.
- E.3.2.4 Aushub und Fundament haben einen Anteil von 5%, das Dach 6%. Dieser Anteil ist nur deshalb so niedrig, weil er sich auf die Fläche von 7 Geschossen verteilt. Bei einer kleineren Geschoszahl steigt dieser Anteil merklich an.
- E.3.2.5 Einen grossen Anteil an der Grauen Energie (23%) beansprucht die gesamte Gebäudetechnik, umfassend die Bereiche Wärmeerzeugung und Wärmeabgabe sowie die Anlagen für Lüftung, Sanitär und Elektro.
- E.3.2.6 Die Grauen Treibhausgasemissionen pro Jahr, bezogen auf die Geschossfläche A_{GF} , betragen 7,3 kg, bezogen auf die kleinere Energiebezugsfläche A_E 8,4 kg. Die Entsorgung macht etwa 11% der gesamten Treibhausgasemissionen aus. Bezogen auf die Elementgruppen zeigt sich eine ähnliche prozentuale Verteilung wie bei der Grauen Energie. Signifikante Abweichungen durch eine grössere Belastung zeigen sich vor allem bei den «betonintensiven» Elementgruppen, wie bei den Aussenwänden unter Terrain, der Tragkonstruktion und den Balkonen. Die Fenster hingegen verlieren an Bedeutung. Allerdings sind die Werte der Grauen Treibhausgasemissionen grundsätzlich schwierig zu interpretieren, da noch keine gesicherten Erfahrungen vorliegen.

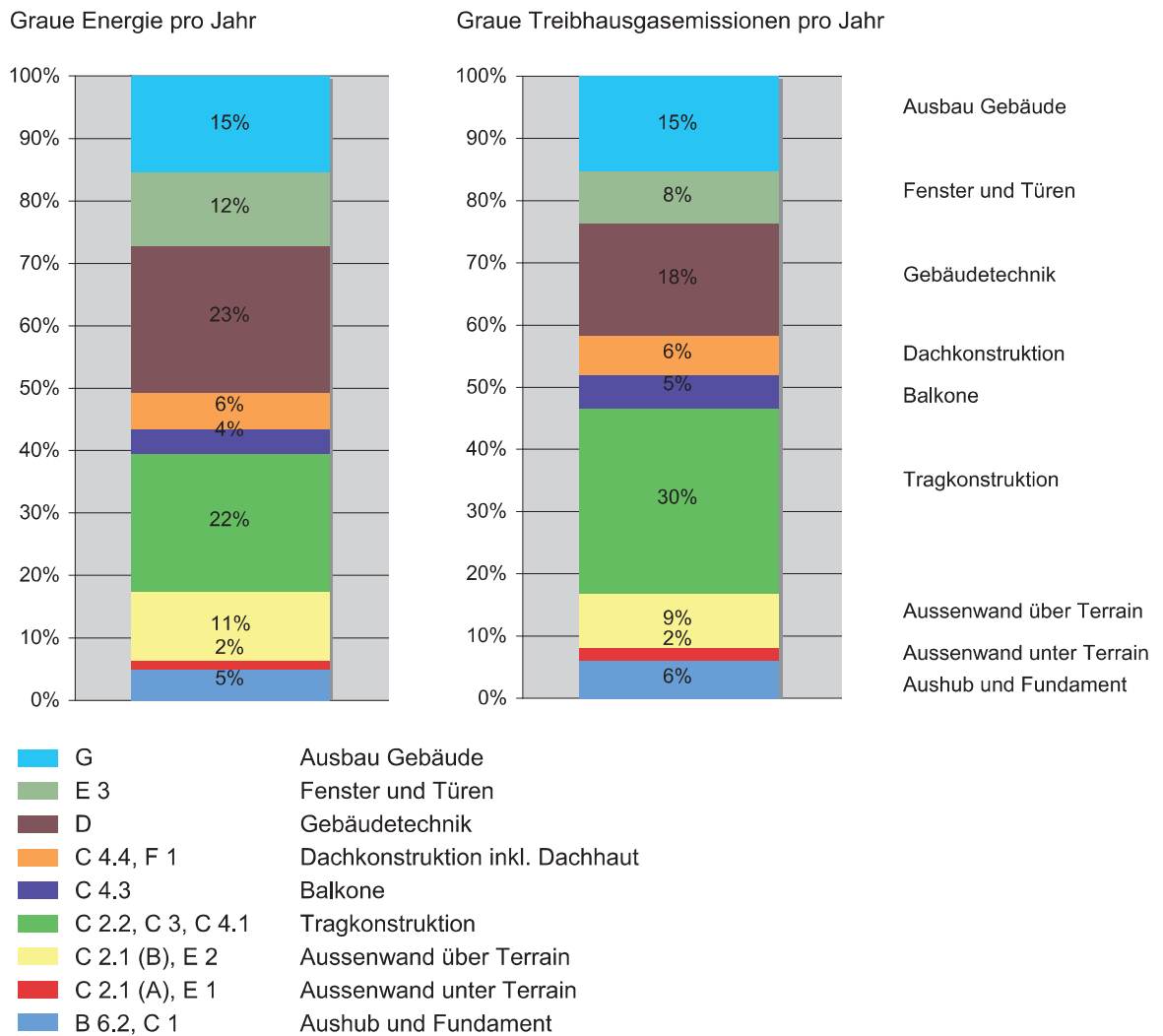
E.3.3 Vergleich mit der Betriebsenergie

- E.3.3.1 Die Graue Energie pro Jahr, bezogen auf die Energiebezugsfläche A_E , lässt sich mit dem allgemein bekannten Heizwärmebedarf Q_h vergleichen, wobei zu beachten ist, dass es sich beim Heizwärmebedarf um Nutzenergie handelt. Im vorliegenden Fall ist $Q_h = 56 \text{ MJ/m}^2$. Wird der Heizwärmebedarf auf Primärenergie umgerechnet, ergibt sich z.B. bei einer konventionellen Gasheizung ein Wert von etwa 68 MJ/m^2 . Im Vergleich mit der Gasheizung ist die Graue Energie des Gebäudes mit 102 MJ/m^2 rund 50% grösser als diejenige der Heizenergie.
- E.3.3.2 Die Grauen Treibhausgasemissionen pro Jahr, bezogen auf die Energiebezugsfläche A_E , lassen sich wie die Graue Energie mit den Emissionen der Betriebsenergie vergleichen. Bei einer konventionellen Gasheizung ergibt sich für die Grauen Treibhausgasemissionen ein Wert von etwa $5,5 \text{ kg/m}^2$. Im Vergleich mit der Gasheizung sind die Grauen Treibhausgasemissionen für die Gebäudeerstellung von $8,4 \text{ kg/m}^2$ ebenfalls rund 50% grösser.
- E.3.3.3 Beide Vergleiche bestätigen und illustrieren die Wichtigkeit der Grauen Energie und der Grauen Treibhausgasemissionen für die Gebäudeerstellung im Vergleich mit dem Betrieb des Gebäudes.

Tabelle E.1 Graue Energie und Graue Treibhausgasemissionen für die Erstellung und für die Entsorgung

	Graue Energie in MJ			Graue Treibhausgasemissionen in kg		
	Erstellung	Entsorgung	Total pro Jahr	Erstellung	Entsorgung	Total pro Jahr
pro m^2 Geschossfläche A_{GF}	3'125	545	89	278	48	7,3
pro m^2 Energiebezugsfläche A_E	3'590	627	102	320	55	8,4

Figur 2 Prozentuale Verteilung der Grauen Energie und der Grauen Treibhausgasemissionen nach den Elementgruppen in Anhang C





Anhang F (informativ) Publikationen

- [1] SIA D 0216, SIA Effizienzpfad Energie, 2006
- [2] ecoinvent Centre, ecoinvent data v2.1. ecoinvent reports No. 1-25, Swiss Centre for Life Cycle Inventories, Dübendorf, 2009
- [3] Ökobilanzdaten im Baubereich 2009/1, KBOB/eco-bau/IPB, Stand Juni 2009, www.kbob.ch
- [4] Elektronischer Bauteilkatalog, www.bauteilkatalog.ch
- [5] SIA 493, Deklaration ökologischer Merkmale von Bauprodukten, 1997
- [6] SIA D 093, Deklaration ökologischer Merkmale von Bauprodukten nach SIA 493 (Erläuterungen und Interpretationen), 1997
- [7] CRB Norm 506511, Baukostenplan Hochbau (eBKP-H), 2009
- [8] SIA D 0200, SNARC – Systematik zur Beurteilung der Nachhaltigkeit von Architekturprojekten für den Bereich Umwelt, 2004
- [9] Evaluation, Einführung der Stromkennzeichnung, Landert, Farago & Partner, im Auftrag des BFE, Dezember 2007
- [10] Stadt Zürich, Amt für Hochbauten, Kalkulation «Wirtschaftlichkeit und ökologische Nachhaltigkeit», www.stadt-zuerich.ch/nachhaltiges-bauen
- [11] SIA 112/1, Nachhaltiges Bauen – Hochbau, 2005
- [12] SIA 480, Wirtschaftlichkeitsrechnung für Investitionen im Hochbau, 2004
- [13] SIA 2031, Energieausweis für Gebäude, 2009
- [14] Rechenhilfe für Vorstudien und Vorprojekt gemäss Anhang D, www.sia.ch/download

Abkürzungen der in der Kommission SIA 2032 vertretenen Organisationen

eco-bau	Verein eco-bau, Nachhaltigkeit im öffentlichen Bau, Bern
KBOB	Koordinationskonferenz der Bau- und Liegenschaftsorgane der öffentlichen Bauherren
SIA KH	Kommission für Hochbaunormen des SIA
SIA KHE	Kommission für Haustechnik- und Energienormen des SIA

Kommission SIA 2032

		Vertreter von
Präsident	Martin Lenzlinger, Dr. phil., Physiker SIA, Zürich	SIA KHE
Mitglieder	Rolf Frischknecht, Dr. sc. techn., dipl. Ing. ETHZ/SIA, Uster Heinrich Gugerli, Dr. Ing., dipl. Bauing. ETH/SIA, Bülach Hans D. Halter, dipl. Arch. HTL/SIA, Windisch Ueli Kasser, dipl. Chem., Zürich Martin V. Müller, dipl. M. Arch. SIA, Arni Hansruedi Preisig, dipl. Arch. SIA, Zürich Jakob Thöni, dipl. Bauing. HTL/STV, Rüslikon	Ökobilanzierer KBOB, eco-bau SIA KH, Planer Ökologe SIA KH, Planer Planer Bauherrschaft

Genehmigung und Gültigkeit

Die Zentralkommission für Normen und Ordnungen des SIA hat das vorliegende Merkblatt SIA 2032 am 8. Juni 2009 genehmigt.

Es ist gültig ab 1. Januar 2010.

Copyright © 2010 by SIA Zurich

Alle Rechte, auch das des auszugsweisen Nachdruckes, der auszugsweisen oder vollständigen Wiedergabe (Fotokopie, Mikrokopie, CD-ROM usw.), der Speicherung in Datenverarbeitungsanlagen und das der Übersetzung, sind vorbehalten.

**Merkblatt
2032**

s i a

Graue Energie von Gebäuden

schweizerischer
ingenieur- und
architektenverein

société suisse
des ingénieurs et
des architectes

società svizzera
degli ingegneri e
degli architetti

swiss society
of engineers and
architects

selnaustrasse 16
postfach
ch-8027 zürich
www.sia.ch

Korrigenda C1 zu SIA 2032:2010

Korrigenda C1 zu SIA 2032:2010 de (1. Auflage)

Die Änderungen sind **fett** markiert; einzelne Streichungen sind durchgestrichen.

1.1 Definitionen

- 1.1.1.15 Nutzungsdauer
Durée d'utilisation
 t_u
(Jahre)
Effektiv zu erwartende Periode zwischen der Inbetriebnahme und dem Ersatz eines Bau- oder Anlageteils. Die Nutzungsdauer ist begrenzt durch die technische Lebensdauer oder durch einen allfälligen Ersatz auf Grund veränderter Bedürfnisse (Komfort, Ästhetik, neue Nutzung usw.) oder verbesserter Ausführungen (grössere Leistungsfähigkeit, bessere Energiebilanz usw.). Vgl. SIA 480 Ziffer 3.3.
- 1.1.1.16 Amortisationszeit
Durée d'amortissement
 t_{am}
(Jahre)
Zeitdauer, über welche die Graue Energie für Herstellung und Entsorgung abgeschrieben wird. Ausser bei der Baugrube und der Tragkonstruktion (Elementgruppen B und C) entspricht die Amortisationszeit der Nutzungsdauer. Für die Baugrube und die Tragkonstruktion wird die Amortisationszeit niedriger angesetzt als es der Nutzungsdauer entsprechen würde, damit kommende Generationen nicht mit den Abschreibungen für die heutigen Investitionen in Graue Energie belastet werden.
- 1.1.1.17 Technische Lebensdauer
Durée de vie technique
 t_u
(Jahre)
Zu erwartende Periode zwischen der Inbetriebnahme eines Bau- oder Anlageteils und dessen Ersatz auf Grund abnehmender Gebrauchstauglichkeit oder zunehmender Kosten für den Unterhalt und den Ersatz einzelner Bestandteile. (SIA 480 Anhang B)
- 1.1.2.8 Graue Energie
Énergie grise
 E_{eb}
MJ
Gesamte Menge nicht erneuerbarer Primärenergie, die für alle vorgelagerten Prozesse, vom Rohstoffabbau über Herstellungs- und Verarbeitungsprozesse und für die Entsorgung, inkl. der dazu notwendigen Transporte und Hilfsmittel, erforderlich ist (**vgl. Anhang A**). Sie wird auch als kumulierter, nicht erneuerbarer Energieaufwand bezeichnet.
- 1.1.3.1 Graue Treibhausgasemission
Émission de gaz à effet de serre
 $M_{CO_2,eb}$
kg, t
Kumulierte Menge der Treibhausgase (CO₂, Methan, Stickoxid und weitere klimawirksame Gase), die bei allen vorgelagerten Prozessen, vom Rohstoffabbau über Herstellungs- und Verarbeitungsprozesse und bei der Entsorgung, inkl. der dazu notwendigen Transporte und Hilfsmittel, emittiert wird. Sie wird als äquivalente CO₂-Emissionsmenge ausgedrückt, die denselben Treibhauseffekt wie die Gesamtheit der Treibhausgasemissionen hat. Dabei wird die gleiche Sachbilanz berücksichtigt wie bei der Grauen Energie.

1.2 Bezeichnungen, Begriffe und Einheiten

A_{th} thermische Gebäudehüllfläche m²

2.7 Datengrundlagen

- 2.7.2 Für die Baustoffe hat die EMPA die ecoinvent-Daten im Auftrag von KBOB (Koordination der Bau- und Liegenschaftsorgane des Bundes), eco-bau (Nachhaltigkeit im öffentlichen Bau) und IPB (Interessengemeinschaft privater professioneller Bauherren) aufbereitet und als *Ökobilanzdaten im Baubereich 2009/1* [3] publiziert¹. Die Ökobilanzdaten bilden die Datengrundlage für alle Berechnungen nach dem vorliegenden Merkblatt.

¹ Die verwendete Version der Ökobilanzdaten im Baubereich (Stand mit Monat und Jahr) ist zu dokumentieren. Bei einem Vergleich der Projektwerte mit Anforderungswerten ist die Version zu verwenden, auf welche im entsprechenden Dokument verwiesen wird.

3.1 Allgemeines

3.1.5 Gebäudestruktur

Als Struktur für das Berechnungsverfahren kann der Baukostenplan Hochbau **eBKP-H 2012** [7] verwendet werden.

3.2 Vereinfachungen und Vernachlässigungen

3.2.3 Gebäudestruktur

3.2.3.1 Es werden die folgenden Elementgruppen gemäss Baukostenplan Hochbau **eBKP-H 2012** berücksichtigt:

BKP-Elementgruppe	Bemerkungen
B 6.2, B 6.3 Aushub	
C 1 Bodenplatte , Fundament	
.....	
E 3 Einbauten zu Aussenwand (Fenster, Türen, Tore)	ohne Sonnenschutz (E 3.3)
F 1 Dachhaut	
F 2 Einbauten zu Dach	Dachfenster
G 1 Trennwand, Tür, Tor	(vgl. Ziffer 3.2.5.3)
G 2 Bodenbelag	
G 3 Wandbekleidung	
G 4 Deckenbekleidung	

3.2.3.2 Die folgenden Elementgruppen werden für die Berechnungen gemäss diesem Merkblatt im Allgemeinen vernachlässigt.

BKP-Elementgruppe	
A Grundstück	
B Vorbereitung mit Ausnahme von B 6.2 und B 6.3	
C 5 Ergänzende Leistungen zur Konstruktion	
D 2 Gebäudeautomation	
D 3 Sicherheitsanlage	
D 4 Technische Brandschutzanlage	
.....	
W Nebenkosten zu Erstellung	
Y Reserve, Teuerung	
Z Mehrwertsteuer	

Je nach Gebäude- und Nutzungstyp können diese Elemente allerdings wesentlich zur Grauen Energie eines Gebäudes beitragen. Das ist z.B. bei Baustelleninstallationen mit Grundwasserhaltung oder bei den Umgebungsarbeiten der Fall, wenn grosse Stützmauern realisiert werden. In solchen Fällen sollen auch diese Elementgruppen in die Berechnung einbezogen werden.

3.3 Berechnungsverfahren

3.3.2 entfällt

3.3.4 In Anhang D ist eine Berechnungstabelle zur Anwendung in der Phase *Vorstudien/Vorprojekt* enthalten. ~~In dieser Phase werden bei den Aussenwänden, bei den Decken und beim Dach die Konstruktionen und ihre Bekleidungen zu einem Element zusammengefasst. Für die Innenwände (tragend und nicht tragend, inkl. Bekleidungen) wird ein Pauschalwert pro Geschossfläche verwendet.~~ Für einige Elemente sind fixe Werte pro Bezugsgrösse angegeben. Für andere Elemente werden vorgegebene Werte für eine beschränkte Auswahl von Ausführungsvarianten verwendet. Neben der Variantenwahl bei diesen Elementen findet in dieser Phase die Optimierung über die Bauteilmengen, d.h. über die Form des Gebäudes, statt. Bei einem Vergleich von

Projektvarianten, z.B. bei einem Wettbewerb, kann es sinnvoll sein, nur die Elemente zu betrachten, welche in diesem Stadium wesentlich beeinflussbar sind.² Für die Berechnung in der Phase *Vorstudie/Vorprojekt* stehen die Rechenhilfen *Tool Graue Energie nach SIA 2032* [14] und das Arbeitsblatt *Erstellung im SIA-Tool Effizienzpfad Energie* [15] zur Verfügung.

- 3.3.5 Für die Phase *Bauprojekt*, wenn die Baukonstruktionen im Detail bekannt sind, stehen verschiedene Rechenhilfen zur Verfügung, mit denen die einzusetzenden Werte berechnet werden können. Diese Rechenhilfen müssen den Vorgaben dieses Merkblatts mit Bezug auf Sachbilanz und Bewertung (Ökobilanzdaten 2009 [3]) und den Bestimmungen dieses Kapitels entsprechen. In der Phase *Bauprojekt* findet die Optimierung über die Wahl der Konstruktionen statt.

Anhang A, Sachbilanz

A.4 Modellierung des Strommixes

Die Tabelle A.2, Primärenergiefaktoren und Treibhausgaskoeffizienten der Strommixe, **entfällt**.

A.8 Transportdienstleistungen

- A.8.2 Die Ökobilanzdaten [3] enthalten die Transporte bis zu einem allfälligen Regionallager, nicht aber die Transporte von dort auf die Baustelle. Diese werden für Berechnungen gemäss dem vorliegenden Merkblatt in der Regel nicht berücksichtigt. Bei speziellen Bedingungen (vgl. 3.2.1.2) kann eine Berechnung angebracht sein.

Anhang B, Bewertung der Energieträger

Tabelle B.1 Eigenwerte der Primärenergieressourcen zur Bewertung der Grauen Energie ~~[10]~~

Anhang F, Publikationen

- [3] Ökobilanzdaten im Baubereich 2009/1, KBOB / eco-bau / IPB, www.kbob.ch (neuester Stand), www.eco-bau.ch (inkl. ältere Versionen)
- [7] CRB Norm 506511, Baukostenplan Hochbau (eBKP-H), 2012
- [10] **entfällt**
- [14] *Tool Graue Energie zu SIA 2032, Rechenhilfe für Vorstudien und Vorprojekt gemäss Anhang D*, www.energytools.ch > downloads > tools
- [15] *SIA-Tool 2040 Effizienzpfad Energie, Arbeitsblatt Erstellung*, www.energytools.ch > downloads > tools
- [16] *SIA D 0236, SIA-Effizienzpfad Energie – Ergänzungen und Fallbeispiele zum Merkblatt SIA 2040, 2011*

² Fussnote entfällt

Anhang C (normativ) Amortisationszeit

geänderte und neue Felder sind gelb hinterlegt

Diese Amortisationszeiten gelten nur für die Berechnungen gemäss diesem Merkblatt und dürfen nicht für andere Zwecke verwendet werden.

BKP Hauptgruppe	Elementgruppe	Bezeichnung nach BKP	Element bzw. Ausführung	Bemerkungen	Jahre				
						60	40	30	20
B	Vorbereitung								
	B 6.2, B 6.3	Aushub			X				
C	Konstruktion Gebäude								
	C 1	Bodenplatte, Fundament			X				
	C 2.1 (A)	Aussenwandkonstruktion (unter Terrain)		ohne Bekleidung nach E 1	X				
	C 2.1 (B)	Aussenwandkonstruktion (über Terrain)		ohne Bekleidung nach E 2	X				
	C 2.2	Innenwandkonstruktion		tragend	X				
	C 3	Stützenkonstruktion			X				
	C 4.1	Decke		ohne Bekleidung nach G 2 und G 4	X				
	C 4.3	Balkon				X			
C 4.4	Dachkonstruktion		ohne Bedachung nach F	X					
D	Technik Gebäude								
	D 1	Elektroanlage		inkl. Solarzellen				X	
	D 5	Wärmeanlage		allg. Wärmeerzeugung					X
				Erdwärmesonden			X		
				Solar Kollektoren					X
	D 5.3, D 5.4	Wärmehauptverteilung, Wärmeabgabe						X	
	D 7	Lufttechnische Anlage						X	
	D 8	Wasseranlage						X	
E	Äussere Wandbekleidung Gebäude								
	E 1	Äussere Wandbekleidung unter Terrain				X			
	E 2	Äussere Wandbekleidung über Terrain		Putz, Anstriche usw.		X			
				Kompaktfassade			X		
				E 2.1 Äussere Beschichtung				X	
				E 2.2 Aussenwärmedämmung					X
			E 2.3 Fassadenbekleidung (hinterlüftet)			X			
			E 2.4 Fassadensystem			X			
			E 2.5 Bekleidung Untersicht			X			
E 3	Einbauten zu Aussenwand		inkl. Auskragungen				X		
			Fenster, Türen, Tore; ohne E 3.3					X	
F	Bedachung Gebäude								
	F 1	Dachhaut		F 1.1 Dachabdichtung unter Terrain		X			
				F 1.2 Flachdach				X	
				F 1.3 Geneigtes Dach			X		
F 2	Einbauten zu Dach		Dachfenster				X		
G	Ausbau Gebäude								
	G 1	Trennwand, Tür, Tor		nicht tragend				X	
	G 2	Bodenbelag						X	
	G 3	Wandbekleidung						X	
	G 4	Deckenbekleidung		Bekleidungen, Putz				X	

Anhang D (normativ) Berechnungstabelle für Vorstudien und Vorprojekt

Die bisherige Tabelle wird vollständig ersetzt.

Die Tabelle kann für die Vorstudien und das Vorprojekt von Neu- und Umbauten verwendet werden. Die angegebenen Werte beruhen auf den Ökobilanzdaten im Baubeereich, Stand Juli 2012. Nähere Angaben zu den zu Grund liegenden Konstruktionen finden sich in der Dokumentation SIA D 0236 Ziffer 6.2.1 [16].

BKP-Elementgruppe	Bezeichnung	Bezugsgrösse	Einheit	Graue Energie			Treibhausgasemissionen			Amortisationszeit
				pro Jahr MJ pro Einheit	Erstellung MJ pro Einheit	Entsorgung MJ pro Einheit	pro Jahr kg pro Einheit	Erstellung kg pro Einheit	Entsorgung kg pro Einheit	
B 6.2 / B 6.3	Aushub									
	ohne Grundwasser	Volumen	m ³	2	140	0	0,1	8,7	0,0	60
	mit Grundwasser	Volumen	m ³	7	430	0	0,4	26	0,0	60
C 1	Bodenplatte, Fundament									
	ungedämmt	BTF ¹⁾	m ²	18	900	200	1,7	90	11	60
C 2.1 (A) / E 1	gedämmt	BTF	m ²	23	1150	200	1,9	105	11	60
	Aussenwand unter Terrain									
	ungedämmt	BTF	m ²	18	960	120	2,0	94	25	60
C 4.4 / F 1.1	gedämmt	BTF	m ²	27	1450	120	2,8	135	33	60
	Dach unter Terrain									
	ungedämmt	BTF	m ²	26	1350	200	2,6	130	25	60
C 2.1 (B)	gedämmt	BTF	m ²	45	2490	210	3,5	150	58	60
	Aussenwandkonstruktion über Terrain									
	Betonwand	BTF	m ²	12	610	96	1,3	70	6	60 / 30
E 2	Backsteinwand	BTF	m ²	8	420	32	0,7	39	2	60 / 30
	Holz wand	BTF	m ²	6	340	5	0,3	14	3	60 / 30
	Äussere Wandbekleidung über Terrain									
	Verputzte Aussenwärmämmung	BTF	m ²	17	490	6	1,0	30	1	30
	Bekleidung leicht, hinterlüftet	BTF	m ²	13	500	7	0,8	29	2	40
	Bekleidung mittel, hinterlüftet	BTF	m ²	19	730	8	1,2	47	1	40
	Bekleidung schwer, hinterlüftet	BTF	m ²	36	1450	15	2,1	83	2	40
	Zweischalenwand	BTF	m ²	26	970	51	1,9	72	4	40
	Vollverglasung Pfosten/Riegel	BTF	m ²	66	2600	19	4,4	160	12	40
	Fenster									
E 3 / F 2	Mittelwert 2-fach- / 3-fach Verglasung	BTF	m ²	77	2280	17	5,2	150	7	30
	Innenwand									
C 2.2 / G 3	Mittelwert tragend / nicht tragend	BTF	m ²	11	460	47	0,9	43	3	60 / 30
	Deckenkonstruktion (inkl. Deckenbekleidung)									
C 4.1 / G 4	Betondecke	BTF	m ²	13	650	120	1,5	82	7	60
	Holzdecke	BTF	m ²	11	500	32	0,6	26	6	60 / 30
	Holzbetonverbund	BTF	m ²	12	530	68	0,9	42	4	60 / 30
	Dämmung gegen unbeheizt	BTF	m ²	5	140	4	0,3	8	0	30

BKP-Elementgruppe	Bezeichnung	Bezugsgrösse	Einheit	Graue Energie			Treibhausgasemissionen			Amortisationszeit Jahre
				pro Jahr MJ pro Einheit	Erstellung MJ pro Einheit	Entsorgung MJ pro Einheit	pro Jahr kg pro Einheit	Erstellung kg pro Einheit	Entsorgung kg pro Einheit	
G 2	Bodenbelag									
	Fertiger Bodenbelag (ohne Unterkonstruktion)	BTF	m ²	6	170	10	0,6	14	3	30
	Unterkonstruktion und Bodenbelag	BTF	m ²	14	400	29	1,1	26	6	30
C 4.3	Balkon									
	Balkon	BTF	m ²	29	1050	109	2,6	96	8	40
C 4.4	Dachkonstruktion									
	Betondecke	BTF	m ²	13	650	117	1,5	82	7	60
	Holzdecke (Flachdach)	BTF	m ²	11	500	32	0,6	26	6	60 / 30
	Holzkonstruktion (geneigtes Dach)	BTF	m ²	6	360	15	0,4	17	4	60
F 1.2 / F 1.3	Dachaufbau									
	gedämmt (Flachdach)	BTF	m ²	35	1000	39	2,3	42	26	30
	ungedämmt (Flachdach)	BTF	m ²	15	410	37	1,0	15	15	30
	gedämmt (geneigtes Dach)	BTF	m ²	14	530	14	0,9	34	2	40
	ungedämmt (geneigtes Dach)	BTF	m ²	6	240	13	0,4	15	1	40
D 1	Elektroanlage									
	Wohnen	EBF ²⁾	m ²	7	190	6	0,4	9	4	30
	Büro	EBF	m ²	17	490	11	1,0	21	10	30
	Solarstromanlage (1 m ² = 0,1 kWp ³⁾)	BTF	m ²	93	2800	0	6,8	200	0	30
D 5	Wärmeanlage									
	Wärmeerzeugung und Wärmeverteilung	EBF	m ²	6	150	1	0,4	7	3	20 / 30
	Erwärmesonden	EBF	m ²	5	200	1	0,3	10	1	40
	Solkollektoren	BTF	m ²	130	2600	0	8,5	170	0	20
D 7	Lufttechnische Anlage									
	Wohnen	EBF	m ²	4	130	1	0,3	7	1	30
	Büro	EBF	m ²	8	250	0	0,5	15	0	30
D 8	Wasseranlage									
	Wohnen	EBF	m ²	5	140	1	0,3	8	1	30
	Büro	EBF	m ²	3	75	0	0,2	4	1	30

1) BTF: Bauteilfläche

2) EBF: Energiebezugsfläche

3) kWp = Kilowattpeak, Masseinheit für die maximale Leistung eines Photovoltaik-Moduls

Eine auf dieser Tabelle basierende Rechenhilfe [14] kann von www.energytools.ch heruntergeladen werden.

Genehmigt durch die KGE am 15.5.2013

Publiziert am 6.8.2013

Merkblatt
2032

s i a

Graue Energie von Gebäuden

schweizerischer
ingenieur- und
architektenverein

société suisse
des ingénieurs et
des architectes

società svizzera
degli ingegneri e
degli architetti

swiss society
of engineers and
architects

selnaustrasse 16
postfach
ch-8027 zürich
www.sia.ch



Bitte beachten Sie die Korrigenda im Anhang.

SIA Merkblätter

Zur Erläuterung und ergänzenden Regelung von speziellen Themen gibt der SIA Merkblätter heraus.

Die Merkblätter sind Bestandteil des SIA-Normenwerks.

Merkblätter sind nach ihrer Veröffentlichung drei Jahre gültig. Die Gültigkeit kann wiederholt um jeweils drei Jahre verlängert werden.



Bitte beachten Sie die Korrigenda im Anhang.

Allfällige Korrekturen und Kommentare zur vorliegenden Publikation sind zu finden unter www.sia.ch/korrigenda.

Der SIA haftet nicht für Schäden, die durch die Anwendung der vorliegenden Publikation entstehen können.

2009-11 1. Auflage

INHALTSVERZEICHNIS

	Seite
Vorwort	4
0 Geltungsbereich	5
0.1 Abgrenzung	5
0.2 Normative Verweisungen.....	5
0.3 Hinweise zur Anwendung	5
1 Verständigung	6
1.1 Definitionen.....	6
1.2 Bezeichnungen, Begriffe und Einheiten	8
1.3 Indizes	9
2 Konzept der Grauen Energie im Bauwesen ...	10
2.1 Graue Energie eines Baustoffs	10
2.2 Veranschaulichung	10
2.3 Die Graue Energie eines Bauteils.....	10
2.4 Die Graue Energie eines Gebäudes	11
2.5 Bestimmung der Grauen Energie	12
2.6 Graue Treibhausgasemissionen.....	12
2.7 Datengrundlagen	12
3 Berechnungsmethode	13
3.1 Allgemeines	13
3.2 Vereinfachungen und Vernachlässigungen	14
3.3 Berechnungsverfahren	16
3.4 Kenngrössen	16
Anhang	
A Sachbilanz (informativ)	17
B Bewertung der Energieträger (informativ)	21
C Amortisationszeit (normativ)	22
D Berechnungstabelle für Vorstudien und Vorprojekt (normativ).....	23
E Beispiel (informativ).....	25
F Publikationen (informativ)	28

VORWORT

Die Aufmerksamkeit der Planer und Planerinnen hat sich in den letzten 30 Jahren neben der Architektur auf die Betriebsenergie fokussiert. Der SIA hat 1988 erstmals eine Empfehlung zur Berechnung des Heizwärmebedarfs herausgegeben. Seither wurde der Raumwärmeverbrauch von Gebäuden, bedingt durch gesetzliche Vorgaben und freiwillige Bemühungen, kontinuierlich gesenkt. Moderne Niedrigstenergiehäuser mit Vorbildcharakter verbrauchen heute nicht viel mehr als 40 MJ pro m² Energiebezugsfläche und Jahr. Dagegen beträgt die Graue Energie, die in einem neuen Gebäude in Form von Baumaterialien und Technik investiert wird, in der Regel – umgerechnet auf die Nutzungsdauer – zwischen 80 und 100 MJ pro m² Geschossfläche und Jahr. Deshalb gewinnt die Graue Energie eines Gebäudes als ein Aspekt zur Beurteilung der ökologischen Nachhaltigkeit zunehmend an Bedeutung. Zudem erfordert die Niedrigenergiebauweise und der steigende Baustandard tendenziell mehr Material und Technik, was zu einer Erhöhung der Grauen Energie führt.

Im Rahmen der Dokumentation *SIA Effizienzpfad Energie* [1] hat sich der SIA zum ersten Mal eingehender mit dem Thema «Graue Energie» befasst. Nach anfänglicher Skepsis hat sich in den Gremien des SIA die Meinung durchgesetzt, dass dieses Thema vertieft behandelt werden soll, damit die Graue Energie im Sinne einer ganzheitlichen Betrachtungsweise zukünftig gleichberechtigt neben der Betriebsenergie beurteilt, berechnet und in die Planung einbezogen werden kann. Beim SIA Effizienzpfad ist die Graue Energie neben der Betriebsenergie und der Energie für die standortabhängige Mobilität ein selbständiger Themenbereich, für den eigene Zielwerte gelten.

Die Treibhausgasemissionen sind wegen der Klimaänderung eine wichtige umweltrelevante Grösse. In der 2000-Watt-Gesellschaft, auf die sich der Effizienzpfad Energie stützt, stellen sie neben der Primärenergie die zweite Zielgrösse dar. Sie sollen in der nächsten Ausgabe des Effizienzpfads Energie als zweites Beurteilungskriterium verwendet werden. Daher werden auch in diesem Merkblatt die mit der Bereitstellung von Baustoffen verbundenen Treibhausgasemissionen behandelt. Bisher wurden noch wenige Berechnungen der kumulierten Treibhausgasemissionen von Gebäuden gemacht. Dies kann nun nachgeholt werden.

Das vorliegende Merkblatt soll dazu beitragen, dass die Berechnung der Grauen Energie nach einheitlichen Grundsätzen und auf der Basis von vergleichbarem Datenmaterial erfolgt. Die Ergebnisse aus den Berechnungen der Grauen Energie von Gebäuden sollen reproduzierbar und vergleichbar werden. Gleichzeitig soll das Merkblatt zur Sensibilisierung für das Thema und zur weiteren Verbreitung solcher Berechnungen beitragen. Es richtet sich in erster Linie an Planer und Planerinnen. Sie erhalten eine einfache und planungsgerechte Bewertungs- und Berechnungsmethode, die mit einem Beispiel illustriert wird.

Aus zahlreichen Untersuchungen weiss man, dass der Einfluss auf die Graue Energie eines Gebäudes im Laufe des Planungsprozesses mit zunehmender Präzisierung des Projektes rapid abnimmt, da die Gebäudeform und -grösse die wichtigsten Einflussgrössen darstellen. Die Materialisierung hat bereits einen deutlich geringeren Einfluss auf das Ergebnis. Deshalb ist die Erfassung und Optimierung der Grauen Energie vor allem bei Projekten in der Vorstudien- und Vorprojektphase (Wettbewerbe, Studienaufträge) von Bedeutung.

Das Merkblatt soll aber in allen Projektphasen angewendet werden. Im Stadium der Vorstudien geht es um eine grobe Projektbeurteilung. Es dient auch zur vergleichenden Beurteilung von Wettbewerbsprojekten. Das Merkblatt kann auch beim Entscheid angewendet werden, ob ein Gebäude umgebaut oder durch einen Neubau ersetzt werden soll. Mit fortschreitendem Detaillierungsgrad im Laufe der Projektierung wird auch das Berechnungsverfahren für die Graue Energie mehr detailliert; das erlaubt eine Optimierung der in den jeweiligen Phasen anfallenden Entscheide.

Dieses Merkblatt beruht auf vielfältigen Vorarbeiten. Die Stoff- und Energiebilanzen zu der Vielzahl von Baustoffen stammen von verschiedenen Firmen, Verbänden und Forschungsanstalten im In- und Ausland. Diese wurden im Rahmen des Projektes *ecoinvent*, einer gemeinsamen Initiative des ETH-Bereichs und schweizerischer Bundesämter, harmonisiert [2] und durch KBOB, eco-bau und IPB benutzergerecht aufgearbeitet [3]. Ohne diese Grundlagen wäre die Erarbeitung des Merkblattes nicht möglich gewesen.

Auf Grund der Erfahrungen mit diesem Merkblatt sollen in Übereinstimmung mit dem *SIA Effizienzpfad Energie* Richtwerte für den Bedarf an Grauer Energie erarbeitet und bei einer nächsten Überarbeitung in das Merkblatt aufgenommen werden. Zurzeit bestehen auch noch Lücken bei den Daten, insbesondere für einige gebäudetechnische Systeme und Komponenten. Die praktische Anwendung dieses Merkblattes wird zeigen, welche Lücken in erster Priorität gefüllt werden müssen. Es wird dann auch zu prüfen sein, ob das Verfahren zur Berechnung der Grauen Energie genügend gefestigt ist, damit das Merkblatt in eine Norm überführt werden kann. Das wäre dann auch der geeignete Zeitpunkt, um die Erarbeitung einer europäischen Norm zur Grauen Energie anzuregen.

Kommission SIA 2032

0 GELTUNGSBEREICH

0.1 Abgrenzung

- 0.1.1 Dieses Merkblatt gilt für alle Gebäude, für welche die Graue Energie berechnet werden soll.
- 0.1.2 Die Berechnung der Grauen Energie kann für Neubauten und Umbauten von ganzen Gebäuden und von Gebäudeteilen sowie für einzelne Bauteile erfolgen.
- 0.1.3 Die Graue Energie eines Gebäudes umfasst den ganzen Lebensweg, d.h. die Erstellung, allfällige Ersatzinvestitionen und die Entsorgung.
- 0.1.4 Parallel zur Grauen Energie werden auch die Grauen Treibhausgasemissionen erfasst.
- 0.1.5 Die Graue Energie eines Gebäudes soll immer zusammen mit der Betriebsenergie betrachtet werden. Das gilt analog auch für die bei Betrieb und Unterhalt entstehenden Treibhausgasemissionen.

0.2 Normative Verweisungen

Dieses Merkblatt nimmt Bezug auf die nachfolgend aufgeführten Publikationen, die im Sinne der Verweisungen ganz oder teilweise mitgelten.

SIA 112, Leistungsmodell

SIA 416/1, Kennzahlen für die Gebäudetechnik

Ökobilanzdaten im Baubereich 2009/1, KBOB/eco-bau/IPB

0.3 Hinweise zur Anwendung

- 0.3.1 Die Dokumentation SIA D 0216 *SIA Effizienzpfad Energie* (Ausgabe 2006) [1] bezieht erstmals die Graue Energie in die Betrachtung der energetischen Qualität eines Gebäudes mit ein. Die Berechnung der Grauen Energie gemäss dem vorliegenden Merkblatt erlaubt den Vergleich eines Projektwerts mit den in SIA D 0216 enthaltenen Zielwerten. Diese werden im Rahmen der laufenden Revision des SIA Effizienzpfads überprüft.
- 0.3.2 In der Empfehlung SIA 112/1 *Nachhaltiges Bauen – Hochbau* [11] wird die Graue Energie unter Kriterium 3.1.2 betrachtet. Das vorliegende Merkblatt kann für entsprechende Optimierungen verwendet werden.
- 0.3.3 Noch fehlen Erfahrungen mit Berechnungen der Grauen Energie auf Grund dieses Merkblattes. Daher wird auf Planungshinweise vorläufig verzichtet. Sie werden ersetzt durch eine Auflistung der Fragestellungen, die am konkreten Projekt mit Hilfe dieses Merkblattes geklärt werden können:
 - Optimierung der Gebäudeform: Einfluss der Ausnützungsziffer auf die Kompaktheit, Einfluss der Kompaktheit auf Graue Energie und Betriebsenergie?
 - Umbau oder Ersatzneubau: unter Berücksichtigung der Betriebsenergie, des Komforts, der Nutzungsflexibilität und der Wirtschaftlichkeit?
 - Mehraufwand von Unterterrainbauten, z.B. für Parkgaragen, die nicht unter Gebäuden angeordnet sind?
 - Einfluss der Bauweise: Massiv-, Leicht- oder Mischbau?
 - Tragwerkoptimierung: Einfluss grosser Spannweiten und von auskragenden Bauteilen, Einfluss von Betonzusammensetzung und Bewehrungsanteil?
 - Materialisierung der Gebäudehülle: mehrschichtige gegenüber leichten Konstruktionen, Fensteranteil?
 - Fensterplanung: Rahmenmaterial, Verglasungstyp, Gasfüllung?
 - Optimierung der Gebäudetechnik unter Berücksichtigung der Betriebsenergie: Wahl des Energieträgers und des Heizungssystems, Lüftungskonzept?
- 0.3.4 Wichtige Weichenstellungen für die Graue Energie eines Gebäudes erfolgen in den frühen Planungsphasen (Vorstudien und Vorprojekt). Das Kriterium «Graue Energie» muss daher vom Beginn der Planung an miteinbezogen werden. Die Graue Energie muss insbesondere bei der Beurteilung von Wettbewerbsprojekten mitberücksichtigt werden.

1 VERSTÄNDIGUNG

1.1 Definitionen

1.1.1 Gebäude

- 1.1.1.1 Gebäude
Bâtiment Bauwerk, bestehend aus der Gebäudehülle, den Innenbauteilen und der für die Nutzung des Gebäudes erforderlichen gebäudetechnischen Anlagen (für Raumheizung, Wassererwärmung, Lüftung/Klimatisierung, diverse Gebäudetechnik und Betriebseinrichtungen). Dieser Begriff kann für das ganze Bauwerk verwendet werden oder für einen Teil davon, der für eine separate Nutzung vorgesehen oder umgebaut worden ist.
- 1.1.1.2 Bilanzperimeter
Périmètre de bilan Perimeter, welcher das Gebäude (oder die Gebäudeteile, für welche die Berechnung der Grauen Energie durchgeführt werden soll) inkl. der dazugehörigen Aussenanlagen vollständig umschliesst. Er definiert insbesondere die Abgrenzung gegen benachbarte Gebäude oder gegen Gebäudeteile, welche nicht in die Berechnung einbezogen werden sollen. (SIA 416/1)
- 1.1.1.3 Erstellung
Construction Errichten eines Gebäudes mit allen dazu notwendigen Tätigkeiten von der Planung bis zur Inbetriebnahme (SIA 112, Phasen 1 bis 5).
- 1.1.1.4 Betrieb
Exploitation Technische Betreuung eines Gebäudes, insbesondere seiner technischen Anlagen.
- 1.1.1.5 Unterhalt
Entretien Bewahren oder Wiederherstellen eines Gebäudes ohne wesentliche Änderung der Anforderungen.
- 1.1.1.6 Ersatzinvestitionen
Investissements de remplacement Investitionen, welche während der Betrachtungsperiode notwendig werden, weil die Nutzungsdauer von Bauteilen abgelaufen ist. Vgl. SIA 480, Ziffer 3.4.3 [12].
- 1.1.1.7 Rückbau
Déconstruction Geordneter Abbruch oder Demontage von Gebäuden oder Gebäudeteilen mit entsorgungsgerechter Trennung der Bauteile und der Baustoffe auf der Baustelle.
- 1.1.1.8 Entsorgung
Élimination Die Entsorgung von Gebäuden oder Gebäudeteilen umfasst den Rückbau des Gebäudes bzw. der Gebäudeteile und die Entsorgung der Bauteile und Baustoffe, d.h. die Trennung und Aufbereitung von Bauteilen und Baustoffen zu stofflich wieder verwertbaren, verbrennbaren oder deponiefähigen Baustoffen oder Baustoffgemischen (Fraktionen) inklusive der Verbrennungs- und Ablagerungsprozesse. Die Rezyklierung ist nicht Teil der Entsorgung.
- 1.1.1.9 Rezyklierung
Recyclage Stoffliche Verwertung von Bauabfällen oder Abfällen aus dem Endverbrauchersektor sowie von Rückständen aus Verbrennungsanlagen, soweit sie für die vorgesehene Anwendung zugelassen sind.
- 1.1.1.10 Baustoff
Matériau Für das Bauen bestimmter Stoff, dessen Abmessungen für das daraus herzustellende Objekt (Bauhalbezeug, Bauteil, Bauwerksteil, Bauwerk) nicht massgebend sind. Anmerkung: Baustoffe sind somit Zement, Sand, Kies, Wasser (auch gemischt als Frischbeton), Eisenbarren, nicht zugeschnittenes Holz und dgl.
- 1.1.1.11 Bauteil
Élément de construction System von Baustoffen, die zu einer Funktionseinheit zusammengefügt sind. (SIA 493:1997, Ziffer 1.1 [5])
- 1.1.1.12 Aushubvolumen
Volume excavé Volumen des für die Baugrube auszuhebenden Erdreichs.
- 1.1.1.13 Bauteilfläche
Surface des éléments de construction Fläche der Bauteile gemäss SIA 416/1 bzw. Baukostenplan Hochbau [7].

1.1.1.14	Fensterfläche <i>Surface des fenêtres</i> A_w m^2	Als Fensterfläche gilt das lichte Mass der Wand- bzw. Dachöffnung. (SIA 416/1) Bei Vorhangfassaden ist das lichte Mass und damit die Fensterfläche nicht definiert. Daher wird die entsprechende Grösse nicht verwendet. (SIA 416/1).	
1.1.1.15	Nutzungsdauer <i>Durée d'utilisation</i> q (Jahre)	Effektiv zu erwartende Periode zwischen der Inbetriebnahme und dem Ersatz eines Bau- oder Anlageteils. Die Nutzungsdauer ist begrenzt durch die technische Lebensdauer oder durch einen allfälligen Ersatz auf Grund veränderter Bedürfnisse (Komfort, Ästhetik, neue Nutzung usw.) oder verbesserter Ausführungen (grössere Leistungsfähigkeit, bessere Energiebilanz usw.). Vgl. SIA 480, Ziffer 3.3.	
1.1.1.16	Amortisationszeit <i>Durée d'amortissement</i>	Zeitdauer, über welche die Graue Energie für Herstellung und Entsorgung abgeschrieben wird. Ausser bei der Baugrube und der Tragkonstruktion (Elementgruppen B und C) entspricht die Amortisationszeit der Nutzungsdauer. Für die Baugrube und die Tragkonstruktion wird die Amortisationszeit niedriger angesetzt als es der Nutzungsdauer entsprechen würde, damit kommende Generationen nicht mit den Abschreibungen für die heutigen Investitionen in Graue Energie belastet werden.	
1.1.1.17	Technische Lebensdauer <i>Durée de vie technique</i>	Zu erwartende Periode zwischen der Inbetriebnahme eines Bau- oder Anlageteils und dessen Ersatz auf Grund abnehmender Gebrauchstauglichkeit oder zunehmender Kosten für den Unterhalt und den Ersatz einzelner Bestandteile. (SIA 480, Anhang B)	
1.1.2	Energie		
1.1.2.1	Energieträger <i>Agent énergétique</i>	Substanz oder Erscheinung, die eingesetzt werden kann, um mechanische Arbeit oder Wärme zu erzeugen oder physikalische oder chemische Prozesse auszulösen. Der Energiegehalt von Brennstoffen ist durch ihren Brennwert gegeben. Energieträger sind Elektrizität, Holz, Kohle, Heizöl, Erd- oder Flüssiggas, Biogas, Fernwärme, Umgebungswärme, Sonnen- oder Windenergie und Geothermie. (SIA 2031 [13])	
1.1.2.2	Brennwert <i>Pouvoir calorifique supérieur</i> (GCV, Gross Calorific Value)	Durch die vollständige Verbrennung der Einheitsmenge eines Brennstoffes unter einem Druck von 101'320 Pa bei anschliessender Abkühlung der Verbrennungsgase auf Umgebungstemperatur erzeugte Wärmemenge. Diese Grösse beinhaltet die latente Kondensationswärme des im Brennstoff enthaltenen Wasserdampfes und des durch die Verbrennung des im Brennstoff enthaltenen Wasserstoffs erzeugten Dampfes. (SIA 2031)	
1.1.2.3	Endenergie <i>Énergie finale</i> E_f MJ	Energie, die dem Verbraucher zur Umsetzung zur Verfügung steht. Dazu zählt die Energie, die von der letzten Stufe des Handels (inkl. Nachbarliche Netze) geliefert wird und die am Standort gewonnene und benutzte Energie. (SIA 2031)	
1.1.2.4	Primärenergie <i>Énergie primaire</i> E_P MJ	Form der Rohenergie, die noch keiner technischen Umsetzung oder Umwandlung und keinem Transport unterworfen worden ist, z.B. Rohöl, Erdgas, Uran oder Kohle in der Erde, Holz im Stand, Solarstrahlung, potenzielle Energie des Wassers, kinetische Energie des Windes. (SIA 2031)	
1.1.2.5	Nicht erneuerbare Primärenergie <i>Énergie primaire non renouvelable</i> $E_{P,nren}$ MJ	Primärenergie, die aus einer Quelle gewonnen wird, die durch Nutzung erschöpft wird, z.B. Uran, Rohöl, Kohle. (SIA 2031)	
1.1.2.6	Erneuerbare Primärenergie <i>Énergie primaire renouvelable</i> $E_{P,ren}$ MJ	Primärenergie, die aus einer Quelle gewonnen wird, die durch Nutzung nicht erschöpft wird, z.B. die (thermische und photovoltaische) Sonnenenergie, Windenergie, hydraulische Energie und Biomasse. (SIA 2031)	

1.1.2.7 Eigenproduktion erneuerbarer Energie
Énergie renouvelable produite sur site
 Energieproduktion am Gebäudestandort aus erneuerbaren Energien (mit Sonnenkollektoren, Sonnenzellen, Erdsonden usw.). Die passive Nutzung der Sonnenenergie gilt nicht als Eigenenergieproduktion. (SIA 2031)



1.1.2.8 Graue Energie
Énergie grise
 Gesamte Menge nicht erneuerbarer Primärenergie, die für alle vorgelagerten Prozesse, vom Rohstoffabbau über Herstellungs- und Verarbeitungsprozesse und für die Entsorgung, inkl. der dazu notwendigen Transporte und Hilfsmittel, erforderlich ist. Sie wird auch als kumulierter, nicht erneuerbarer Energieaufwand bezeichnet.



1.1.3 Graue Treibhausgasemissionen

1.1.3.1 Graue Treibhausgasemission
Émission de gaz à effet de serre
 M_{CO_2}
 kg, t
 Kumulierte Menge der Treibhausgase (CO₂, Methan, Stickoxid und weitere klimawirksame Gase), die bei allen vorgelagerten Prozessen, vom Rohstoffabbau über Herstellungs- und Verarbeitungsprozesse und bei der Entsorgung, inkl. der dazu notwendigen Transporte und Hilfsmittel, emittiert wird. Sie wird als äquivalente CO₂-Emissionsmenge ausgedrückt, die denselben Treibhauseffekt wie die Gesamtheit der Treibhausgasemissionen hat. Dabei wird die gleiche Sachbilanz berücksichtigt wie bei der Grauen Energie.

1.2 Bezeichnungen, Begriffe und Einheiten



Bezeichnung	Begriff	Einheit
A_E	Energiebezugsfläche	m ²
A_{GF}, A_{AGF}	Geschossfläche, Aussengeschosfläche	m ²
A_{KF}, A_{NF}, A_{HNF}	Konstruktionsfläche, Nutzfläche, Hauptnutzfläche	m ²
A_{th}	Gebäudehüllfläche	m ²
A_w	Fensterfläche	m ²
$E_{eb,c,co}, E_{eb,c,dp}, E_{eb,c,an}$	Graue Energie eines Bauteils für Herstellung, Entsorgung und pro Jahr	MJ
$\vartheta_{eb,c,co}, \vartheta_{eb,c,dp}, \vartheta_{eb,c,an}$	Graue Energie eines Bauteils pro Bezugsgrösse (für Herstellung, Entsorgung und pro Jahr)	MJ/m ²
$E_{eb,co}, E_{eb,rp}, E_{eb,dp}, E_{eb,an}$	Graue Energie eines Gebäudes (für Erstellung, Ersatzinvestitionen, Entsorgung und pro Jahr)	MJ
$\vartheta_{eb,co}, \vartheta_{eb,rp}, \vartheta_{eb,dp}, \vartheta_{eb,an}$	Graue Energie eines Gebäudes pro Geschossfläche (für Erstellung, Ersatzinvestitionen, Entsorgung und pro Jahr)	MJ/m ²
$E_{eb,m,co}, E_{eb,m,dp}$	Graue Energie eines Baustoffs für die Herstellung, bzw. Entsorgung	MJ
E_f	Endenergie	MJ
$E_P, E_{P,nren}, E_{P,ren}$	Primärenergie (gesamt, nicht erneuerbar, erneuerbar)	MJ
$M_{CO_2,c,co}, M_{CO_2,c,dp}, M_{CO_2,c,an}$	Graue Treibhausgasemission eines Bauteils (für Herstellung, Entsorgung und pro Jahr)	kg
$m_{CO_2,c,co}, m_{CO_2,c,dp}, m_{CO_2,c,an}$	Graue Treibhausgasemission eines Bauteils pro Bauteilfläche (für Herstellung, Entsorgung und pro Jahr)	kg/m ²
$M_{CO_2,co}, M_{CO_2,rp}, M_{CO_2,dp}, M_{CO_2,an}$	Graue Treibhausgasemission eines Gebäudes (für Erstellung, Ersatzinvestitionen, Entsorgung und pro Jahr)	kg
$m_{CO_2,co}, m_{CO_2,rp}, m_{CO_2,dp}, m_{CO_2,an}$	Graue Treibhausgasemission eines Gebäudes pro Geschossfläche (für Erstellung, Ersatzinvestitionen, Entsorgung und pro Jahr)	kg/m ²
$M_{CO_2,m,co}, M_{CO_2,m,dp}$	Graue Treibhausgasemission eines Baustoffs für Herstellung bzw. Entsorgung	kg
Q_h	Heizwärmebedarf	MJ

1.3 Indizes

Index	deutsch	englisch	französisch
<i>AGF</i>	Aussengeschoßfläche		surface externe de plancher (SEP)
<i>CO2</i>	Treibhausgase	greenhouse gases	gaz à effet de serre
<i>E</i>	Energie	energy	énergie
<i>GF</i>	Geschossfläche		surface du plancher (SP)
<i>HNF</i>	Hauptnutzfläche		surface utile principale (SUP)
<i>KF</i>	Konstruktionsfläche		surface de construction (SC)
<i>NF</i>	Nutzfläche		surface utile (SU)
<i>P</i>	Primär(energie)	primary	primaire
<i>an</i>	jährlich	annual	annuel
<i>c</i>	Bauteil	component	élément de construction
<i>co</i>	Erstellung	construction	construction
<i>dp</i>	Entsorgung	disposal	élimination
<i>eb</i>	Graue (Energie)	embodied	(énergie) grise
<i>f</i>	End(energie)	final	final
<i>m</i>	Baustoff	material	matériau
<i>nren</i>	nicht erneuerbar	non renewable	non renouvelable
<i>ren</i>	erneuerbar	renewable	renouvelable
<i>rp</i>	Ersatz	replacement	remplacement
<i>w</i>	Fenster	window	fenêtre

2 KONZEPT DER GRAUEN ENERGIE IM BAUWESEN

2.1 Graue Energie eines Baustoffs

- 2.1.1 Unter der Grauen Energie¹ versteht man den kumulierten Aufwand an nicht erneuerbarer Primärenergie zur Herstellung und Entsorgung eines Baustoffs. Sie wird mit standardisierten Methoden aus den Sachbilanzen für alle der Verwendung des Baustoffs vorgelagerten und nachgelagerten Prozesse, vom Rohstoffabbau über Transport-, Herstellungs- und Verarbeitungsprozesse sowie Entsorgung inkl. der dazu notwendigen Hilfsmittel, berechnet. Die Graue Energie eines Baustoffs ist abhängig vom Ort (Herkunft, Transport) und von der Zeit der Bereitstellung. Die Graue Energie für die Herstellung und für die Entsorgung eines Baustoffs wird separat ausgewiesen.
- 2.1.2 Die Graue Energie ist ein aussagekräftiges Mass für den Aufwand an nicht erneuerbaren energetischen Ressourcen für die Herstellung bzw. die Entsorgung eines Baustoffs. Da die energetischen die wichtigsten Rohstoffe sind² und mit der Nutzung der herkömmlichen Energieträger ein grosser Teil der Umweltbelastung verbunden ist, stellt die Graue Energie auch eine wichtige ökologische Bewertungsgrösse dar. Für eine umfassende Beurteilung der Umweltbelastung müssen weitere Parameter hinzugezogen werden.
- 2.1.3 Die Graue Energie ist eine Zahl in einer Energieeinheit (MJ), bezogen auf eine physikalische Einheit (kg, m³ usw.).

2.2 Veranschaulichung

- 2.2.1 Jeder Baustoff benötigt Energie und Material zu seiner Bereitstellung. Für den auf dem Dach verlegten Ziegel wird beispielsweise Ton abgebaut, in der Ziegelei gemischt und geformt, danach gebrannt, kontrolliert abgekühlt, auf Paletten gestapelt und transportfähig verpackt. Danach wird der Dachziegel in ein Baustofflager transportiert oder direkt auf die Baustelle geliefert. Mit all diesen Prozessen sind Energieverbräuche verbunden, die man dem auf dem Dach verlegten Ziegel nicht ansieht. Das Erbringen von Transportdienstleistungen auf die Baustelle benötigt einen Lastwagen sowie (unter anderem) Diesel und Reifen für seinen Betrieb. Es ist offensichtlich, dass der Lastwagen Energie in Form von Diesel benötigt, um den Motor anzutreiben. Aber auch das Bereitstellen des Diesels, die Herstellung der Reifen und des Lastwagens benötigen Material und Energie, die zu berücksichtigen sind.
- 2.2.2 Die Graue Energie beinhaltet also alle Energieverbräuche von der Ressourcengewinnung (z.B. Abbau von Ton, Kalkstein, Eisenerz, Nickel oder Kupfer, Fördern von Rohöl, Erdgas oder Uran) über die Materialveredelung bis hin zur Verarbeitung der Materialien zu Baustoffen. Auch die Aufwendungen bei der Entsorgung von Produktionsabfällen und von Bauteilen nach Ablauf ihrer Nutzungsdauer werden bei der Ermittlung der Grauen Energie berücksichtigt.

2.3 Die Graue Energie eines Bauteils

- 2.3.1 Die Graue Energie für die Herstellung eines Bauteils ist gleich der Summe der Grauen Energie für die Herstellung aller Baustoffe, die für die Herstellung des Bauteils verwendet werden.
- 2.3.2 Die Graue Energie für die Entsorgung eines Bauteils ist gleich der Summe der Grauen Energie für die Entsorgung aller Baustoffe, die für die Herstellung des Bauteils verwendet wurden.
- 2.3.3 Die Graue Energie eines Bauteils pro Jahr ist gleich der Grauen Energie des Bauteils für Herstellung und Entsorgung geteilt durch die Amortisationszeit des Bauteils. Wenn ein Bauteil Bestandteile mit unterschiedlicher Amortisationszeit – z.B. Aussenwand (Konstruktion und Bekleidung) oder Bodenbelag (Unterkonstruktion und Fertigbelag) – aufweist, ist die Graue Energie pro Jahr gleich der Summe der Grauen Energie der einzelnen Bestandteile geteilt durch deren Amortisationszeit.

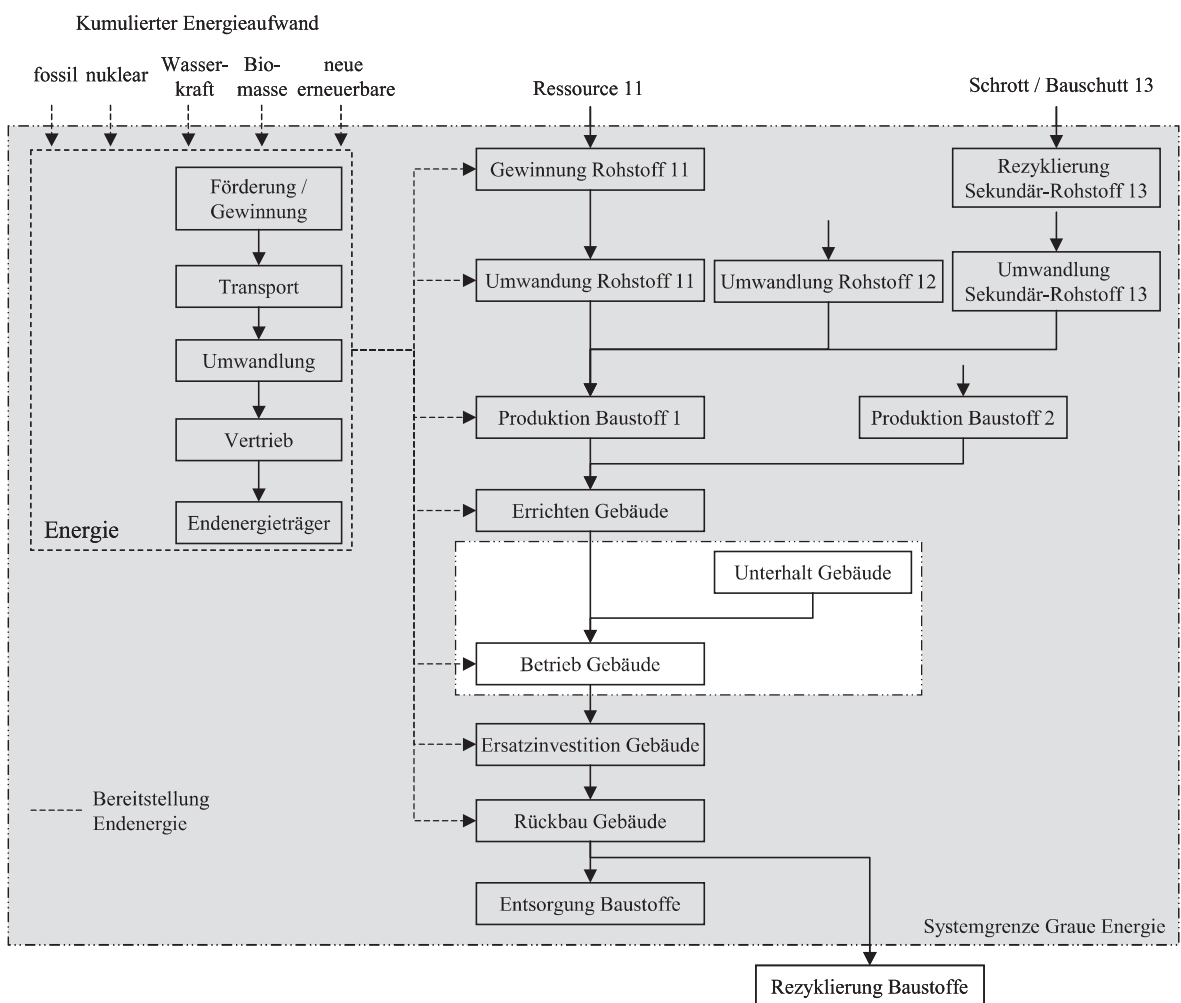
¹ Die «Graue Energie» wird in der Fachliteratur häufig auch «Kumulierter Energieaufwand» (KEA) oder «Primärenergieinput» (PEI) genannt, im englischen verwendet man «cumulative energy demand» (CED) oder «embodied energy».

² Ohne Energieträger lassen sich auch alle anderen Rohstoffe nicht mehr abbauen, aufbereiten und transportieren.

2.4 Die Graue Energie eines Gebäudes

- 2.4.1 Die Graue Energie für die Erstellung eines Gebäudes ist gleich der Summe der Grauen Energie für die Herstellung aller Bauteile, die für die Erstellung verwendet werden.
- 2.4.2 Die Graue Energie für allfällige Ersatzinvestitionen bei Ablauf der Nutzungszeit von Bauteilen ist gleich der Summe der Grauen Energie für die Entsorgung der bei der Ersatzinvestition rückzubauenden Bauteile und der Grauen Energie für die Herstellung der bei der Ersatzinvestition einzubauenden Bauteile.
- 2.4.3 Die Graue Energie für die Entsorgung eines Gebäudes ist gleich der Summe der Grauen Energie für die Entsorgung aller Bauteile des rückzubauenden Gebäudes.
- 2.4.4 Die Graue Energie eines Gebäudes pro Jahr ist gleich der Summe der Grauen Energie pro Jahr aller Bauteile des Gebäudes. Sie berücksichtigt den kumulierten Energieaufwand für die Erstellung und die Entsorgung des Gebäudes inklusive dem kumulierten Energieaufwand für allfällige Ersatzinvestitionen. Nicht zur Grauen Energie gehören die Betriebsenergie und die Energie für den Unterhalt des Gebäudes. Das ist in Figur 1 illustriert.

Figur 1 Energie im Lebenszyklus eines Gebäudes



- 2.4.5 Das Konzept der Grauen Energie ist Bestandteil eines «Lebenswegansatzes». Zusammen mit der Betriebsenergie (inkl. Energie für den Unterhalt des Gebäudes) umfasst sie den gesamten Energieeinsatz im Lebenszyklus eines Gebäudes. Heute werden Lebenswegansätze unter verschiedensten Gesichtspunkten angewendet. Im Gebäudebereich sind Betrachtungen der Lebenswegkosten (englisch «life cycle costing» oder «total costs of ownership») verbreitet. Hierbei werden nicht bloss die Erstellungskosten eines Gebäudes ausgewiesen, sondern auch die Betriebs- und prognostizierten Erneuerungs- und Entsorgungskosten quantifiziert und bei einer Investitionsentscheidung miteinbezogen. Dieser Ansatz wird in SIA 480 [12] detailliert beschrieben.

- 2.4.6 Bei einer energetischen Optimierung eines Gebäudes soll im Sinne des Lebenswegansatzes immer die Summe aus Grauer Energie und Betriebsenergie betrachtet werden. Eine separate Optimierung der Grauen Energie oder der Betriebsenergie kann zu insgesamt suboptimalen Resultaten führen.


2.5 Bestimmung der Grauen Energie

Die Bestimmung der Grauen Energie wird im Wesentlichen von zwei Faktoren beeinflusst. Einerseits muss geklärt werden, welche Prozesse wie in die Sachbilanz miteinbezogen werden. Andererseits muss definiert werden, wie die verschiedenen Primärenergie-Ressourcen zur Grauen Energie aggregiert werden. Die in diesem Merkblatt bzw. in den verwendeten Datengrundlagen angewendeten Grundsätze für die Sachbilanz und die Bewertung der Energieträger sind in den Anhängen A bzw. B dargestellt.

2.6 Graue Treibhausgasemissionen

Die Herstellung eines Baustoffs und dessen Entsorgung hat auch Emissionen von Treibhausgasen zur Folge. Zu den Treibhausgasen zählen neben dem Kohlendioxid (CO₂) auch Methan, Stickoxid und weitere klimawirksame Gase. Die Treibhausgasemissionen werden als äquivalente CO₂-Emissionsmenge ausgedrückt, welche denselben Treibhauseffekt hat wie die Gesamtheit der Treibhausgasemissionen. Parallel zur Kumulation des Energieaufwands können auch die kumulierten Treibhausgasemissionen berechnet werden. Dabei wird die gleiche Sachbilanz berücksichtigt wie bei der Grauen Energie. In diesem Merkblatt werden die Grauen Treibhausgasemissionen als zweite Kenngrösse verwendet.

2.7 Datengrundlagen

- 2.7.1 Im Rahmen des Projekts *ecoinvent*, einer gemeinsamen Initiative des ETH-Bereichs und schweizerischer Bundesämter, wurden etappenweise harmonisierte Daten in einem einheitlichen Format publiziert [2]. Das Projekt umfasst Energieträger, Energieproduktionstechnologien, Werkstoffe, Produkte und Dienstleistungen aus allen Wirtschaftsbereichen. Diese Daten sind Grundlage für die Bestimmung der Sachbilanz und des kumulierten Energieaufwands und der kumulierten Treibhausgasemissionen im vorliegenden Merkblatt.
-  2.7.2 Für die Baustoffe hat die EMPA die *ecoinvent*-Daten im Auftrag von KBOB (Koordinationskonferenz der Bau- und Liegenschaftsorgane der öffentlichen Bauherren), *eco-bau* (Nachhaltigkeit im öffentlichen Bau) und IPB (Interessengemeinschaft privater professioneller Bauherren) aufbereitet und als *Ökobilanzdaten im Baubereich 2009/1* [3] publiziert. Die Ökobilanzdaten bilden die Datengrundlage für alle Berechnungen nach dem vorliegenden Merkblatt.
- 2.7.3 Der webbasierte Bauteilkatalog [4] erlaubt die Berechnung der Grauen Energie von Bauteilen, wobei einzelne Materialien und Schichtdicken dynamisch verändert werden können. Angegeben werden die Werte für die Herstellung und für die Entsorgung sowie ein Totalwert pro Jahr. Er verwendet die *Ökobilanzdaten im Baubereich 2009/1* [3] und die Amortisationszeiten gemäss Anhang C.
- 2.7.4 Die vorgegebenen Werte in der Berechnungstabelle von Anhang D wurden aus dem Bauteilkatalog abgeleitet.
- 2.7.5 Produktspezifische Werte können verwendet werden, wenn sie nachweislich der Sachbilanz und der Bewertung der Energieträger gemäss Anhängen A und B entsprechen.
- 2.7.6 Der *Deklarationsraster ökologischer Merkmale von Bauprodukten SIA 493* [5, 6] enthält zum Teil produktspezifische Werte für die Graue Energie. Diese sind nicht systematisch von unabhängiger Seite überprüft und entsprechen damit nicht unbedingt den in diesem Merkblatt verwendeten Sachbilanzen und Bewertungen der Energieträger. Sie können daher nur bedingt verwendet werden.

3 BERECHNUNGSMETHODE

3.1 Allgemeines

3.1.1 Neubau und Umbau

- 3.1.1.1 Bei einem Neubau wird die Graue Energie für die während der Erstellung über den Bilanzperimeter zugeführten Baustoffe berechnet.³
- 3.1.1.2 Bei einem Umbau wird die Graue Energie nur für die während dem Umbau zugeführten Bauteile berechnet.

3.1.2 Bilanzperimeter

- 3.1.2.1 Der Bilanzperimeter umfasst das gesamte Gebäude (oder die Gebäudeteile, für welche die Berechnung der Grauen Energie durchgeführt werden soll) inklusive der dazugehörigen Aussenanlagen. Er definiert insbesondere die Abgrenzung gegen benachbarte Gebäude oder gegen Gebäudeteile, welche nicht in die Berechnung einbezogen werden sollen.⁴ Es wird der gleiche Bilanzperimeter wie für die Berechnung der Betriebsenergie verwendet.
- 3.1.2.2 Bei Berechnungen von Gebäudeteilen oder zur Abgrenzung gegen benachbarte Gebäude werden die Bauteile gemäss SIA 416/1 am Bilanzperimeter auf Grund der Mittelachsen der Gebäudehülle und oberkant Geschossdecken aufgeteilt. Beim Boden gegen Erdreich und bei einer auskragenden Geschossdecke wird die Konstruktionsdicke dem entsprechenden Bauteil des darüber liegenden Raumes zugeteilt.

3.1.3 Amortisationszeit

- 3.1.3.1 Bei der Berechnung der Grauen Energie pro Jahr wird die Graue Energie für Herstellung und Entsorgung über eine bestimmte Amortisationszeit abgeschrieben. Damit wird berücksichtigt, dass nicht alle Bauteile die gleiche Nutzungsdauer aufweisen und daher während der Nutzungsdauer eines Gebäudes bestimmte Bauteile ausgewechselt werden müssen (Ersatzinvestitionen). Ausser bei der Baugrube und der Tragkonstruktion (Hauptgruppen B und C) entspricht die Amortisationszeit der Nutzungsdauer. Für die Baugrube und die Tragkonstruktion wird die Amortisationszeit niedriger angesetzt als es der Nutzungsdauer entsprechen würde, damit kommende Generationen nicht mit den Abschreibungen für die heutigen Investitionen in Graue Energie belastet werden.
- 3.1.3.2 Wenn die berechneten Werte der Grauen Energie mit Richt- oder Grenzwerten verglichen werden sollen, sind für die Amortisationszeit von Bauteilen und deren Schichten die Werte gemäss Anhang C zu verwenden. Für Optimierungen und andere spezielle Untersuchungen können differenzierte Werte für die Amortisationszeit verwendet werden, welche z.B. die verwendeten Materialien und die angewendete Bauweise berücksichtigen.
- 3.1.3.3 Bei Provisorien und andern Gebäuden mit beschränkter Nutzungsdauer ist für die Amortisationszeit der Bauteile maximal die Nutzungsdauer des Gebäudes einzusetzen.

3.1.4 Bezugsgrösse

- 3.1.4.1 Bezugsgrösse für die Graue Energie E_{eb} eines ganzen Gebäudes ist die Geschossfläche A_{GF} des Gebäudes gemäss SIA 416/1.
- 3.1.4.2 Für spezielle Betrachtungen können zusätzlich auch andere Bezugsflächen (z.B. die Energiebezugsfläche A_E , die Hauptnutzfläche A_{HNF} oder die um die Aussengeschossfläche erweiterte Geschossfläche A_{GF+AGF}) oder Bezugsgrössen, welche sich auf die Nutzung beziehen (z.B. Anzahl Arbeitsplätze für Verwaltungsgebäude, Anzahl Betten für Spitäler und für Hotels), verwendet werden.
- 3.1.4.3 Für die Parkierung (Parkgeschosse, Parkgaragen und Parkhäuser) kann die Anzahl Parkplätze als Bezugsgrösse verwendet werden. Bei der Berechnung der Grauen Energie sind die der Parkierung zugeordneten Bauteile in geeigneter Weise vom Rest des Gebäudes abzugrenzen.

³ Die Graue Energie für den Rückbau und die Entsorgung ist in der Grauen Energie der Bauteile enthalten. Die Graue Energie für die Ersatzinvestitionen ist durch die Amortisationszeit bei der Berechnung der Grauen Energie pro Jahr berücksichtigt.

⁴ Anlagen zur Gewinnung erneuerbarer Energien am Gebäudestandort liegen ebenfalls innerhalb des Bilanzperimeters. Ihre Graue Energie ist Teil der Grauen Energie des Gebäudes.



3.1.5 Gebäudestruktur

Als Struktur für das Berechnungsverfahren wird der Baukostenplan Hochbau [7] verwendet.

3.2 Vereinfachungen und Vernachlässigungen

3.2.1 Transporte auf die Baustelle

3.2.1.1 Die Materialtransporte des Unternehmers vom Lager zur Baustelle hängen sehr ausgeprägt von der spezifischen Baustellensituation und von der Vergabepraxis der Bauherrschaft ab. Der Aufwand und die Distanz sind oft erst kurz vor oder meistens erst während der Ausführungsphase bekannt.⁵

3.2.1.2 Die Transporte auf die Baustelle können für die Berechnungen gemäss diesem Merkblatt in der Regel vernachlässigt werden. Für speziell energieintensive Baustellentransporte (z.B. Helikoptertransporte, Transporte mit sehr geringen Auslastungen usw.) sollen sie berücksichtigt werden.

3.2.2 Baustellenbetrieb

Die Energie für die Transporte auf der Baustelle, den Gebrauch von Maschinen, die Beleuchtung, das Heizen, das Austrocknen von Räumen und das Auspumpen von Baugruben, kann für die Berechnungen gemäss diesem Merkblatt ebenfalls vernachlässigt werden.

3.2.3 Gebäudestruktur

3.2.3.1 Es werden die folgenden Elementgruppen gemäss Baukostenplan Hochbau (2009) berücksichtigt.



Elementgruppe	Bemerkungen	
B 6.2	Aushub, nicht kontaminiert	
C 1	Fundament	
C 2.1 (A)	Aussenwandkonstruktion (unter Terrain)	
C 2.1 (B)	Aussenwandkonstruktion (über Terrain)	
C 2.2	Innenwandkonstruktion	inkl. G 1.3 und G 1.4 (vgl. Ziffer 3.2.5.3)
C 3	Stützenkonstruktion	
C 4.1	Decke	inkl. C 4.2 (vgl. Ziffer 3.2.5.2)
C 4.3	Balkon	
C 4.4	Dachkonstruktion	
D 1	Elektroanlage	
D 5	Wärmeanlage	
D 7	Lufttechnische Anlage	
D 8	Wasseranlage	ohne D 8.5 bis D 8.7
E 1	Äussere Wandbekleidung unter Terrain	
E 2	Äussere Wandbekleidung über Terrain	
E 3	Einbauten zu Aussenwand (Fenster, Türen, Tore)	ohne E 3.3 und E 3.4
F 1	Dachhaut	
F 2	Einbauten zu Dach	ohne F 2.2
G 1	Trennwand	inkl. G 1.3 und G 1.4 (vgl. Ziffer 3.2.5.3)
G 2	Bodenbelag	
G 3	Wandbekleidung, Stützenbekleidung	
G 4	Deckenbekleidung, Dachbekleidung	innen

⁵ Grobe Abschätzungen ergeben einen Anteil von 2% bis 8% der Grauen Energie für Transporte zur Baustelle.

- 3.2.3.2 Die folgenden Elementgruppen werden für die Berechnungen gemäss diesem Merkblatt im Allgemeinen vernachlässigt.



Elementgruppe	
A	Grundstück
B	Vorbereitung, mit Ausnahme von B 6.2
C 5	Ergänzende Leistungen zur Konstruktion
D 2	Automations-, Leit-, Kommunikationssystem
D 3	Sicherheitssystem
D 4	Brandschutz
D 6	Kälteanlage
D 9	Transportanlage
G 5	Einbauten, Schutzeinrichtung zu Ausbau
G 6	Ergänzende Leistungen zu Ausbau
H	Nutzungsspezifische Anlage Gebäude
I	Umgebung Gebäude
J	Ausstattung Gebäude
V	Planungskosten
W	Nebenkosten
Y	Reserve, Teuerung
Z	Mehrwertsteuer

Je nach Gebäude- und Nutzungstyp können diese Elemente allerdings wesentlich zur Grauen Energie eines Gebäudes beitragen. Das ist z.B. bei Baustelleninstallationen mit Grundwasserhaltung oder bei den Umgebungsarbeiten der Fall, wenn grosse Stützmauern realisiert werden. In solchen Fällen sollen auch diese Elementgruppen in die Berechnung einbezogen werden.

- 3.2.3.3 Bauliche Aufwendungen für die technischen Installationen (z.B. Tankraum, Steigschächte für Lüftungskanäle, Technikräume für Klimaanlage) werden bei den Hauptgruppen C bzw. E und F mitberechnet. Das ist beim Vergleich von Varianten für die technischen Installationen zu berücksichtigen.

3.2.4 Baustellenabfälle und Verpackungen

Es werden die fertig eingebauten Mengen und Massen verwendet. Verarbeitungsabfälle sind nur bei den Lüftungstechnischen Anlagen berücksichtigt. Verpackungen können für Berechnungen gemäss diesem Merkblatt vernachlässigt werden. Die Graue Energie von Schalungen wird bei den Beton-Bauelementen entsprechend ihrer durchschnittlichen Anzahl Nutzungen berücksichtigt.

3.2.5 Berechnungen

- 3.2.5.1 Aussenwände werden mit Aussenabmessungen berechnet (vgl. SIA 416/1, Ziffer 2.2.2).
- 3.2.5.2 Decken werden ohne Abzüge für Schächte oder Treppen durchgerechnet, Treppen werden nicht berechnet.
- 3.2.5.3 Innenwände werden mit Innenabmessungen und ohne Abzüge für Türen, Leitungs- oder Kanaldurchbrüche durchgerechnet. Türen und Türzargen werden nicht berechnet.
- 3.2.5.4 Boden- und Deckenbekleidungen werden ohne Abzug der Konstruktionsflächen durchgerechnet.
- 3.2.5.5 Kleine Bauteile, wie Aussentreppen ins UG, Lichtschächte und Notausstiege, können vernachlässigt werden.
- 3.2.5.6 Lineare Elemente am Rande von Bauteilen, wie Dachrinnen, Fensterzargen usw., werden für Berechnungen im Rahmen dieses Merkblatts vernachlässigt.

3.3 Berechnungsverfahren

3.3.1 Die Genauigkeit und der Detaillierungsgrad der Berechnung richten sich nach der Planungsphase gemäss SIA 112 und nach dem Zweck der Berechnung.



3.3.2 Beim Vergleich von verschiedenen Projekten für das gleiche Bauvorhaben, z.B. in einem Architekturwettbewerb, kann auch das Verfahren nach der Dokumentation SIA D 0200 SNARC [8] für die Beurteilung des Ressourcenaufwands für die Erstellung verwendet werden. Die Systemgrenzen und Datengrundlagen dieser Publikation unterscheiden sich allerdings wesentlich von denjenigen im vorliegenden Merkblatt.

3.3.3 Damit die Berechnungen in den verschiedenen Phasen durchgängig vergleichbar sind, werden in allen Phasen die gleichen Elemente der Gebäudestruktur berücksichtigt. Die Graue Energie eines Bauteils und die Grauen Treibhausgasemissionen werden berechnet, indem dessen Masse (Fläche oder Volumen) mit den entsprechenden Werten der Grauen Energie bzw. der Grauen Treibhausgasemissionen pro Flächen- und Volumeneinheit multipliziert wird.



3.3.4 In Anhang D ist eine Berechnungstabelle zur Anwendung in der Phase *Vorstudien/Vorprojekt* enthalten. In dieser Phase werden bei den Aussenwänden, bei den Decken und beim Dach die Konstruktionen und ihre Bekleidungen zu einem Element zusammengefasst. Für die Innenwände (tragend und nicht tragend, inkl. Bekleidungen) wird ein Pauschalwert pro Geschossfläche verwendet. Für einige Elemente sind fixe Werte pro Bezugsgrösse angegeben. Für andere Elemente werden vorgegebene Werte für eine beschränkte Auswahl von Ausführungsvarianten verwendet. Neben der Variantenwahl bei diesen Elementen findet in dieser Phase die Optimierung über die Bauteilmengen, d.h. über die Form des Gebäudes, statt. Bei einem Vergleich von Projektvarianten, z.B. bei einem Wettbewerb, kann es sinnvoll sein, nur die Elemente zu betrachten, welche in diesem Stadium wesentlich beeinflussbar sind.⁶



3.3.5 Wenn in der Phase *Bauprojekt* die Baukonstruktionen im Detail bekannt sind, können die einzusetzenden Werte dem webbasierten Bauteilkatalog [4] entnommen werden. Andere Kataloge können ebenfalls verwendet werden, wenn sie den Vorgaben dieses Merkblatts mit Bezug auf Sachbilanz und Bewertung (Ökobilanzdaten 2009 [3]) und den Bestimmungen dieses Kapitels entsprechen. In der Phase *Bauprojekt* findet die Optimierung über die Wahl der Konstruktionen statt.

3.4 Kenngrössen

3.4.1 Als Kenngrösse für die Graue Energie eines Gebäudes wird die Graue Energie pro Jahr verwendet. Sie berücksichtigt die Graue Energie für die Erstellung, die Ersatzinvestitionen und die Entsorgung. Sie kann direkt verglichen werden mit der Betriebsenergie. Als weitere Kenngrössen können verwendet werden:

- die Graue Energie für die Erstellung,
- die Graue Energie für die Entsorgung.

3.4.2 Die Kenngrössen werden in MJ/m² angegeben. Bezugsgrösse ist die Geschossfläche. Für zusätzliche Bezugsgrössen siehe 3.1.4.

3.4.3 Als weitere Kenngrössen können verwendet werden:

- die Grauen Treibhausgasemissionen pro Jahr,
- die Grauen Treibhausgasemissionen für die Erstellung,
- die Grauen Treibhausgasemissionen für die Entsorgung.

Sie werden in kg/m² angegeben.

⁶ Das Verfahren in der Vorprojektphase lehnt sich an die Kalkulation für Wettbewerbe an [10].

Anhang A (informativ)

Sachbilanz

A.1 Primärenergieträger und ihre Bereitstellung

- A.1.1 Die Herstellung von Baustoffen umfasst eine Vielzahl von Prozessen. Jeder dieser Abbau-, Veredelungs- und Fertigungsprozesse benötigt Endenergieträger, die selber wiederum bereit gestellt werden müssen. Wie für die Herstellung von Baustoffen wird auch für die Bereitstellung der Energieträger eine Vielzahl von Prozessschritten benötigt. Am Anfang der Energiebereitstellungskette steht der Input an Primärenergie-Ressourcen in Form von Erdgas, Rohöl, Rohsteinkohle und Rohbraunkohle (fossil), spaltbarem Uran (nuklear), potenzieller Energie in Stauseen und -wehren, Bäumen und Energiepflanzen (Biomasse) und in Form von kinetischer Energie, Solarstrahlung und Erdwärme (neue erneuerbare Energien). Für die Graue Energie wird nur die nicht erneuerbare Primärenergie berücksichtigt.
- A.1.2 Für jeden eingesetzten Endenergieträger wird auf der Basis der Energiebereitstellungs-Aufwendungen der pro MJ gelieferter Endenergie erforderliche kumulierte Energieaufwand bestimmt. Dabei werden die einzelnen, in kg (Rohöl, Kohle, Uran, Biomasse) beziehungsweise Normkubikmeter (Erdgas) quantifizierten Ressourcenbedarfe mit den in B.2 ausgewiesenen Energiefaktoren bewertet.
- A.1.3 Die kumulierten Treibhausgasemissionen werden mit der gleichen Sachbilanz berechnet wie der kumulierte Energieaufwand. Dabei müssen auch prozessspezifische Treibhausgasemissionen (z.B. bei der Zement- und Glasherstellung) berücksichtigt werden. Das in der Biomasse fixierte CO₂ wird nicht bilanziert. Treibhausgase haben dasselbe Treibhauspotenzial unabhängig vom Zeitpunkt, an welchem das Treibhausgas freigesetzt wurde.
- A.1.4 Die folgenden Ausführungen über die Sachbilanz sind auch gültig für umweltbezogene Lebensweganalysen oder mit anderen Worten für Ökobilanzen.

A.2 Systemumfang

Grundsätzlich werden alle zur Herstellung eines Baustoffs erforderlichen Prozesse von der Rohstoffgewinnung bis zur Entsorgung berücksichtigt. Um den Bilanzierungsaufwand in Grenzen zu halten, müssen Abschneideregeln definiert werden. Die für die Systemabgrenzung erforderlichen Abschneideregeln orientieren sich primär am Kriterium der Energie- und Umweltrelevanz. Die Einschätzung obliegt dem Bilanzierenden, der über die nötigen Sachkenntnisse bezüglich des zu bilanzierenden Prozesses bzw. Materials verfügt. Mit dieser Regel werden auch die bezüglich Grauer Energie relevanten Prozesse automatisch mit einbezogen.

A.3 Repräsentativität

Bei der Erarbeitung von Basisdaten wurde versucht, möglichst repräsentative Zahlen zu Baustoffen zu bestimmen. Die Repräsentativität bezieht sich auf die Schlüsseltechnologie in der Produktionskette und auf den Ort der Bereitstellung. Massgebend ist der Baustoffmarkt in der Schweiz. Die Graue Energie eines Baustoffes soll grundsätzlich aus dem Durchschnitt aller Produkte der entsprechenden Baustoffgruppe auf dem Schweizer Markt gebildet werden. Dabei können Importanteil und Herkunftsland eine grosse Rolle spielen. Oft fehlen jedoch Daten für die im Ausland produzierten Baustoffe. Die Tabelle A.1 gibt einen Überblick über die Annahmen betreffend Technologie und Herkunft, welche den Daten zu den bedeutenden Baustoffgruppen zu Grunde liegen. Durch detaillierte Analysen der in der Schweiz verwendeten Baustoffe bezüglich Technologie und Herkunft kann die Repräsentativität der verwendeten Daten in Zukunft noch verbessert werden.

Tabelle A.1 Repräsentativität der Basisdaten gemäss ecoinvent Datenbestand v2.1 [2]

Baustoffgruppe	Technologie	Bereitstellung	Datenursprung	Bemerkungen
Bewehrungsstahl	Durchschnitt Europa	ab Werk Europa	öff. Verwaltung, Verband	
Aluminium	Durchschnitt Europa	ab Werk Europa	Verband	
Baustahl	Durchschnitt Europa	ab Werk Europa	öff. Verwaltung, Verband	
Chromstahl	Durchschnitt Europa	ab Werk Europa	öff. Verwaltung, Verband	
Kupfer	Durchschnitt Welt	ab Lager Europa	diverse	
Zement	Durchschnitt CH	ab Werk CH	Verband	kein Import in CH berücksichtigt
Gips, Kalk	Durchschnitt CH	ab Werk CH	Unternehmen	kein Import in CH berücksichtigt
Zuschlag Beton	4 Kieswerke in CH	ab Werk CH	Verband	kein Import in CH berücksichtigt
Natursteine	Durchschnitt CH	ab Werk CH	Forschung	kein Import in CH berücksichtigt
Kalksandstein	Durchschnitt D	ab Werk D	Verband	
Backstein, Tonziegel	Durchschnitt D-A-CH	ab Werk Europa	Verband	
Kunststoffe	Durchschnitt Europa	ab Werk Europa	Verband	
Nadelholz	Durchschnitt CH	ab Werk CH	Forschung 1986-1996	kein Import in CH berücksichtigt
Laubholz	Durchschnitt D	ab Werk Europa	Forschung 1986-1996	
Holzwerkstoffe	diverse Technologien	ab Werk Europa	Forschung 1989-2002	
Bitumen	Durchschnittsraffinerie Europa	ab Raffinerie	Unternehmen	
Flachglas beschichtet	Durchschnitt Europa	ab Werk	öff. Verwaltung	
Fenster, Türen	Durchschnitt CH	ab Werk CH	Forschung	kein Import in CH berücksichtigt
Wärmedämmstoffe	Durchschnitt CH	ab Werk CH	Forschung	kein Import in CH berücksichtigt

A.4 Modellierung des Strommixes

A.4.1 Auch der Primärenergiebedarf von Elektrizität wird grundsätzlich in der gleichen Art und Weise bestimmt. Allerdings spielt hier das in der Schweiz sehr hohe Handelsvolumen eine wichtige Rolle. Der Stromimport und -export belaufen sich auf deutlich mehr als je 50% bezogen auf die Stromproduktion im Inland. Der Modellierung des Stromhandels kommt somit eine zentrale Rolle zu. In ecoinvent und demzufolge in den Ökobilanzdaten und in diesem Merkblatt wird zur Bestimmung des Versorgungsmixes der Schweiz die Summe der Inlandproduktion und der Importe aus den umliegenden Ländern berücksichtigt. Für die Importe werden die Produktionsmixe der betreffenden Länder eingesetzt.⁷



Tabelle A.2 Primärenergiefaktoren und Treibhausgaskoeffizienten der Strommixe

	Primärenergiefaktor gesamt –	Primärenergiefaktor nicht erneuerbar –	Treibhausgasemissions- Koeffizient kg/MJ
CH-Versorgungsmix	2,94	2,50	0,037
SBB-Mix	1,32	0,35	0,005

A.4.2 Nur ein Teil der in der Schweiz eingesetzten Baustoffe wird noch in der Schweiz hergestellt. Der Elektrizitätsbedarf dieser in der Schweiz stattfindenden Prozesse wird mit dem oben beschriebenen CH-Versorgungsmix abgebildet. Für Bahntransporte in der Schweiz wird der Produktionsmix der SBB verwendet. In der Tabelle A.2 sind die Primärenergiefaktoren und die Treibhausgasemissions-Koeffizienten der beiden Strommixe angegeben. Für präzise definierte Produktionsstandorte wird der jeweilige nationale Strommix verwendet (wie beim Schweizer Strommix unter Berücksichtigung der Importe). Bei Produktions-Schwerpunkten in Nord-, West- beziehungsweise Osteuropa wird der Strommix des jeweiligen Verbundnetzes (NORDEL, UCTE bzw.

⁷ Der CH-Versorgungsmix unterscheidet sich vom neueren CH-Verbrauchermix gemäss SIA 2031, Ziffer H.4.1. Eine Umstellung von ecoinvent auf den CH-Verbrauchermix ist wünschenswert.

CENTREL) und für ein undefiniertes europäisches oder globales Durchschnittsprodukt der UCTE-Mix eingesetzt.

A.4.3 Etliche Produktionswerke oder Firmen verfügen über ein eigenes Kraftwerk oder einen eigenen Kraftwerkspark und verwenden den dort erzeugten Strom für ihre Produktion. In solchen Fällen wird in der Bilanzierung nicht ein nationaler Durchschnittsmix, sondern der werkseigene Strommix verwendet. Ähnlich verhält es sich mit zertifiziertem Ökostrom. Bezieht ein Produktionswerk zur Herstellung seiner Produkte zertifizierten Ökostrom, so fließt dieser Ökostrommix in der Bilanz ein.⁸ Grundsätzlich wird also der Strommix basierend auf der realen vertraglichen beziehungsweise ökonomischen Situation modelliert.

A.5 Allokation bei Koppelprozessen

Etliche Prozesse erzeugen zwei oder mehrere Produkte gleichzeitig. Klassische Beispiele von sogenannten Koppelprozessen sind die Raffinerie (mit den Produkten Flüssiggas, Benzin, Diesel, Heizöl EL, Heizöl S, Bitumen, Petrolkoks usw.), holzverarbeitende Betriebe (mit den Produkten Schnittholz, Brettschichtholz, Tischlerplatten, Holzspänen und Sägemehl) oder auch die Gewinnung von Metallen in Mehrmetallminen. Grundsätzlich sind verschiedene Allokationsansätze anwendbar. Bei den Datengrundlagen [2] bzw. [3] wird in der Regel eine Allokation auf der Basis der erzielbaren Einkünfte (und damit der Produktpreise) vorgenommen. Bei Wärmekraftkopplungsanlagen wird die Exergie als Standard-Allokationskriterium verwendet. Die dadurch erfolgte Zuordnung der Aufwendungen und Emissionen auf Strom und Wärme entspricht aber in etwa derjenigen einer preisbasierten Allokation.

A.6 Allokation bei Rezyklierung

Grundsätzlich lassen sich alle Materialien rezyklieren. Die Rezyklierbarkeit eines Baustoffes ist deshalb kein spezifisches Merkmal. Dagegen lässt sich eindeutig ermitteln, in welchen Baustoffen heute Sekundärrohstoffe eingesetzt werden. Dadurch kann ein erhebliches Einsparpotenzial bezüglich Grauer Energie, aber auch bezüglich Umweltbelastung realisiert werden. Diesem Umstand wird Rechnung getragen, indem der Sekundärrohstoff lediglich mit den Aufwendungen des Einsammelns und Aufbereitens belastet ist und keine Aufwendungen seiner Erstnutzung auf das neue Produkt überträgt. Das Rezyklieren am Ende der Funktionsdauer eines Produktes führt dazu, dass dem Produkt keine Entsorgungsaufwendungen erwachsen und kein Depo-nievolumen beansprucht wird. Der Energieaufwand und die Emissionen des Rezyklierungsverfahrens werden dem Rezyklat belastet. Mit dieser Berechnungsmethode resultiert, dass der Einsatz von Sekundärrohstoffen gegenüber dem Verwenden von Primärrohstoffen in der Regel begünstigt wird. Die Tabelle A.3 gibt einen Überblick über die Rezyklatanteile in Baustoffen, die für die Berechnung der Daten in Anhang D verwendet wurden.

Tabelle A.3 Rezyklatanteile in Baustoffen gemäss [3]

Baustoff	Rezyklatanteil	Herkunft Rezyklat	Bemerkungen
Bewehrungsstahl	100%	Stahlmischschrott	Situation Schweiz
Aluminium	32%		Situation Europa
Stahlprofil	98%	Stahlmischschrott	Situation Schweiz
Stahlblech	37%	Stahlmischschrott	Situation Europa
Chromstahl	37%	Stahlmischschrott plus Chromstahlschrott	Situation Europa
Kupfer	44%		Situation weltweit
Kunststoffe	0%		Situation Europa

A.7 Investitionsgüter und Infrastruktur

Die Aufwendungen für Fabrikationsanlagen und Maschinen werden anteilmässig berücksichtigt. Die Material- und Herstellungsaufwendungen werden grob abgeschätzt und auf das zu erwartende Produktionsvolumen während der Lebensdauer der Anlagen und Maschinen umgelegt.

⁸ Es ist auch zulässig, innerhalb desselben Produktionsbetriebes den Ökostromanteil zu 100% den Produkten für das Versorgungsgebiet Schweiz zuzuordnen.

A.8 Transportdienstleistungen

A.8.1 Transporte zwischen den einzelnen Verarbeitungsstufen werden erfasst und in die Bilanz mit einbezogen. Zur Ermittlung des spezifischen Treibstoffbedarfs pro Tonnenkilometer eines Transportmittels wird eine mittlere, nach Transportgut differenzierte (Gewichts-)Auslastung zugrunde gelegt. Die Transportdienstleistungen werden immer beim Empfänger verbucht.



A.8.2 Die Ökobilanzdaten enthalten die Transporte bis zu einem allfälligen Regionallager, nicht aber die Transporte von dort auf die Baustelle. Diese werden für Berechnungen gemäss dem vorliegenden Merkblatt in der Regel nicht berücksichtigt. Bei speziellen Bedingungen (vgl. 3.2.1.2) kann eine Berechnung angebracht sein.

A.9 Planungsaufwendungen

Das Planen von Gebäuden ist ebenfalls mit Energie- und Materialbedarf verbunden. Aus Praktikabilitätsgründen (mangelnde Datenverfügbarkeit) werden diese bei der Ermittlung der Grauen Energie von Gebäuden nicht berücksichtigt.

A.10 Entsorgung

Der Energieaufwand für die Entsorgung ist Teil der Grauen Energie eines Baustoffes. Für die meisten Baustoffe sind verschiedene Entsorgungswege (Rezyklierung, Verbrennung und Deponie) mit unterschiedlichem Energieaufwand möglich. Die Berechnung der Entsorgung erfolgt nach dem Stand der Technik und den ökonomischen Randbedingungen von heute. Die Entsorgungswege am Ende der Nutzungsdauer sind vermutlich anders, können jedoch nicht vorweggenommen werden. Für die wichtigsten Baustoffe wurden die folgenden Entsorgungswege angenommen.

Tabelle A.4 Entsorgungswege von Baustoffen gemäss [3]

Baustoff	Anteile	Entsorgungsweg
Bewehrungsstahl	100%	Rezyklierung
Aluminium	100%	Rezyklierung
Baustahl	100%	Rezyklierung
Chromstahl	100%	Rezyklierung
Kupfer	100%	Rezyklierung
Beton	90% / 10%	Rezyklierung / Deponie
Gips, Kalk	7% / 93%	Rezyklierung / Deponie
Natursteine	76% / 24%	Rezyklierung / Deponie
Kalksandstein	82% / 18%	Rezyklierung / Deponie
Backstein	76% / 24%	Rezyklierung / Deponie
Kunststoffe	100%	Kehrichtverbrennung
Massivholz	50% / 50%	Kehrichtverbrennung / Rezyklierung
Holzwerkstoffe	50% / 50%	Kehrichtverbrennung / Rezyklierung
Bitumen	100%	Kehrichtverbrennung
Flachglas beschichtet	100%	Deponie

A.11 Thermische Verwertung

In der volkswirtschaftlichen Energiebilanz wird die Graue Energie von Konsumgütern dem Konsum belastet. Für eine thermische Verwertung der Abfälle wird dabei keine Gutschrift gemacht. Die thermische Verwertung von brennbaren Bauabfällen bildet die Schnittstelle von Erstnutzung und Zweitnutzung. Die Emissionen (CO₂) werden dem Baustoff zugeordnet, die resultierende Energie der Zweitnutzung.

Anhang B (informativ) Bewertung der Energieträger

B.1 Notwendigkeit der Bewertung

Bei der ökologischen Bewertung von Energieträgern sind Menge und Qualität die Schlüsselgrössen. Während sich die Fragen der Quantität durch Modellierung und Berechnung lösen lassen, sind die qualitativen Bewertungen von Energieträgern immer mit der Einschätzung von Verfügbarkeit und Umweltbelastung verbunden.

B.2 Prinzip der Bewertung

B.2.1 Für die Ermittlung der Grauen Energie werden nur die nicht erneuerbaren Primärenergie-Ressourcen berücksichtigt. Erneuerbare Primärenergien werden nicht einbezogen. Das hier verfolgte Konzept der Grauen Energie beruht auf den folgenden Thesen:

- Nicht erneuerbare Primärenergie-Ressourcen haben einen Eigenwert.
- Dieser Eigenwert wird definiert über die Menge an Energie, die aus der Ressource mit heutiger Technik maximal verfügbar gemacht werden kann.
- Andere Aspekte wie Lagerfähigkeit, Substituierbarkeit usw. tragen nichts zum Eigenwert der oben genannten Primärenergie-Ressourcen bei.

B.2.2 Mit diesen drei Thesen kann die Bewertung der Energieträger einfach vorgenommen werden (siehe Tabelle B.1). Die erste These trennt zwischen denjenigen Energien, die zu berücksichtigen sind, und denjenigen, die bezüglich Grauer Energie als unkritisch gelten können. Rohöl, Erdgas, Steinkohle, Braunkohle und Uran zählen zu den nicht erneuerbaren Primärenergie-Ressourcen. Torf ist eine nicht erneuerbare Primärenergie-Ressource und wird deshalb ebenfalls einbezogen. Wasserkraft, Solarenergie, Windenergie, Biomasse und geothermische Energie gelten als erneuerbar. Deshalb wird deren Bewertungsfaktor auf Null gesetzt.

B.2.3 Bei den fossilen Energieressourcen wird der obere Heizwert eingesetzt, da dies der mit heutiger Technologie (Brennwerttechnik) maximal gewinnbaren chemischen Energie entspricht. Beim Uran wird die Energiemenge bestimmt, die mit 1 kg spaltbarem Uran in heutigen Leichtwasserreaktoren erzeugt werden kann. Dabei werden die Verluste an spaltbarem Uran entlang des Brennstoffkreislaufs dem Energiebedarf nicht angerechnet.⁹

Tabelle B.1 Eigenwerte der Primärenergieressourcen zur Bewertung der Grauen Energie [10]

Primärenergieressource	Bezugsgrösse	Eigenwert MJ
nicht erneuerbar		
Rohöl in der Geosphäre	kg	45,8
Erdgas in der Geosphäre	Norm-m ³	40,3
Steinkohle in der Geosphäre	kg	19,9
Braunkohle in der Geosphäre	kg	9,9
Uran in der Geosphäre	kg	560'000
Torf in der Geosphäre	kg	9,9
erneuerbar		
Wasserkraft (potenzielle Energie)	MJ	0
Biomasse	MJ	0
Sonnenenergie (Strahlungsenergie)	MJ	0
Windenergie (kinetische Energie)	MJ	0
Geothermische Energie und Umgebungsenergie	MJ	0



B.2.4 Bei den Treibhausgasemissionen werden anstelle des Eigenwertes die Treibhausgasemissionen bei der Nutzung berücksichtigt. Bei einer Verbrennung entspricht das dem mit den spezifischen Treibhausgasemissionen (in kg/MJ) multiplizierten Eigenwert. Wenn die Primärenergieressource in einen Baustoff umgewandelt wird (z.B. Erdöl in Bitumen) sind die Treibhausgasemissionen bei der Nutzung gleich Null. Biogene Treibhausgasemissionen werden mit Ausnahme von biogenem Methan nicht berücksichtigt.

⁹ Bei der Anreicherung bleibt etwa ein Drittel des spaltbaren Urans im abgereicherten Uran zurück, und in den abgebrannten Brennstäben nach dem Einsatz im Kraftwerk ist rund 15% des spaltbaren Urans noch nicht gespalten. Diese Anteile sind theoretisch für eine spätere Verwendung noch verfügbar, weshalb sie nicht in die Ermittlung des Energiewertes einfließen.



Anhang C (normativ) Amortisationszeit

Diese Amortisationszeiten gelten nur für die Berechnungen gemäss diesem Merkblatt und dürfen nicht für andere Zwecke verwendet werden.

BKP Hauptgruppe	Elementgruppe	Bezeichnung nach BKP	Element bzw. Ausführung	Bemerkungen	Jahre				
						60	40	30	20
B		Vorbereitung							
	B 6.2	Aushub, nicht kontaminiert			X				
C		Konstruktion Gebäude							
	C 1	Fundament			X				
	C 2.1 (A)	Aussenwandkonstruktion (unter Terrain)		ohne Bekleidung nach E 1	X				
	C 2.1 (B)	Aussenwandkonstruktion (über Terrain)	einschichtig, tragend und wärmedämmend mehrschichtig	ohne Bekleidung nach E 2 tragend			X		
	C 2.2	Innenwandkonstruktion			X				
	C 3	Stützenkonstruktion			X				
	C 4.1	Decke		ohne Bekleidung nach G 2 und G 4	X				
	C 4.3	Balkon						X	
	C 4.4	Dachkonstruktion		ohne Bedachung nach F	X				
D		Technik Gebäude							
	D 1	Elektroanlage						X	
	D 5	Wärmeanlage	D 5.2 Wärmeerzeugung D 5.3, D 5.4 Wärmehauptverteilung und -abgabe					X	X
	D 7	Lufttechnische Anlage						X	
	D 8	Wasseranlage	Sanitäranlage					X	
E		Äussere Wandbekleidung Gebäude							
	E 1	Äussere Wandbekleidung unter Terrain					X		
	E 2	Äussere Wandbekleidung über Terrain	E 2.2 Aussenwärmedämmung E 2.3 Fassadenbekleidung (hinterlüftet) E 2.4 Fassadensystem E 2.5 Bekleidung Untersicht				X		
	E 3	Einbauten zu Aussenwand	Fenster, Türen, Tore				X		X
F		Bedachung Gebäude							
	F 1	Dachhaut	F 1.2 Flachdach F 1.3 Geneigtes Dach	Schutz- und Nutzschiene ab Tragstruktur bis Eindeckung				X	
	F 2	Einbauten zu Dach	Dachfenster				X		
G		Ausbau Gebäude							
	G 1	Trennwand	nicht tragend					X	
	G 2	Bodenbelag						X	
	G 3	Wandbekleidung, Stützenbekleidung						X	
	G 4	Decken-, Dachbekleidung (innen)	Bekleidungen, Verputze, Platten					X	

Anhang D (normativ) Berechnungstabelle für Vorstudien und Vorprojekt

Die angegebenen Werte für die Innenwände und die gebäudetechnischen Anlagen sind typisch für Wohngebäude und ähnliche Gebäude. Die übrigen Werte sind allgemein anwendbar. Eine auf dieser Tabelle basierende Rechenhilfe kann unter www.sia.ch/download heruntergeladen werden.

BKP Haupt- gruppe	Elementgruppe	Bezeichnung	Bezugsgrösse	Einheit	Graue Energie			Graue Treibhausgasemissionen				
					pro Jahr MJ pro Einheit	Erstellung MJ pro Einheit	Entsorgung MJ pro Einheit	pro Jahr kg pro Einheit	Erstellung kg pro Einheit	Entsorgung kg pro Einheit		
B	B 6.2	Aushub, nicht kontaminiert										
		ohne Grundwasser	Aushubvolumen fest	m ³	2,5	150	0	0,15	9	0		
		mit Grundwasser	Aushubvolumen fest	m ³	7,5	400	0	0,45	27	0		
C	C 1	Fundament										
		ungedämmt	Bauteilfläche	m ²	20	900	200	1,7	90	10		
		gedämmt	Bauteilfläche	m ²	25	1200	200	2,0	110	11		
	C 2.1 (A) / E 1	Aussenwand unter Terrain										
		ungedämmt	Bauteilfläche	m ²	15	800	120	1,7	90	10		
		gedämmt	Bauteilfläche	m ²	30	1400	120	2,4	120	30		
	C 2.1 (B) / E 2 / G 3	Aussenwand über Terrain										
		Holzrahmenkonstruktion	Bauteilfläche	m ²	15	600	10	0,8	30	4		
		Holzblockwand	Bauteilfläche	m ²	10	500	10	0,5	20	1		
		Dämmbeton, Einsteinmauerwerk	Bauteilfläche	m ²	35	1200	50	3,2	120	3		
		Glasfassade	Bauteilfläche	m ²	50	1500	10	3,0	90	2		
		Kompaktfassade	Bauteilfläche	m ²	25	1000	40	1,9	75	2		
		Zweischalenwand	Bauteilfläche	m ²	25	1100	130	2,6	120	8		
		Hinterlüftete Fassade (Alu, Stein, Glas VSG)	Bauteilfläche	m ²	40	1600	100	2,9	140	7		
		Hinterlüftete Fassade (Profilbauglas, Beton)	Bauteilfläche	m ²	30	1300	110	2,5	110	7		

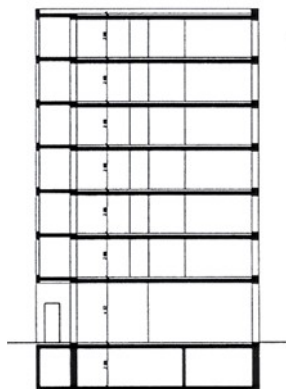




BKP Hauptgruppe	Elementgruppe	Bezeichnung	Bezugsgrösse	Einheit	Graue Energie			Graue Treibhausgasemissionen		
					pro Jahr MJ pro Einheit	Erstellung MJ pro Einheit	Entsorgung MJ pro Einheit	pro Jahr kg pro Einheit	Erstellung kg pro Einheit	Entsorgung kg pro Einheit
C	C 2.2 / C 3 / G 3	Innenwände, Innenstützen und -bekleidung	Geschossfläche	m ²	15	500	60	1,3	50	5
	C 4.1 / G 2 / G 4	Decke, Bodenbelag, Deckenbekleidung								
		Betondecke ungedämmt	Bauteilfläche	m ²	25	1000	160	2,5	110	10
		Betondecke gedämmt	Bauteilfläche	m ²	30	1200	160	2,5	120	10
		Holzdecke	Bauteilfläche	m ²	20	800	40	2,0	60	6
	C 4.3	Balkon	Bauteilfläche	m ²	30	800	90	3,0	80	6
	C 4.4 / F 1	Dachkonstruktion, Dachhaut								
		Flachdach (Beton)	Bauteilfläche	m ²	55	2000	200	4,5	150	40
		Flachdach (Holzbalken)	Bauteilfläche	m ²	45	1300	50	2,5	40	65
		Geneigtes Dach (Holzsparren)	Bauteilfläche	m ²	13	500	15	0,9	35	1
D 1 Elektroanlage		Energiebezugsfläche	m ²	8	230	6	0,5	10	5	
D	D 5 Wärmeanlage (Heizungsanlage)	Energiebezugsfläche	m ²	6	150	1	0,3	7	3	
	D 7 Lufttechnische Anlage (mechanische Lüftung)	Energiebezugsfläche	m ²	7	130	1	0,4	7	1	
	D 8 Wasseranlage (Sanitäranlage)	Energiebezugsfläche	m ²	7	200	1	0,4	11	3	
	E 3 / F 2 Einbauten zu Aussenwand und Dach (Fenster, Türen, Ausstiege)	Bauteilfläche	m ²	50	1400	40	3,2	90	10	

Anhang E (informativ) Beispiel

E.1 Projektbeschreibung

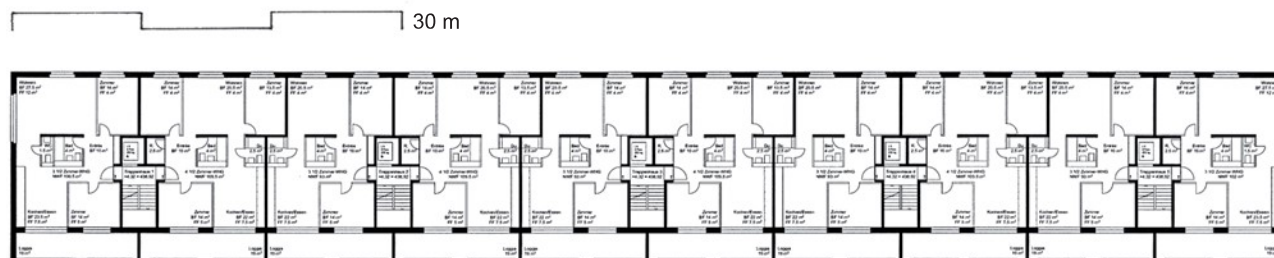


Schnitt

Das Gebäude weist sieben Wohngeschosse und ein Untergeschoss auf. Es hat eine einfache, kubische Form, mit einer separaten, davorgestellten Balkonschicht. Fünf innenliegende Treppenhäuser erschliessen pro Geschoss je zwei Wohnungen. Ein einfaches Tragsystem ermöglicht eine hohe Flexibilität. Die Nasszonenbereiche sind konzentriert in einer Mittelzone angeordnet. Konstruktiv gesehen handelt es sich um eine Mischbauweise aus massiven Decken und Innenwänden sowie einer tragenden und dämmenden Leichtkonstruktion in Holz bei den Fassaden, mit einer hinterlüfteten Bekleidung.

Kennzahlen Gebäude (SIA 416 und SIA 416/1)

Geschossfläche A_{GF}	9'860 m ²
Aussengeschossfläche (Balkone) A_{AGF}	1'326 m ²
Energiebezugsfläche A_E	8'583 m ²
Gebäudehüllfläche A_{th}	8'149 m ²
Gebäudehüllzahl A_{th} / A_E	0,95
Heizwärmebedarf Q_h / A_E	56 MJ/m ²



Grundriss Obergeschoss

E.2 Berechnungsmethode

Die Graue Energie des Gebäudes ist bereits in der Vorprojektphase nach SNARC [8] erfasst und optimiert worden. In der Bauprojektphase erfolgte dann, nach den Vorgaben und Anleitungen in diesem Merkblatt, eine detaillierte Berechnung. Nebst der Grauen Energie wurden auch die Grauen Treibhausgasemissionen ermittelt. Die Datengrundlage ist unter 2.7 aufgeführt; die Vereinfachungen und Vernachlässigungen richten sich nach den Anleitungen unter 3.2.

E.3 Ergebnisse

E.3.1 Bezugsgrösse

Die Ergebnisse der Grauen Energie und der Grauen Treibhausgasemissionen sind in der Tabelle E.1 zusammengefasst, amortisiert auf ein Jahr, gemäss den Daten für die Amortisationszeit in Anhang C und bezogen auf die Geschossfläche A_{GF} und die Energiebezugsfläche A_E . Der Bezug auf die Energiebezugsfläche erlaubt einen Vergleich mit der Betriebsenergie.

E.3.2 Ergebnisse

E.3.2.1 Die Graue Energie pro Jahr, bezogen auf die Geschossfläche A_{GF} , beträgt 89 MJ, bezogen auf die kleinere Energiebezugsfläche A_E 102 MJ. Diese Werte bewegen sich in einem guten Bereich, dies dank dem grossen und kompakten Volumen. Die Entsorgung macht etwa 8% der gesamten Grauen Energie aus.

- E.3.2.2 22% der Grauen Energie stecken in der Tragkonstruktion. Dabei wirken sich die gewählte Mischbauweise, das einfache Tragsystem mit vernünftigen Spannweiten und geradliniger Lastabtragung positiv auf das Resultat aus.
- E.3.2.3 In der gesamten Gebäudehülle, bestehend aus Fundamentplatte, Aussenwänden unter und über Terrain sowie Dach und Fenstern, liegen 36% der Grauen Energie. Dieser Anteil ist vor allem von der Kompaktheit und Grösse des Gebäudes abhängig. Fenster und Türen beanspruchen etwa gleich viel Graue Energie wie die Aussenwände über Terrain und machen zusammen den grössten Anteil der Gebäudehülle aus. Der Fensteranteil spielt eine wichtige Rolle; Fenster sind wesentlich energieintensiver als opake Aussenwände.
- E.3.2.4 Aushub und Fundament haben einen Anteil von 5%, das Dach 6%. Dieser Anteil ist nur deshalb so niedrig, weil er sich auf die Fläche von 7 Geschossen verteilt. Bei einer kleineren Geschoszahl steigt dieser Anteil merklich an.
- E.3.2.5 Einen grossen Anteil an der Grauen Energie (23%) beansprucht die gesamte Gebäudetechnik, umfassend die Bereiche Wärmeerzeugung und Wärmeabgabe sowie die Anlagen für Lüftung, Sanitär und Elektro.
- E.3.2.6 Die Grauen Treibhausgasemissionen pro Jahr, bezogen auf die Geschossfläche A_{GF} , betragen 7,3 kg, bezogen auf die kleinere Energiebezugsfläche A_E 8,4 kg. Die Entsorgung macht etwa 11% der gesamten Treibhausgasemissionen aus. Bezogen auf die Elementgruppen zeigt sich eine ähnliche prozentuale Verteilung wie bei der Grauen Energie. Signifikante Abweichungen durch eine grössere Belastung zeigen sich vor allem bei den «betonintensiven» Elementgruppen, wie bei den Aussenwänden unter Terrain, der Tragkonstruktion und den Balkonen. Die Fenster hingegen verlieren an Bedeutung. Allerdings sind die Werte der Grauen Treibhausgasemissionen grundsätzlich schwierig zu interpretieren, da noch keine gesicherten Erfahrungen vorliegen.

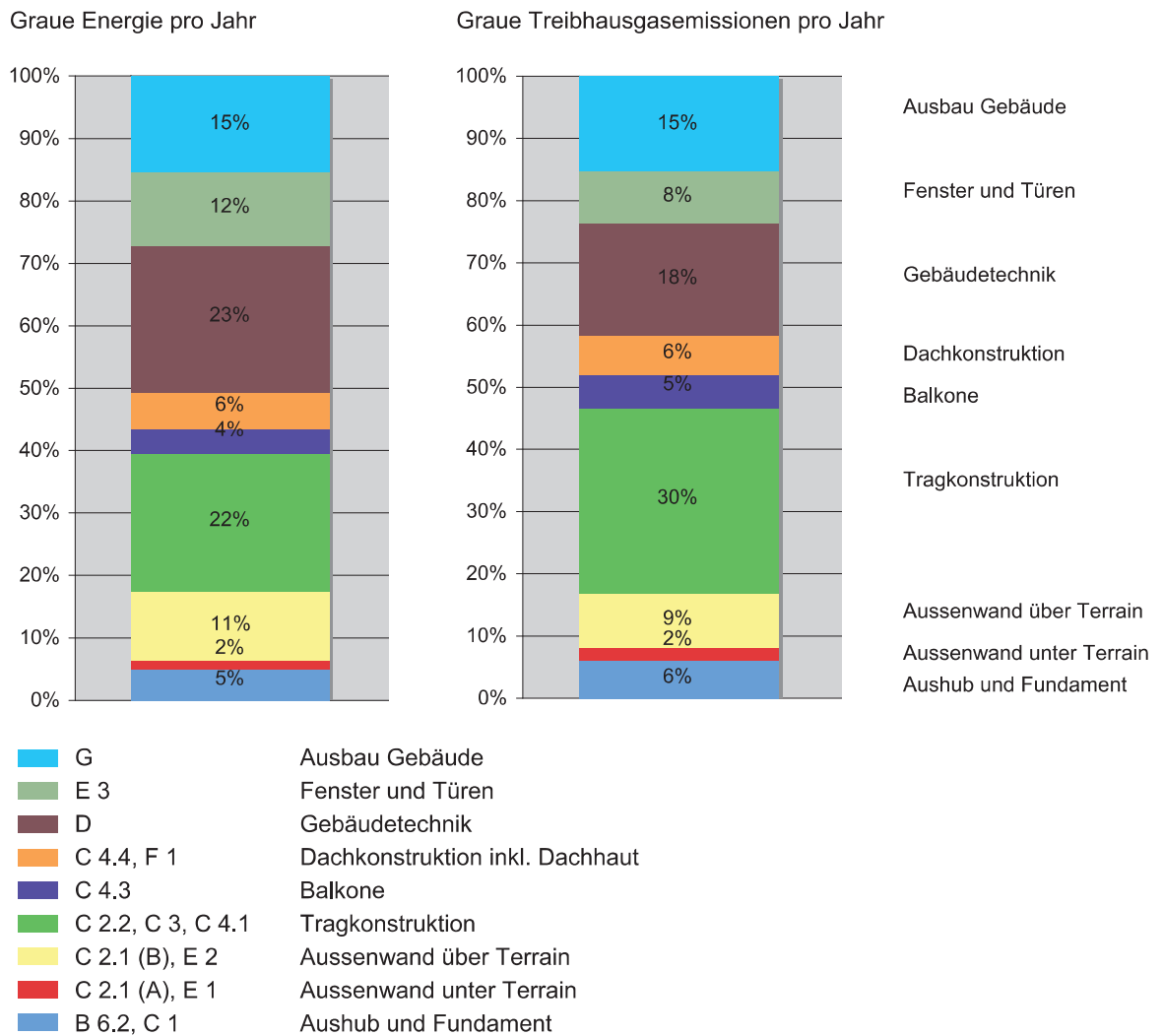
E.3.3 Vergleich mit der Betriebsenergie

- E.3.3.1 Die Graue Energie pro Jahr, bezogen auf die Energiebezugsfläche A_E , lässt sich mit dem allgemein bekannten Heizwärmebedarf Q_h vergleichen, wobei zu beachten ist, dass es sich beim Heizwärmebedarf um Nutzenergie handelt. Im vorliegenden Fall ist $Q_h = 56 \text{ MJ/m}^2$. Wird der Heizwärmebedarf auf Primärenergie umgerechnet, ergibt sich z.B. bei einer konventionellen Gasheizung ein Wert von etwa 68 MJ/m^2 . Im Vergleich mit der Gasheizung ist die Graue Energie des Gebäudes mit 102 MJ/m^2 rund 50% grösser als diejenige der Heizenergie.
- E.3.3.2 Die Grauen Treibhausgasemissionen pro Jahr, bezogen auf die Energiebezugsfläche A_E , lassen sich wie die Graue Energie mit den Emissionen der Betriebsenergie vergleichen. Bei einer konventionellen Gasheizung ergibt sich für die Grauen Treibhausgasemissionen ein Wert von etwa $5,5 \text{ kg/m}^2$. Im Vergleich mit der Gasheizung sind die Grauen Treibhausgasemissionen für die Gebäudeerstellung von $8,4 \text{ kg/m}^2$ ebenfalls rund 50% grösser.
- E.3.3.3 Beide Vergleiche bestätigen und illustrieren die Wichtigkeit der Grauen Energie und der Grauen Treibhausgasemissionen für die Gebäudeerstellung im Vergleich mit dem Betrieb des Gebäudes.

Tabelle E.1 Graue Energie und Graue Treibhausgasemissionen für die Erstellung und für die Entsorgung

	Graue Energie in MJ			Graue Treibhausgasemissionen in kg		
	Erstellung	Entsorgung	Total pro Jahr	Erstellung	Entsorgung	Total pro Jahr
pro m^2 Geschossfläche A_{GF}	3'125	545	89	278	48	7,3
pro m^2 Energiebezugsfläche A_E	3'590	627	102	320	55	8,4

Figur 2 Prozentuale Verteilung der Grauen Energie und der Grauen Treibhausgasemissionen nach den Elementgruppen in Anhang C





Anhang F (informativ) Publikationen

- [1] SIA D 0216, SIA Effizienzpfad Energie, 2006
- [2] ecoinvent Centre, ecoinvent data v2.1. ecoinvent reports No. 1-25, Swiss Centre for Life Cycle Inventories, Dübendorf, 2009
- [3] Ökobilanzdaten im Baubereich 2009/1, KBOB/eco-bau/IPB, Stand Juni 2009, www.kbob.ch
- [4] Elektronischer Bauteilkatalog, www.bauteilkatalog.ch
- [5] SIA 493, Deklaration ökologischer Merkmale von Bauprodukten, 1997
- [6] SIA D 093, Deklaration ökologischer Merkmale von Bauprodukten nach SIA 493 (Erläuterungen und Interpretationen), 1997
- [7] CRB Norm 506511, Baukostenplan Hochbau (eBKP-H), 2009
- [8] SIA D 0200, SNARC – Systematik zur Beurteilung der Nachhaltigkeit von Architekturprojekten für den Bereich Umwelt, 2004
- [9] Evaluation, Einführung der Stromkennzeichnung, Landert, Farago & Partner, im Auftrag des BFE, Dezember 2007
- [10] Stadt Zürich, Amt für Hochbauten, Kalkulation «Wirtschaftlichkeit und ökologische Nachhaltigkeit», www.stadt-zuerich.ch/nachhaltiges-bauen
- [11] SIA 112/1, Nachhaltiges Bauen – Hochbau, 2005
- [12] SIA 480, Wirtschaftlichkeitsrechnung für Investitionen im Hochbau, 2004
- [13] SIA 2031, Energieausweis für Gebäude, 2009
- [14] Rechenhilfe für Vorstudien und Vorprojekt gemäss Anhang D, www.sia.ch/download

Abkürzungen der in der Kommission SIA 2032 vertretenen Organisationen

eco-bau	Verein eco-bau, Nachhaltigkeit im öffentlichen Bau, Bern
KBOB	Koordinationskonferenz der Bau- und Liegenschaftsorgane der öffentlichen Bauherren
SIA KH	Kommission für Hochbaunormen des SIA
SIA KHE	Kommission für Haustechnik- und Energienormen des SIA

Kommission SIA 2032

		Vertreter von
Präsident	Martin Lenzlinger, Dr. phil., Physiker SIA, Zürich	SIA KHE
Mitglieder	Rolf Frischknecht, Dr. sc. techn., dipl. Ing. ETHZ/SIA, Uster Heinrich Gugerli, Dr. Ing., dipl. Bauing. ETH/SIA, Bülach Hans D. Halter, dipl. Arch. HTL/SIA, Windisch Ueli Kasser, dipl. Chem., Zürich Martin V. Müller, dipl. M. Arch. SIA, Arni Hansruedi Preisig, dipl. Arch. SIA, Zürich Jakob Thöni, dipl. Bauing. HTL/STV, Rüslikon	Ökobilanzierer KBOB, eco-bau SIA KH, Planer Ökologe SIA KH, Planer Planer Bauherrschaft

Genehmigung und Gültigkeit

Die Zentralkommission für Normen und Ordnungen des SIA hat das vorliegende Merkblatt SIA 2032 am 8. Juni 2009 genehmigt.

Es ist gültig ab 1. Januar 2010.

Copyright © 2010 by SIA Zurich

Alle Rechte, auch das des auszugsweisen Nachdruckes, der auszugsweisen oder vollständigen Wiedergabe (Fotokopie, Mikrokopie, CD-ROM usw.), der Speicherung in Datenverarbeitungsanlagen und das der Übersetzung, sind vorbehalten.

**Merkblatt
2032**

s i a

Graue Energie von Gebäuden

schweizerischer
ingenieur- und
architektenverein

société suisse
des ingénieurs et
des architectes

società svizzera
degli ingegneri e
degli architetti

swiss society
of engineers and
architects

selnaustrasse 16
postfach
ch-8027 zürich
www.sia.ch

Korrigenda C1 zu SIA 2032:2010

Korrigenda C1 zu SIA 2032:2010 de (1. Auflage)

Die Änderungen sind **fett** markiert; einzelne Streichungen sind durchgestrichen.

1.1 Definitionen

- 1.1.1.15 Nutzungsdauer
Durée d'utilisation
 t_u
(Jahre) Effektiv zu erwartende Periode zwischen der Inbetriebnahme und dem Ersatz eines Bau- oder Anlageteils. Die Nutzungsdauer ist begrenzt durch die technische Lebensdauer oder durch einen allfälligen Ersatz auf Grund veränderter Bedürfnisse (Komfort, Ästhetik, neue Nutzung usw.) oder verbesserter Ausführungen (grössere Leistungsfähigkeit, bessere Energiebilanz usw.). Vgl. SIA 480 Ziffer 3.3.
- 1.1.1.16 Amortisationszeit
Durée d'amortissement
 t_{am}
(Jahre) Zeitdauer, über welche die Graue Energie für Herstellung und Entsorgung abgeschrieben wird. Ausser bei der Baugrube und der Tragkonstruktion (Elementgruppen B und C) entspricht die Amortisationszeit der Nutzungsdauer. Für die Baugrube und die Tragkonstruktion wird die Amortisationszeit niedriger angesetzt als es der Nutzungsdauer entsprechen würde, damit kommende Generationen nicht mit den Abschreibungen für die heutigen Investitionen in Graue Energie belastet werden.
- 1.1.1.17 Technische Lebensdauer
Durée de vie technique
 t_u
(Jahre) Zu erwartende Periode zwischen der Inbetriebnahme eines Bau- oder Anlageteils und dessen Ersatz auf Grund abnehmender Gebrauchstauglichkeit oder zunehmender Kosten für den Unterhalt und den Ersatz einzelner Bestandteile. (SIA 480 Anhang B)
- 1.1.2.8 Graue Energie
Énergie grise
 E_{eb}
MJ Gesamte Menge nicht erneuerbarer Primärenergie, die für alle vorgelagerten Prozesse, vom Rohstoffabbau über Herstellungs- und Verarbeitungsprozesse und für die Entsorgung, inkl. der dazu notwendigen Transporte und Hilfsmittel, erforderlich ist (**vgl. Anhang A**). Sie wird auch als kumulierter, nicht erneuerbarer Energieaufwand bezeichnet.
- 1.1.3.1 Graue Treibhausgasemission
Émission de gaz à effet de serre
 $M_{CO_2,eb}$
kg, t Kumulierte Menge der Treibhausgase (CO₂, Methan, Stickoxid und weitere klimawirksame Gase), die bei allen vorgelagerten Prozessen, vom Rohstoffabbau über Herstellungs- und Verarbeitungsprozesse und bei der Entsorgung, inkl. der dazu notwendigen Transporte und Hilfsmittel, emittiert wird. Sie wird als äquivalente CO₂-Emissionsmenge ausgedrückt, die denselben Treibhauseffekt wie die Gesamtheit der Treibhausgasemissionen hat. Dabei wird die gleiche Sachbilanz berücksichtigt wie bei der Grauen Energie.

1.2 Bezeichnungen, Begriffe und Einheiten

A_{th} thermische Gebäudehüllfläche m²

2.7 Datengrundlagen

- 2.7.2 Für die Baustoffe hat die EMPA die ecoinvent-Daten im Auftrag von KBOB (Koordination der Bau- und Liegenschaftsorgane des Bundes), eco-bau (Nachhaltigkeit im öffentlichen Bau) und IPB (Interessengemeinschaft privater professioneller Bauherren) aufbereitet und als *Ökobilanzdaten im Baubereich 2009/1* [3] publiziert¹. Die Ökobilanzdaten bilden die Datengrundlage für alle Berechnungen nach dem vorliegenden Merkblatt.

¹ Die verwendete Version der Ökobilanzdaten im Baubereich (Stand mit Monat und Jahr) ist zu dokumentieren. Bei einem Vergleich der Projektwerte mit Anforderungswerten ist die Version zu verwenden, auf welche im entsprechenden Dokument verwiesen wird.

3.1 Allgemeines

3.1.5 Gebäudestruktur

Als Struktur für das Berechnungsverfahren kann der Baukostenplan Hochbau **eBKP-H 2012** [7] verwendet werden.

3.2 Vereinfachungen und Vernachlässigungen

3.2.3 Gebäudestruktur

3.2.3.1 Es werden die folgenden Elementgruppen gemäss Baukostenplan Hochbau **eBKP-H 2012** berücksichtigt:

BKP-Elementgruppe	Bemerkungen
B 6.2, B 6.3 Aushub	
C 1 Bodenplatte , Fundament	
.....	
E 3 Einbauten zu Aussenwand (Fenster, Türen, Tore)	ohne Sonnenschutz (E 3.3)
F 1 Dachhaut	
F 2 Einbauten zu Dach	Dachfenster
G 1 Trennwand, Tür, Tor	(vgl. Ziffer 3.2.5.3)
G 2 Bodenbelag	
G 3 Wandbekleidung	
G 4 Deckenbekleidung	

3.2.3.2 Die folgenden Elementgruppen werden für die Berechnungen gemäss diesem Merkblatt im Allgemeinen vernachlässigt.

BKP-Elementgruppe	
A Grundstück	
B Vorbereitung mit Ausnahme von B 6.2 und B 6.3	
C 5 Ergänzende Leistungen zur Konstruktion	
D 2 Gebäudeautomation	
D 3 Sicherheitsanlage	
D 4 Technische Brandschutzanlage	
.....	
W Nebenkosten zu Erstellung	
Y Reserve, Teuerung	
Z Mehrwertsteuer	

Je nach Gebäude- und Nutzungstyp können diese Elemente allerdings wesentlich zur Grauen Energie eines Gebäudes beitragen. Das ist z.B. bei Baustelleninstallationen mit Grundwasserhaltung oder bei den Umgebungsarbeiten der Fall, wenn grosse Stützmauern realisiert werden. In solchen Fällen sollen auch diese Elementgruppen in die Berechnung einbezogen werden.

3.3 Berechnungsverfahren

3.3.2 entfällt

3.3.4 In Anhang D ist eine Berechnungstabelle zur Anwendung in der Phase *Vorstudien/Vorprojekt* enthalten. ~~In dieser Phase werden bei den Aussenwänden, bei den Decken und beim Dach die Konstruktionen und ihre Bekleidungen zu einem Element zusammengefasst. Für die Innenwände (tragend und nicht tragend, inkl. Bekleidungen) wird ein Pauschalwert pro Geschossfläche verwendet.~~ Für einige Elemente sind fixe Werte pro Bezugsgrösse angegeben. Für andere Elemente werden vorgegebene Werte für eine beschränkte Auswahl von Ausführungsvarianten verwendet. Neben der Variantenwahl bei diesen Elementen findet in dieser Phase die Optimierung über die Bauteilmengen, d.h. über die Form des Gebäudes, statt. Bei einem Vergleich von

Projektvarianten, z.B. bei einem Wettbewerb, kann es sinnvoll sein, nur die Elemente zu betrachten, welche in diesem Stadium wesentlich beeinflussbar sind.² Für die Berechnung in der Phase *Vorstudie/Vorprojekt* stehen die Rechenhilfen *Tool Graue Energie nach SIA 2032* [14] und das Arbeitsblatt *Erstellung im SIA-Tool Effizienzpfad Energie* [15] zur Verfügung.

- 3.3.5 Für die Phase *Bauprojekt*, wenn die Baukonstruktionen im Detail bekannt sind, stehen verschiedene Rechenhilfen zur Verfügung, mit denen die einzusetzenden Werte berechnet werden können. Diese Rechenhilfen müssen den Vorgaben dieses Merkblatts mit Bezug auf Sachbilanz und Bewertung (Ökobilanzdaten 2009 [3]) und den Bestimmungen dieses Kapitels entsprechen. In der Phase *Bauprojekt* findet die Optimierung über die Wahl der Konstruktionen statt.

Anhang A, Sachbilanz

A.4 Modellierung des Strommixes

Die Tabelle A.2, Primärenergiefaktoren und Treibhausgaskoeffizienten der Strommixe, **entfällt**.

A.8 Transportdienstleistungen

- A.8.2 Die Ökobilanzdaten [3] enthalten die Transporte bis zu einem allfälligen Regionallager, nicht aber die Transporte von dort auf die Baustelle. Diese werden für Berechnungen gemäss dem vorliegenden Merkblatt in der Regel nicht berücksichtigt. Bei speziellen Bedingungen (vgl. 3.2.1.2) kann eine Berechnung angebracht sein.

Anhang B, Bewertung der Energieträger

Tabelle B.1 Eigenwerte der Primärenergieressourcen zur Bewertung der Grauen Energie ~~[10]~~

Anhang F, Publikationen

- [3] Ökobilanzdaten im Baubereich 2009/1, KBOB / eco-bau / IPB, www.kbob.ch (neuester Stand), www.eco-bau.ch (inkl. ältere Versionen)
- [7] CRB Norm 506511, Baukostenplan Hochbau (eBKP-H), 2012
- [10] **entfällt**
- [14] Tool Graue Energie zu SIA 2032, Rechenhilfe für Vorstudien und Vorprojekt gemäss Anhang D, www.energytools.ch > downloads > tools
- [15] SIA-Tool 2040 Effizienzpfad Energie, Arbeitsblatt Erstellung, www.energytools.ch > downloads > tools
- [16] SIA D 0236, SIA-Effizienzpfad Energie – Ergänzungen und Fallbeispiele zum Merkblatt SIA 2040, 2011

² Fussnote entfällt

Anhang C (normativ) Amortisationszeit

geänderte und neue Felder sind gelb hinterlegt

Diese Amortisationszeiten gelten nur für die Berechnungen gemäss diesem Merkblatt und dürfen nicht für andere Zwecke verwendet werden.

BKP Hauptgruppe	Elementgruppe	Bezeichnung nach BKP	Element bzw. Ausführung	Bemerkungen	Jahre					
					60	40	30	20		
B	Vorbereitung									
	B 6.2, B 6.3	Aushub			X					
	C	Konstruktion Gebäude								
		C 1	Bodenplatte, Fundament			X				
		C 2.1 (A)	Aussenwandkonstruktion (unter Terrain)		ohne Bekleidung nach E 1	X				
		C 2.1 (B)	Aussenwandkonstruktion (über Terrain)		ohne Bekleidung nach E 2	X				
		C 2.2	Innenwandkonstruktion		tragend	X				
		C 3	Stützenkonstruktion			X				
		C 4.1	Decke		ohne Bekleidung nach G 2 und G 4	X				
		C 4.3	Balkon				X			
C 4.4	Dachkonstruktion		ohne Bedachung nach F	X						
D	Technik Gebäude									
	D 1	Elektroanlage		inkl. Solarzellen			X			
	D 5	Wärmeanlage	D 5.2 Wärmeerzeugung	allg. Wärmeerzeugung				X		
				Erdwärmesonden			X			
				Solar Kollektoren					X	
	D 5.3, D 5.4	Wärmehauptverteilung, Wärmeabgabe					X			
	D 7	Lufttechnische Anlage					X			
	D 8	Wasseranlage						X		
E	Äussere Wandbekleidung Gebäude									
	E 1	Äussere Wandbekleidung unter Terrain			X					
	E 2	Äussere Wandbekleidung über Terrain	E 2.1 Äussere Beschichtung	Putz, Anstriche usw.		X				
			E 2.2 Aussenwärmedämmung	Kompaktfassade			X			
			E 2.3 Fassadenbekleidung (hinterlüftet)				X			
			E 2.4 Fassadensystem				X			
E 3	Einbauten zu Aussenwand	E 2.5 Bekleidung Untersicht	inkl. Auskragungen			X				
F	Bedachung Gebäude									
	F 1	Dachhaut	F 1.1 Dachabdichtung unter Terrain		X					
			F 1.2 Flachdach	Schutz- und Nutzschticht			X			
	F 2	Einbauten zu Dach	F 1.3 Geneigtes Dach	ab Tragstruktur bis Eindeckung			X			
G	Ausbau Gebäude									
	G 1	Trennwand, Tür, Tor		nicht tragend				X		
	G 2	Bodenbelag						X		
	G 3	Wandbekleidung						X		
	G 4	Deckenbekleidung		Bekleidungen, Putz				X		

Anhang D (normativ) Berechnungstabelle für Vorstudien und Vorprojekt

Die bisherige Tabelle wird vollständig ersetzt.

Die Tabelle kann für die Vorstudien und das Vorprojekt von Neu- und Umbauten verwendet werden. Die angegebenen Werte beruhen auf den Ökobilanzdaten im Baubeereich, Stand Juli 2012. Nähere Angaben zu den zu Grund liegenden Konstruktionen finden sich in der Dokumentation SIA D 0236 Ziffer 6.2.1 [16].

BKP-Elementgruppe	Bezeichnung	Bezugsgrösse	Einheit	Graue Energie			Treibhausgasemissionen			Amortisationszeit
				pro Jahr MJ pro Einheit	Erstellung MJ pro Einheit	Entsorgung MJ pro Einheit	pro Jahr kg pro Einheit	Erstellung kg pro Einheit	Entsorgung kg pro Einheit	
B 6.2 / B 6.3	Aushub									
	ohne Grundwasser	Volumen	m ³	2	140	0	0,1	8,7	0,0	60
	mit Grundwasser	Volumen	m ³	7	430	0	0,4	26	0,0	60
C 1	Bodenplatte, Fundament									
	ungedämmt	BTF ¹⁾	m ²	18	900	200	1,7	90	11	60
C 2.1 (A) / E 1	gedämmt	BTF	m ²	23	1150	200	1,9	105	11	60
	Aussenwand unter Terrain									
C 4.4 / F 1.1	ungedämmt	BTF	m ²	18	960	120	2,0	94	25	60
	gedämmt	BTF	m ²	27	1450	120	2,8	135	33	60
C 2.1 (B)	Dach unter Terrain									
	ungedämmt	BTF	m ²	26	1350	200	2,6	130	25	60
E 2	gedämmt	BTF	m ²	45	2490	210	3,5	150	58	60
	Aussenwandkonstruktion über Terrain									
E 3 / F 2	Betonwand	BTF	m ²	12	610	96	1,3	70	6	60 / 30
	Backsteinwand	BTF	m ²	8	420	32	0,7	39	2	60 / 30
C 2.2 / G 3	Holz wand	BTF	m ²	6	340	5	0,3	14	3	60 / 30
	Äussere Wandbekleidung über Terrain									
C 4.1 / G 4	Verputzte Aussenwärmämmung	BTF	m ²	17	490	6	1,0	30	1	30
	Bekleidung leicht, hinterlüftet	BTF	m ²	13	500	7	0,8	29	2	40
E 2	Bekleidung mittel, hinterlüftet	BTF	m ²	19	730	8	1,2	47	1	40
	Bekleidung schwer, hinterlüftet	BTF	m ²	36	1450	15	2,1	83	2	40
E 3 / F 2	Zweischalenwand	BTF	m ²	26	970	51	1,9	72	4	40
	Vollverglasung Pfosten/Riegel	BTF	m ²	66	2600	19	4,4	160	12	40
C 2.2 / G 3	Fenster									
	Mittelwert 2-fach- / 3-fach Verglasung	BTF	m ²	77	2280	17	5,2	150	7	30
C 4.1 / G 4	Innenwand									
	Mittelwert tragend / nicht tragend	BTF	m ²	11	460	47	0,9	43	3	60 / 30
C 4.1 / G 4	Deckenkonstruktion (inkl. Deckenbekleidung)									
	Betondecke	BTF	m ²	13	650	120	1,5	82	7	60
C 4.1 / G 4	Holzdecke	BTF	m ²	11	500	32	0,6	26	6	60 / 30
	Holzbetonverbund	BTF	m ²	12	530	68	0,9	42	4	60 / 30
C 4.1 / G 4	Dämmung gegen unbeheizt	BTF	m ²	5	140	4	0,3	8	0	30

BKP-Element- gruppe	Bezeichnung	Bezugs- grösse	Einheit	Graue Energie			Treibhausgasemissionen			Amortisa- tionszeit Jahre
				pro Jahr MJ pro Einheit	Erstellung MJ pro Einheit	Entsorgung MJ pro Einheit	pro Jahr kg pro Einheit	Erstellung kg pro Einheit	Entsorgung kg pro Einheit	
G 2	Bodenbelag									
	Fertiger Bodenbelag (ohne Unterkonstruktion)	BTF	m ²	6	170	10	0,6	14	3	30
	Unterkonstruktion und Bodenbelag	BTF	m ²	14	400	29	1,1	26	6	30
C 4.3	Balkon									
	Balkon	BTF	m ²	29	1050	109	2,6	96	8	40
C 4.4	Dachkonstruktion									
	Betondecke	BTF	m ²	13	650	117	1,5	82	7	60
	Holzdecke (Flachdach)	BTF	m ²	11	500	32	0,6	26	6	60 / 30
	Holzkonstruktion (geneigtes Dach)	BTF	m ²	6	360	15	0,4	17	4	60
F 1.2 / F 1.3	Dachaufbau									
	gedämmt (Flachdach)	BTF	m ²	35	1000	39	2,3	42	26	30
	ungedämmt (Flachdach)	BTF	m ²	15	410	37	1,0	15	15	30
	gedämmt (geneigtes Dach)	BTF	m ²	14	530	14	0,9	34	2	40
	ungedämmt (geneigtes Dach)	BTF	m ²	6	240	13	0,4	15	1	40
D 1	Elektroanlage									
	Wohnen	EBF ²⁾	m ²	7	190	6	0,4	9	4	30
	Büro	EBF	m ²	17	490	11	1,0	21	10	30
	Solarstromanlage (1 m ² = 0,1 kWp ³⁾)	BTF	m ²	93	2800	0	6,8	200	0	30
D 5	Wärmeanlage									
	Wärmeerzeugung und Wärmeverteilung	EBF	m ²	6	150	1	0,4	7	3	20 / 30
	Erwärmesonden	EBF	m ²	5	200	1	0,3	10	1	40
	Solar Kollektoren	BTF	m ²	130	2600	0	8,5	170	0	20
D 7	Lufttechnische Anlage									
	Wohnen	EBF	m ²	4	130	1	0,3	7	1	30
	Büro	EBF	m ²	8	250	0	0,5	15	0	30
D 8	Wasseranlage									
	Wohnen	EBF	m ²	5	140	1	0,3	8	1	30
	Büro	EBF	m ²	3	75	0	0,2	4	1	30

1) BTF: Bauteilfläche

2) EBF: Energiebezugsfläche

3) kWp = Kilowattpeak, Masseinheit für die maximale Leistung eines Photovoltaik-Moduls

Eine auf dieser Tabelle basierende Rechenhilfe [14] kann von www.energytools.ch heruntergeladen werden.

Genehmigt durch die KGE am 15.5.2013

Publiziert am 6.8.2013