

Ersetzt SIA 2032:2010

L'énergie grise – Établissement du bilan écologique pour la construction de bâtiments

Energia grigia – Bilancio ecologico per la costruzione di edifici

Graue Energie – Ökobilanzierung für die Erstellung von Gebäuden

2032

Referenznummer
SNR 592032:2020 de

Gültig ab: 2020-08-01

Herausgeber
Schweizerischer Ingenieur-
und Architektenverein
Postfach, CH-8027 Zürich

In der vorliegenden Publikation gelten die männlichen Funktions- und Personenbezeichnungen sinngemäss auch für weibliche Personen.

Allfällige Korrekturen 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.

2020-08 1. Auflage

INHALTSVERZEICHNIS

	Seite
Vorwort	4
0 Geltungsbereich	5
0.1 Abgrenzung	5
0.2 Normative Verweisungen	5
0.3 Hinweise zur Anwendung des Merkblatts	5
1 Verständigung	7
1.1 Begriffe und Definitionen	7
1.2 Symbole, Begriffe und Einheiten	10
2 Bilanzierungsgrundsätze	11
2.1 Lebenszyklusbetrachtung	11
2.2 Zusammenhang Baustoff – Bauteil – Gebäude	12
2.3 Datengrundlagen	13
3 Berechnungsmethode	14
3.1 Allgemeines	14
3.2 Neubau, Umbau, Bestandesbau	14
3.3 Zu berücksichtigende Bauteile	15
3.4 Vereinfachungen und Vernach- lässigungen	16
3.5 Phasengerechte Berechnung	17
Anhang	
A (normativ) Datenerfassung und Resultatausgabe	18
B (informativ) Einflussgrößen	21
C (normativ) Amortisationszeit	24
D (normativ) Berechnungstabelle für Vorstudien und Vorprojekt	26
E (informativ) Vergleich der Berechnung mit Werten pro Jahr und mit absoluten Werten	30
F (informativ) Berechnungen bei Bestandesbauten: Restwert, Wert- erhalt, Wiederbeschaffungswert	34
G (informativ) Publikationen	39
H (informativ) Verzeichnis der Begriffe ..	40

VORWORT

Im Rahmen der Dokumentation *SIA Effizienzpfad Energie* [1] hat sich der SIA im Jahr 2006 zum ersten Mal eingehender mit dem Thema «Graue Energie» befasst und deren, im Vergleich zur Betriebsenergie, zunehmende Bedeutung erkannt. Das im Jahr 2010 erschienene Merkblatt SIA 2032 *Graue Energie von Gebäuden* klärte die Methodik dieser Ökobilanzierung und ermöglichte, dass heute der Bereich Erstellung beurteilt, berechnet und in die Planung einbezogen werden kann. Seither berücksichtigt eine gesamtheitliche Beurteilung eines Gebäudes die Umweltauswirkungen im Bereich Erstellung als ebenbürtige Grössen neben dem Energieverbrauch und den Emissionen im Betrieb. Erst dieser Blick über den ganzen Lebenszyklus des Gebäudes erlaubt eine umfassende Einschätzung, wie sie etwa im Merkblatt SIA 2040 *SIA-Effizienzpfad Energie* gepflegt wird.

Das nun vorliegende revidierte Merkblatt SIA 2032 aktualisiert den Stand des Wissens und trägt dazu bei, dass die Berechnungen im Bereich Erstellung nach einheitlichen Grundsätzen und auf der Basis von vergleichbarem Datenmaterial erfolgen. Das Merkblatt setzt weiterhin auf die beiden Indikatoren «nicht erneuerbare Primärenergie» und «Treibhausgasemissionen» – letztere sind wegen des Klimawandels eine zentrale umweltrelevante Grösse. Das aktualisierte Merkblatt vereinheitlicht die phasengerechte Erfassung und Resultatdarstellung mit dem Ziel, reproduzierbare und vergleichbare Ergebnisse zu erhalten. Damit sollen auch festgestellte häufige Fehlerquellen eliminiert werden. Zudem werden neue Bauteile erfasst und sämtliche Daten auf die aktuelle *Grundlage der Ökobilanzdaten im Baubereich* [2] aus dem Jahr 2016 aktualisiert. Die Begrifflichkeiten wurden im Rahmen dieser Revision an jene des europäischen Normenwesens angeglichen, insbesondere an SN EN 15804, auf die neu referenziert wird.

Erstmals werden in diesem Merkblatt auch Bilanzierungsgrundsätze für Bestandesbauten vorgestellt. Mit der Definition von drei Werten – dem Restwert, dem Werterhalt und dem Wiederbeschaffungswert von Bestandesbauten – ist die Basis gelegt, damit in Zukunft auch bestehende Gebäude mit dem gebührenden Respekt vor deren Bausubstanz in die Betrachtungen aufgenommen werden können.

Der Spielraum für die Einflussnahme auf die Umweltauswirkungen eines Gebäudes im Bereich Erstellung ist zu Beginn des Planungsprozesses gross und nimmt mit zunehmender Präzisierung des Projekts rapide ab, da die Gebäudeform und -grösse neben der Bauweise die wichtigsten Einflussgrössen darstellen. Deshalb ist die Erfassung und Optimierung der Umweltauswirkungen vor allem bei Projekten in der Vorstudien- und Vorprojektphase, etwa bei Wettbewerben oder Studienaufträgen, von Bedeutung. Hierzu liefert das vorliegende Merkblatt mit einer ergänzenden Bauteilliste als Excel-Dokument gut dokumentierte einheitliche Werte für die häufigsten Konstruktionen.

Das Merkblatt soll aber in allen Projektphasen angewendet werden. Mit fortschreitendem Detaillierungsgrad im Lauf der Projektierung wird auch das Berechnungsverfahren detaillierter. Dies erlaubt es, die in den jeweiligen Phasen anfallenden Entscheide zu optimieren.

Planerinnen und Planer verfügen damit über eine planungsgerechte Bewertungs- und Berechnungsmethode, die den Grundregeln einer klassischen Ökobilanzierung folgt. Basierend auf SIA 2032 haben sich diverse Rechenhilfen und Tools etabliert, die eine einfache Berechnung der nicht erneuerbaren Primärenergie und der Treibhausgasemissionen eines Gebäudes in verschiedenen Phasen zulassen. Dass bisher alle Anwendungen in der Schweiz auf die Methodik im Merkblatt SIA 2032 abstützen und sich dieses als Referenz für Berechnungen der Grauen Energie etablieren konnte, ist ein überaus wertvolles Gut. Der SIA setzt durch die breite Zusammensetzung der Kommission und einen intensiven Vernehmlassungsprozess weiter auf die breite Anerkennung des vorliegenden Merkbllatts.

Kommission SIA 2032

0 GELTUNGSBEREICH

0.1 Abgrenzung

- 0.1.1 Dieses Merkblatt erlaubt die Bilanzierung von Umweltauswirkungen für den Bereich Erstellung von Gebäuden.
- 0.1.2 Die nicht erneuerbare Primärenergie und die Treibhausgasemissionen sind Indikatoren für die Umweltauswirkungen. Die hier festgelegten Grundsätze der Bilanzierung gelten sinngemäss auch für andere Ökobilanzindikatoren.
- 0.1.3 Die Bilanzierung kann für Neubauten und Umbauten von ganzen Gebäuden und von Gebäudeteilen sowie für einzelne Bauteile erfolgen. Sinngemäss kann sie auch für Bestandesbauten erfolgen.
- 0.1.4 Die Bilanzierung für die Erstellung ist Teil eines Lebenswegansatzes. Zusammen mit dem Bereich Betrieb gemäss SIA 2040 wird der ganze Lebenszyklus eines Gebäudes betrachtet. Optimierungen im Bereich Erstellung sollen immer auch mit Blick auf die Auswirkungen im Bereich Betrieb erfolgen.
- 0.1.5 Zum Bereich Erstellung gehören die Herstellungs- und Errichtungsphase (Module A), der Ersatz in der Nutzungsphase (Modul B4) sowie die Entsorgungsphase (Module C) bezogen auf Bauprodukte gemäss SN EN 15804. Nicht Teil dieses Merkblatts ist – abgesehen vom Ersatz – die Nutzungsphase (Module B) gemäss SN EN 15804.

0.2 Normative Verweisungen

Im Text dieses Merkblatts wird auf die nachfolgend aufgeführten Publikationen verwiesen, die im Sinne der Verweisungen ganz oder teilweise mitgelten. Bei undatierten Verweisungen gilt die letzte Ausgabe (bei SN EN einschliesslich aller Änderungen), bei datierten Verweisungen die entsprechende Ausgabe der betreffenden Publikation.

Norm SIA 112	Modell Bauplanung
Norm SIA 112/1	Nachhaltiges Bauen – Hochbau
Norm SIA 380	Grundlagen für energetische Berechnungen von Gebäuden
Norm SIA 380/1	Heizwärmebedarf
Norm SIA 480	Wirtschaftlichkeitsrechnung für Investitionen im Hochbau
Merkblatt SIA 2040	SIA-Effizienzpfad Energie
Merkblatt SIA 2047	Energetische Gebäudeerneuerung
Norm SN EN 15804	Nachhaltigkeit von Bauwerken – Umweltproduktdeklarationen – Grundregeln für die Produktkategorie Bauprodukte
Norm SN 506511	Elementbasierter Baukostenplan Hochbau eBKP-H, 2020

0.3 Hinweise zur Anwendung des Merkblatts

- 0.3.1 Das Merkblatt SIA 2040 bezieht die nicht erneuerbare Primärenergie und die Treibhausgasemissionen im Bereich Erstellung in die Betrachtung der energetischen Qualität eines Gebäudes mit ein. Die Berechnung für die Erstellung gemäss dem vorliegenden Merkblatt erlaubt den Vergleich eines Projektwerts mit den in SIA 2040 enthaltenen Richtwerten «Erstellung».
- 0.3.2 In der Norm SIA 112/1 ist die Erstellung ein wichtiges Kriterium. Das vorliegende Merkblatt kann als Grundlage für entsprechende Optimierungen verwendet werden.
- 0.3.3 Diverse in der Schweiz entwickelte Labels und Standards setzen Grenzwerte für die Graue Energie. Die Methodik der Berechnung stützt sich auf das vorliegende Merkblatt.

- 0.3.4 Seit der ersten Publikation dieses Merkblatts hat sich die Graue Energie zur Beurteilung der ökologischen Qualität von Gebäuden etabliert. Aufgrund der gesammelten Erfahrungen werden wichtige Erkenntnisse zur Optimierung bzw. Minimierung der nicht erneuerbaren Primärenergie und der Treibhausgasemissionen von Gebäuden in Anhang B zusammengefasst.
- 0.3.5 Wichtige Weichenstellungen im Bereich der Erstellung eines Gebäudes erfolgen in den frühen Planungsphasen (Vorstudien und Vorprojekt). Das Kriterium muss daher vom Beginn der Planung an miteinbezogen werden. Die nicht erneuerbare Primärenergie und die Treibhausgasemissionen sollen insbesondere bei der Beurteilung von Wettbewerbsprojekten mitberücksichtigt werden. Eine Berechnung kann in dieser frühen Planungsphase mit den Vorprojektwerten in Anhang D erfolgen.

1 VERSTÄNDIGUNG

1.1 Begriffe und Definitionen

Für die Anwendung des vorliegenden Merkblatts gelten die folgenden Begriffe und Definitionen. Diese Begriffe sind im Anhang H in alphabetischer Reihenfolge in drei Sprachen aufgelistet.

1.1.1 Gebäude

- 1.1.1.1 Gebäude Bauwerk, bestehend aus der Gebäudehülle (Flächen gegen Aussenklima und gegen Erdreich), den Innenbauteilen und der für die Nutzung des Gebäudes erforderlichen gebäudetechnischen Anlagen (für Raumheizung, Wassererwärmung, Lüftung/Klimatisierung, diverse Gebäudetechnik und Betriebseinrichtungen).
- 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 Neubau Neu erstelltes Gebäude. Zu den Neubauten im Sinne dieses Merkblatts gehören auch Anbauten und Aufstockungen von bestehenden Gebäuden.
- Begründet einen neuen Lebenszyklus.
- 1.1.1.3 Umbau Massgebliche Veränderung von Komponenten, Bauteilen oder dem gesamten Gebäude zur Anpassung an aktuelle Anforderungen. Eingeschlossen sind sowohl Teilerneuerungen als auch Gesamterneuerungen gemäss SIA 2047. Nicht als Umbau gelten Veränderungen, wenn ausschliesslich Instandhaltungs- oder Instandsetzungsarbeiten vorgenommen werden.
- Begründet einen neuen Lebenszyklus.
- 1.1.1.4 Bestandesbau Gebäude, bei dem keine Bautätigkeit ansteht und an dem ausschliesslich Instandhaltungs- oder Instandsetzungsarbeiten vorgenommen werden. Bestandesbauten stehen mitten in einem Lebenszyklus.
- 1.1.1.5 Unterhalt Bewahren oder Wiederherstellen eines Gebäudes ohne wesentliche Änderung der Anforderungen.
- 1.1.1.6 Instandhaltung Bewahren der Gebrauchstauglichkeit durch einfache und regelmässige Massnahmen.
- 1.1.1.7 Instandsetzung Wiederherstellen der Sicherheit und der Gebrauchstauglichkeit für eine festgelegte Dauer.
- 1.1.1.8 Baustoff Für das Bauen bestimmtes Material, dessen Abmessungen für das daraus herzustellende Objekt (Bauhalbzeug, Bauteil, Bauwerksteil, Gebäudetechnikanlagen, Bauwerk) nicht massgebend sind. Baustoffe sind somit Zement, Sand, Kies, Wasser (auch gemischt als Frischbeton), Eisenbarren, nicht zugeschnittenes Holz und dgl.
- 1.1.1.9 Bauteil Zu einer Funktionseinheit zusammengefügte Baustoffe.
- 1.1.1.10 Bauteilfläche Fläche der Bauteile gemäss SIA 380 bzw. SN 506511.

1.1.1.11	Fensterfläche A_w m^2	Fertiges Lichtmass der Wand- bzw. Dachöffnung gemäss SIA 380. Bei Vorhangfassaden ist das lichte Mass und damit die Fensterfläche nicht definiert. Daher wird die entsprechende Grösse nicht verwendet.
1.1.1.12	Kompaktheitszahl	Verhältnis der Flächen aller Aussenbauteile (Flächen gegen Aussenklima und gegen Erdreich) zur Geschossfläche. Charakterisiert die Form und die Abmessung des Gebäudes und dient der Abschätzung der Bilanzwerte <i>Erstellung des Gebäudes</i> .
1.1.2	Bilanzierungsmethodik	
1.1.2.1	Bilanzperimeter	Perimeter, der das Gebäude (oder die Gebäudeteile, für welche die Bilanzierung im Bereich Erstellung durchgeführt werden soll) inkl. der dazugehörigen Aussenanlagen vollständig umschliesst. Definiert insbesondere die Abgrenzung gegen benachbarte Gebäude oder gegen Gebäudeteile, die nicht in die Berechnung einbezogen werden sollen.
1.1.2.2	Betrachtungszeitraum	Angenommene Zeitdauer, über die im Sinne einer Lebenszyklusbetrachtung eine Bilanz erstellt wird.
1.1.2.3	Bereich Erstellung	Teil einer Lebenszyklusbetrachtung gemäss SIA 2040. Umfasst in der Phasenbezeichnung gemäss SN EN 15804 die Herstellungsphase (Module A1–A3), die Errichtungsphase (Module A4 und A5), den Ersatz von Bauteilen während der Nutzungsphase (Modul B4) und die Entsorgungsphase (Module C1–C4).
1.1.2.4	Bereich Betrieb	Teil einer Lebenszyklusbetrachtung gemäss SIA 2040. Der Bereich Betrieb wird unterteilt in die Verwendungszwecke Wärme, Lüftung/Klimatisierung, Beleuchtung, Geräte und die allgemeine Gebäudetechnik. Umfasst in der Phasenbezeichnung gemäss SN EN 15804 das Modul B6 der Nutzungsphase.
1.1.2.5	Herstellungsphase	Umfasst die Stoff- und Energieflüsse, welche für die Herstellung von Baustoffen oder Bauteilen erforderlich sind, inklusive aller vorgelegerten Prozesse, vom Rohstoffabbau bzw. dem Rezyklieren über Herstellungs- und Verarbeitungsprozesse, und aller erforderlichen Transporte und Hilfsmittel. Umfasst gemäss SN EN 15804 die Module A1 Rohstoffbereitstellung, A2 Transport, A3 Herstellung.
1.1.2.6	Errichtungsphase	Umfasst die Stoff- und Energieflüsse, welche für die Transporte von Bauteilen auf die Baustelle, die Errichtung von Gebäuden oder Gebäudeteilen und den Einbau von Bauteilen erforderlich sind. Umfasst gemäss SN EN 15804 die Module A4 Transport und A5 Bau/Einbau.

1.1.2.7	Entsorgungsphase	<p>Umfasst den Rückbau eines Gebäudes bzw. eines Gebäudeteils 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 und Transporte. Das Rezyklieren ist nicht Teil der Entsorgung, sondern der Herstellung von Baustoffen.</p> <p>Umfasst gemäss SN EN 15804 die Module C1 Rückbau, Abriss, C2 Transport, C3 Abfallbehandlung, C4 Beseitigung.</p>
1.1.2.8	Rückbau	Geordneter Abbruch oder Demontage von Gebäuden oder Gebäudeteilen mit entsorgungsgerechter Trennung der Bauteile und der Baustoffe auf der Baustelle.
1.1.2.9	Sekundärmaterial	Material, das aus früheren Anwendungen oder aus Abfällen anderer Prozesse gewonnen wird und einen Primärstoff ersetzt. Das Material wird eingesetzt zur Herstellung neuer Produkte. Beispiele sind rezyklierter Metallschrott, zerkleinerter Beton oder Mauersteine, Glasgranulat, Altholzschnitzel, Granulat aus rezykliertem Kunststoff.
1.1.2.10	Rezyklieren	Stoffliche Verwertung von Material aus einer früheren Nutzung oder von Abfällen aus anderen Prozessen zur Herstellung von Sekundärmaterial.
1.1.2.11	Ersatz	<p>Bezieht sich auf Bauteile, die während des Betrachtungszeitraums ersetzt werden müssen, weil deren Nutzungsdauer abgelaufen ist. Der Ersatz von Bauteilen erfolgt im Rahmen von Instandhaltungen und Instandsetzungen.</p> <p>Der Ersatz entspricht dem Modul B4 gemäss SN EN 15804 und ist Teil der Nutzungsphase.</p>
1.1.2.12	Nutzungsdauer	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 aufgrund veränderter Bedürfnisse (Komfort, Ästhetik, neue Nutzung usw.) oder verbesserter Ausführungen (grössere Leistungsfähigkeit, bessere Energiebilanz usw.).
1.1.2.13	Amortisationszeit	Festgelegte Nutzungsdauer, in der ein Bau- oder Anlageteil abgeschrieben wird. Die Amortisationszeit wird innerhalb der Bandbreite der Nutzungsdauer gemäss SIA 480 angesetzt.
1.1.2.14	Technische Lebensdauer	Zu erwartende Periode zwischen der Inbetriebnahme eines Bau- oder Anlageteils und dessen Ersatz auf Grund abnehmender Gebrauchstauglichkeit oder zunehmender Kosten für Instandsetzungen und Erneuerungen.
1.1.2.15	Restwert	In einem bestimmten Zeitpunkt ermittelte Summe der noch nicht amortisierten Umweltauswirkungen im Bereich Erstellung am Bilanzstichtag.
1.1.2.16	Werterhalt	Die über einen bestimmten Betrachtungszeitraum ermittelte Summe der Umweltauswirkungen aller Ersatzbauteile, die der Instandhaltung und Instandsetzung und somit dem Werterhalt des Gebäudes dient.
1.1.2.17	Wiederbeschaffungswert	Umweltauswirkung eines Bestandesbaus, wenn er identisch neu gebaut würde.

1.1.3 Indikatoren

1.1.3.1	Primärenergie gesamt E_P kWh	Form der Rohenergie, die noch keiner technischen Umsetzung oder Umwandlung und keinem Transport unterworfen worden ist. Die Primärenergie gesamt ist die Summe aus nicht erneuerbarer und erneuerbarer Primärenergie.
1.1.3.2	Nicht erneuerbare Primärenergie $E_{P,nren}$ kWh	Energie der fossilen und nuklearen Energieträger (z. B. Erdöl, Erdgas, Kohle, Uran) sowie Holz aus Kahlschlag von Primärwäldern.
1.1.3.3	Erneuerbare Primärenergie $E_{P,ren}$ kWh	Energie der erneuerbaren Energieträger. Die erneuerbaren Energieträger umfassen Wasserkraft, Holz und andere Biomasse (ohne Kahlschlag von Primärwäldern), Sonnen-, Wind- und geothermische Energie sowie Umgebungswärme.
1.1.3.4	Treibhausgasemission M_{GHG} kg	Kumulierte Menge verschiedener Treibhausgase (CO ₂ , Methan, Distickstoffoxid und weitere klimawirksame Gase). Die Treibhausgasemission wird als äquivalente CO ₂ -Emissionsmenge ausgedrückt.
1.1.3.5	Graue Energie $E_{eb,a}$ kWh	Gesamte Menge an nicht erneuerbarer Primärenergie im Bereich Erstellung.
1.1.3.6	Energieträger	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.

1.2 Symbole, Begriffe und Einheiten

Symbol	Begriff	Einheit
A_E	Energiebezugsfläche (EBF)	m ²
A_{GF}, A_{AGF}	Geschossfläche, Aussengeschossfläche	m ²
$A_{KFr}, A_{NFr}, A_{HNF}$	Konstruktionsfläche, Nutzfläche, Hauptnutzfläche	m ²
A_W	Fensterfläche	m ²
$E_{eb,a}$	Graue Energie	kWh
$E_P, E_{P,nren}, E_{P,ren}$	Primärenergie (gesamt, nicht erneuerbar, erneuerbar)	kWh
M_{GHG}	Treibhausgasemissionen	kg

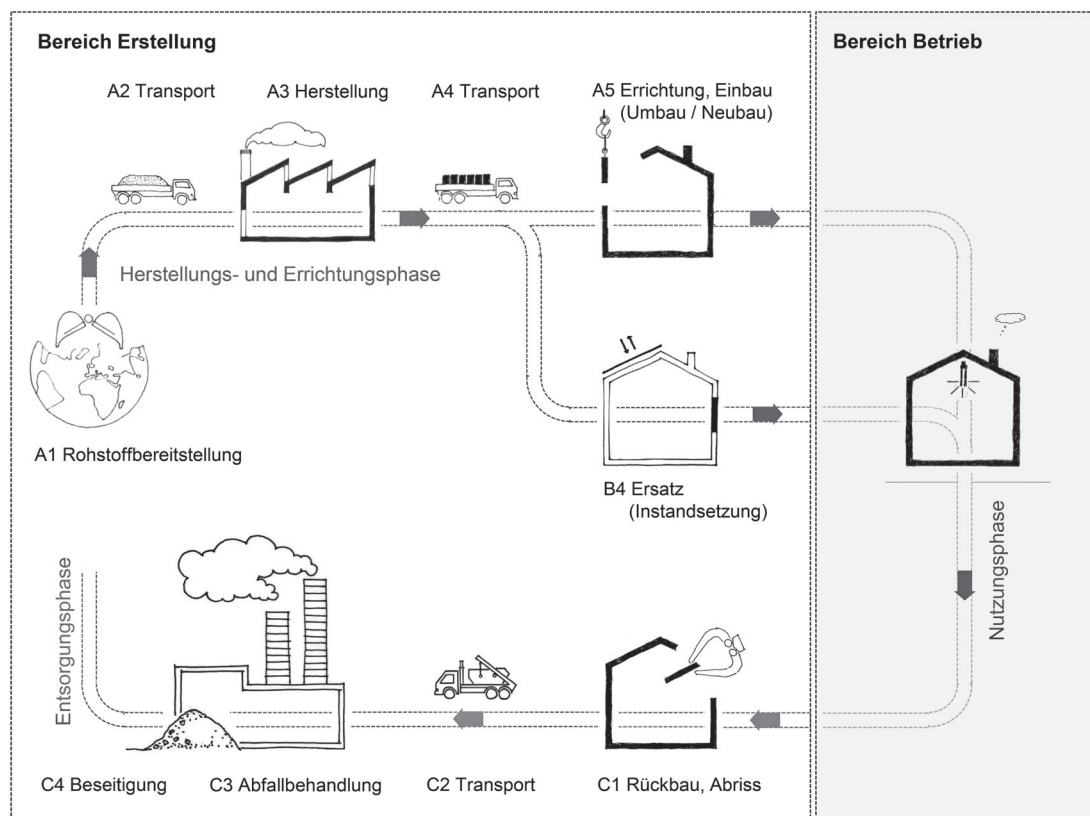
2 BILANZIERUNGSGRUNDSÄTZE

2.1 Lebenszyklusbetrachtung

2.1.1 Im Zentrum dieses Merkblatts stehen die nicht erneuerbare Primärenergie und die Treibhausgasemissionen im Bereich Erstellung.

2.1.2 Der Bereich Erstellung ist Teil eines «Lebenswegansatzes» gemäss SIA 2040. Figur 1 zeigt, wie zusammen mit dem Bereich Betrieb der ganze Lebenszyklus eines Gebäudes beschrieben wird.

Figur 1 Lebenszyklusbetrachtung eines Gebäudes



2.1.3 Der Bereich Erstellung gemäss diesem Merkblatt umfasst die mit einer x bezeichneten Phasen des Lebenszyklus gemäss SN EN 15804. Die mit einem (x in Klammer) bezeichneten Phasen werden in der Ökobilanz gemäss vorliegendem Merkblatt teilweise vernachlässigt.

Phasen gemäss SN EN 15804	Herstellungsphase			Errichtungsphase		Nutzungsphase							Entsorgungsphase			
	Rohstoffbereitstellung	Transport	Herstellung	Transport	Errichtung, Einbau	Nutzung	Instandhaltung	Reparatur	Ersatz	Erneuerung	Betrieblicher Energieeinsatz	Betrieblicher Wassereinsatz	Rückbau, Abriss	Transport	Abfallbehandlung	Beseitigung
Bereich Erstellung gemäss SIA 2032	x	x	x	(x)	(x)				x				x	x	x	x

2.2 Zusammenhang Baustoff – Bauteil – Gebäude

Ein Gebäude oder Gebäudeteil kann als Konglomerat von Bauteilen verstanden werden. Diese wiederum sind in der Regel aus unterschiedlichen Baustoffen zusammengesetzt.

2.2.1 Bilanzierung eines Baustoffs

2.2.1.1 Die Bilanzierung eines Baustoffs umfasst alle Stoff- und Energieströme in der Herstellungs- und Entsorgungsphase des Baustoffs.

2.2.1.2 Die Umweltauswirkungen werden 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 Ökobilanz eines Baustoffs ist abhängig von der Art und der Herkunft der Rohstoffe, den Herstellungsbedingungen und den gewählten Transportmitteln.

2.2.2 Bilanzierung eines Bauteils

Die Bilanzierung eines Bauteils umfasst die Bilanzierung aller Baustoffe, aus denen das Bauteil zusammengesetzt ist, sowie alle Stoff- und Energieströme für die Fügung und Verarbeitung dieser Baustoffe zu einem Bauteil.

2.2.3 Bilanzierung eines Gebäudes im Bereich Erstellung

Die Bilanzierung eines Gebäudes oder Gebäudeteils im Bereich Erstellung umfasst die Bilanzierung aller während des Betrachtungszeitraums zugeführten Bauteile (inkl. Ersatz) sowie alle Stoff- und Energieströme in der Errichtungsphase des Gebäudes oder Gebäudeteils.

2.3 Datengrundlagen

- 2.3.1 Für Gebäudebilanzen ist es zentral, widerspruchsfreie, konsistente und vollständige Ökobilanzdaten zu Baumaterialien, Gebäudetechnik, Energieversorgung, Transport- und Entsorgungsdienstleistungen zu verwenden.
- 2.3.2 Für alle Berechnungen gemäss den Anforderungen des vorliegenden Merkblatts müssen die *Ökobilanzdaten im Baubereich* der KBOB [2], jeweils die aktuelle publizierte Version, oder Ökobilanzdaten aus Datenbanken von vergleichbarer Qualität hinsichtlich Überprüfbarkeit und Nachvollziehbarkeit sowie hinsichtlich Überprüfung durch Dritte verwendet werden.¹
- 2.3.3 In Gebäudebilanzen gemäss den Anforderungen des vorliegenden Merkblatts können auch produkt- und herstellerspezifische Werte aus Umweltproduktdeklarationen (EPD) oder weitere Ökobilanzdaten verwendet werden, wenn die Erhebung der Sachbilanz, die Modellierung und die Bewertung nachweislich gemäss den aktuellen Regeln [3] der Plattform Ökobilanzdaten im Baubereich erfolgt ist. Zudem müssen die produkt- und herstellerspezifischen Ökobilanzdaten auf die Datengrundlage [4] der Ökobilanzdaten im Baubereich der KBOB oder auf Ökobilanzdatenbanken von vergleichbarer Qualität hinsichtlich Überprüfbarkeit und Nachvollziehbarkeit sowie hinsichtlich Überprüfung durch Dritte zurückgreifen.

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 BERECHNUNGSMETHODE

3.1 Allgemeines

3.1.1 Bilanzperimeter

Der Bilanzperimeter umfasst das gesamte Gebäude (oder die Gebäudeteile, für welche die Berechnung durchgeführt werden soll). Zum Bauwerk gehören alle Bauteile der Gebäudehülle (Flächen gegen Aussenklima und gegen Erdreich), alle Innenbauteile und die gebäudetechnischen Anlagen.² Er definiert insbesondere die Abgrenzung gegen benachbarte Gebäude oder gegen Gebäudeteile, die nicht in die Berechnung einbezogen werden sollen.^{3 4}

3.1.2 Amortisationszeit

3.1.2.1 Die Amortisationszeit entspricht der in diesem Merkblatt festgelegten Nutzungsdauer von Bauteilen. Es handelt sich um eine Konvention, welche die Vergleichbarkeit von Gebäudebilanzen erlaubt.

3.1.2.2 Wenn die berechneten Werte im Bereich Erstellung eines Gebäudes mit Richt- oder Grenzwerten verglichen werden, sind die Amortisationszeiten gemäss Anhang C zu verwenden.

3.1.2.3 Bei Provisorien oder Gebäuden mit beschränkter Nutzungsdauer, für Optimierungen und bei anderen speziellen Untersuchungen können differenzierte Werte für die Amortisationszeit verwendet werden, welche z. B. die maximal vorgesehene Nutzungsdauer, die Beständigkeit der verwendeten Materialien und die angewendete Bauweise berücksichtigen.

3.1.2.4 Die nicht erneuerbare Primärenergie und die Treibhausgasemissionen eines Gebäudes können sowohl in Werten pro Jahr als auch in absoluten Werten berechnet werden. Der Zusammenhang der beiden Berechnungsweisen wird in Anhang E dargestellt.

3.1.3 Bezugsgrösse

3.1.3.1 Bezugsgrösse für die nicht erneuerbare Primärenergie oder die Treibhausgasemissionen eines ganzen Gebäudes ist die Energiebezugsfläche A_E gemäss SIA 380.

3.1.3.2 Für spezielle Betrachtungen können zusätzlich auch andere Bezugsflächen (z. B. die Geschossfläche A_{GF} , die Hauptnutzfläche A_{HNF} oder die um die Aussengeschossfläche erweiterte Geschossfläche $A_{GF} + A_{AGF}$) verwendet werden oder Bezugsgrössen, welche sich auf die Nutzung beziehen (z. B. Anzahl Arbeitsplätze für Verwaltungsgebäude, Anzahl Betten für Spitäler und für Hotels, Anzahl Parkplätze für die Parkierung).

3.2 Neubau, Umbau, Bestandesbau

3.2.1 Neubau und Umbau

3.2.1.1 Ein Neubau oder Umbau ist ein Bauvorhaben. Bei einem Bauvorhaben werden die nicht erneuerbare Primärenergie und die Treibhausgasemissionen für die während des Betrachtungszeitraums über den Bilanzperimeter zugeführten Bauteile berechnet.

3.2.1.2 Die Berechnung kann in Werten pro Jahr oder in absoluten Werten durchgeführt werden. Bei einer Berechnung mit absoluten Werten ist ein Betrachtungszeitraum zu definieren. Die Methodik ist in Anhang E definiert.

2 Zum Bilanzperimeter gehören, unabhängig von der Bezugsgrösse, immer auch alle Anlagen unter Terrain wie zum Beispiel Tiefgaragen oder Kellerräume. Tiefgaragen, die mehreren Gebäuden dienen, sollen diesen anteilmässig zugeordnet werden.

3 Anlagen zur Gewinnung erneuerbarer Energien am Gebäudestandort liegen ebenfalls innerhalb des Bilanzperimeters. Bei der Abgrenzung von Gebäudeteilen gelten die Grundsätze gemäss SIA 380.

4 Bauteile in der Umgebung von Gebäuden gehören hingegen nicht in den Bilanzperimeter (vgl. 3.4.3.2)

3.2.2 Bestandesbau

- 3.2.2.1 Ein Bestandesbau ist weder ein Neubau noch ein Umbau und steht mitten in seinem Lebenszyklus. Sein Lebenszyklus beginnt mit der letzten zurückliegenden Bautätigkeit (Neubau oder Umbau) und endet beim Umbau des Gebäudes oder bei dessen Rückbau. Im Unterschied zu Neu- und Umbauten werden zum Zeitpunkt der Bilanzierung keine Bauteile über den Bilanzperimeter geführt.
- 3.2.2.2 Es können drei verschiedene Werte eines Bestandesbaus unterschieden werden:
- Der Restwert eines Bestandesbaus gibt Auskunft über die zum Zeitpunkt der Ermittlung noch nicht amortisierten Umweltauswirkungen. Die Methodik wird im Anhang F.1 erläutert.
 - Der Werterhalt eines Bestandesbaus gibt Auskunft über die Umweltauswirkungen der zukünftig zu tätigen Ersatzinvestitionen, um die Funktionstüchtigkeit des Gebäudes auf konstantem Niveau zu erhalten (Strategie Werterhalt). Die Methodik wird im Anhang F.2 erläutert.
 - Der Wiederbeschaffungswert eines Bestandesbaus gibt Auskunft über die Umweltauswirkungen eines Bestandesbaus, wenn er neu gebaut würde. Die Methodik wird im Anhang F.3 erläutert.

3.3 Zu berücksichtigende Bauteile

- 3.3.1 Die Definitionen der Bauteile, die Ausmassregeln und ihre gegenseitige Abgrenzung stützen sich auf die Bauteildefinitionen im elementbasierten Baukostenplan Hochbau eBKP-H. Berücksichtigt werden Bauteile aus den Hauptgruppen *B Vorbereitung*, *C Konstruktion Gebäude*, *D Technik Gebäude*, *E Äussere Wandbekleidung Gebäude*, *F Bedachung Gebäude* und *G Ausbau Gebäude*.
- 3.3.2 Es werden die folgenden Elementgruppen gemäss elementbasiertem Baukostenplan Hochbau eBKP-H berücksichtigt.

Elementgruppe nach eBKP-H	Bemerkungen
B06.01 Aushub	Keine Unterscheidung zwischen kontaminiert und nicht kontaminiert
B06.02	
B06.04 Baugrubenabschluss	Schlitz-, Spund- oder Rühlwände
B07.02 Pfählung	
C01 Fundament, Bodenplatte	
C02.01 (A) Aussenwandkonstruktion (unter Terrain)	vgl. Ziffer 3.4.1.1
C02.01 (B) Aussenwandkonstruktion (über Terrain)	vgl. Ziffer 3.4.1.1
C02.02 Innenwandkonstruktion	vgl. Ziffer 3.4.1.2
C03 Stützenkonstruktion	
C04.01 Geschossdecke	vgl. Ziffer 3.4.1.3
C04.04 Konstruktion Flachdach	
C04.05 Konstruktion geneigtes Dach	
C04.08 Aussen liegende Konstruktion, Vordach	
D01 Elektroanlage	inkl. Photovoltaikanlagen
D05 Wärmetechnische Anlage	inkl. Solarthermieanlagen und Erdsonden
D07 Lufttechnische Anlage	
D08 Wassertechnische Anlage	
E01 Äussere Wandbekleidung unter Terrain	
E02 Äussere Wandbekleidung über Terrain	inkl. Bekleidung Untersicht
E03 Element in Aussenwand	Fenster, Türen, Tore, Sonnenschutz
F01.01 Dachabdichtung unter Terrain	
F01.02 Bedachung Flachdach	ohne An- und Abschlüsse
F01.03 Bedachung geneigtes Dach	
G01 Trennwand, Innentür, Innentor	vgl. Ziffer 3.4.1.2, inkl. Innenfenster
G02 Bodenbelag	vgl. Ziffer 3.4.1.4
G03 Wandbekleidung	
G04 Deckenbekleidung	vgl. Ziffer 3.4.1.4

3.4 Vereinfachungen und Vernachlässigungen

3.4.1 Vereinfachungen, Messregeln

- 3.4.1.1 Aussenwände werden mit Aussenabmessungen berechnet (vgl. SIA 380).
- 3.4.1.2 Innenwände werden mit Innenabmessungen und ohne Abzüge für Leitungs- oder Kanaldurchbrüche durchgerechnet.
- 3.4.1.3 Decken werden ohne Abzüge für Schächte oder Treppen durchgerechnet, Treppen werden nicht berechnet.
- 3.4.1.4 Boden- und Deckenbekleidungen werden in frühen Planungsphasen ohne Abzug der Konstruktionsflächen durchgerechnet.

3.4.2 Vernachlässigungen

- 3.4.2.1 Für die Berechnungen nach diesem Merkblatt werden die folgenden Leistungen und Elemente in der Regel nicht mitbilanziert, obschon deren Umweltauswirkungen in Spezialfällen bedeutend sein können:
 - Gütertransporte vom Materiallager in der Schweiz auf die Baustelle.⁵
 - Die Energie für den Gebrauch von Maschinen, die Beleuchtung, das Heizen, das Austrocknen von Räumen und das Auspumpen von Baugruben.
 - Verpackungen und Materialverschnitt.⁶
 - Lineare Elemente am Rand von Bauteilen, wie Dachrinnen, Fensterzargen usw.
- 3.4.2.2 In speziell energieintensiven Situationen (z. B. Helikoptertransporte, Transporte mit sehr geringen Auslastungen, besonders langwierige Bauaustrocknung, aufwendige und grossflächige Fensterzargen usw.) und für Detailanalysen sollen die gemäss 3.4.2.1 zu vernachlässigenden Leistungen und Elemente nach Möglichkeit und gegebener Relevanz berücksichtigt werden.

3.4.3 Nicht berücksichtigte Elementgruppen, Forschungsbedarf

- 3.4.3.1 Die Elementgruppen *A Grundstück*, *V Planungskosten*, *W Nebenkosten zu Erstellung*, *Y Reserve*, *Teuerung* und *Z Mehrwertsteuer* sind für Berechnungen gemäss diesem Merkblatt im Gegensatz zu Kostenberechnungen ohne Bedeutung.
- 3.4.3.2 Die Elementgruppe *I Umgebung Gebäude* liegt ausserhalb der Bilanzgrenze.
- 3.4.3.3 Mobile Ausstattungen und Mobiliar der Elementgruppe *J Ausstattung Gebäude* werden nicht berücksichtigt.
- 3.4.3.4 Die Elementgruppe *H Nutzungsspezifische Anlage Gebäude* kann für die Ökobilanzierung eines Gebäudes von grosser Bedeutung sein. Hier fehlen aber Datengrundlagen.
- 3.4.3.5 Auch zu Teilen der Elementgruppe *D Technik Gebäude* fehlen Datengrundlagen, insbesondere zu *D02 Gebäudeautomation*, *D03 Sicherheitsanlage*, *D04 Technische Brandschutzanlage*, *D06 Kältetechnische Anlage* und *D12 Beförderungsanlage*.

5 Die Materialtransporte des Unternehmers vom Lager zur Baustelle hängen sehr ausgeprägt von der Distanz zwischen Materiallager und Baustelle und von der Vergabepraxis der Bauherrschaft ab. Der Aufwand und die Distanz sind oft erst kurz vor oder erst während der Ausführungsphase bekannt. Eine Pauschalisierung ist nicht sinnvoll.

6 Verschnitte hängen vom spezifischen Bauprojekt ab. Materialspezifische, pauschale Zuschlagsfaktoren sind deshalb nicht praktikabel. Zudem führt das vereinfachte Ausmass gemäss 3.4.1 zu einer eher grosszügigen Bemessung der Quantitäten.

3.5 Phasengerechte Berechnung

- 3.5.1 Die Genauigkeit und der Detaillierungsgrad der Berechnung richten sich nach der Planungsphase gemäss SIA 112 und nach dem Zweck der Berechnung.
- 3.5.2 Damit die Berechnungen in den verschiedenen Phasen durchgängig vergleichbar sind, werden in allen Phasen die gleichen Elementgruppen (gemäss 3.3) berücksichtigt.
- 3.5.3 In der Phase *Vorstudie/Vorprojekt* findet die Optimierung hauptsächlich über die Bauteilmengen, d. h. über die Form des Gebäudes statt. Es sind entsprechende Flächenauszüge zu erstellen. Der phasengerechte Detaillierungsgrad ist in A.2 dargestellt. Die wichtigsten Einflussgrössen in dieser Phase sind in B.1 genannt. In Anhang D und der zugehörigen Bauteilliste [5] werden zudem Werte für Bauteile in der für diese Phase angemessenen Genauigkeit angegeben. Für einige Bauteile sind fixe Werte pro Bezugsgrösse angegeben. Für andere Bauteile werden vorgegebene Werte für eine beschränkte Auswahl von Bauweisen und Ausführungsvarianten verwendet.
- 3.5.4 In der Phase *Bauprojekt* findet die Optimierung hauptsächlich über die Wahl der Konstruktionen statt. Wenn die Baukonstruktionen im Detail bekannt sind, stehen verschiedene Rechenhilfen zur Verfügung, welche eine detaillierte Berechnung erlauben. Produktspezifische Daten sollten in Berechnungen erst eingesetzt werden, wenn im Projekt eine spezifische Produktwahl erfolgt ist.
- 3.5.5 In der Phase *Realisierung* soll im Sinne einer Qualitätssicherung sichergestellt werden, dass die verbauten Mengen und Materialien bzw. Produkte mit jenen in der Ökobilanz übereinstimmen.

Anhang A (normativ) Datenerfassung und Resultatausgabe

A.1 Gebäudestruktur und Resultatausgabe

A.1.1 Um die Nachvollziehbarkeit, Vergleichbarkeit und Überprüfbarkeit von Berechnungen sicherzustellen, müssen die Gebäudedaten einheitlich strukturiert werden. Die Gebäudestruktur gemäss Tabelle 1 erlaubt sowohl eine Eingabe gemäss elementbasiertem Baukostenplan Hochbau eBKP-H als auch eine Erfassung von Bauteilen gemäss SIA 380/1.

Tabelle 1 Gebäudestruktur

	Elementgruppe oder Element nach eBKP-H	Bezeichnung nach eBKP-H	Bezugsgrösse ^{A)}	Einheit	Bezeichnung nach SIA 380/1
Vorarbeiten	B06.01, B06.02	Aushub	Vol.	m ³	–
	B06.04	Baugrubenabschluss	BTF	m ²	–
	B07.02	Pfählung	BTF	m ²	–
Gebäudehülle unter Terrain	C01	Fundament, Bodenplatte	BTF	m ²	Boden gegen Erdreich ^{B)}
	C02.01, E01	Aussenwand	BTF	m ²	Wand gegen Erdreich ^{B)}
	C04.04, F01.01	Dach	BTF	m ²	Dach gegen Erdreich ^{B)}
Gebäudehülle über Terrain	C02.01, E02	Aussenwand	BTF	m ²	Wand gegen aussen ^{B)}
	E02.05	Untersichten	BTF	m ²	Boden gegen aussen ^{B)}
	E03	Fenster, Türen	BTF	m ²	Fenster, Tür
	C04.04, F01	Dach	BTF	m ²	Dach gegen aussen ^{B)}
Innen- und Aussenbauteile	C02.02, C03, G01, G03	Innenwände	BTF	m ²	(Wand gegen unbeheizt) ^{B)}
	C04.01, G02, G04	Geschossdecken	BTF	m ²	(Boden gegen unbeheizt) ^{B)}
	C04.08	Aussen liegende Konstruktion, Vordach	BTF	m ²	–
Gebäudetechnik	D01	Elektroanlage	EBF	m ²	–
	D05	Wärmetechnische Anlage	EBF	m ²	–
	D07	Lufttechnische Anlage	EBF	m ²	–
	D08	Wassertechnische Anlage	EBF	m ²	–

^{A)} BTF Bauteilfläche, EBF Energiebezugsfläche

^{B)} Im Unterschied zu Berechnungen nach SIA 380/1 sind alle Bauteile einzusetzen und nicht nur jene der thermischen Gebäudehülle.

A.1.2 Die Resultate einer Bilanzierung müssen aus Gründen der Nachvollziehbarkeit mindestens in die fünf Teilergebnisse zu Vorarbeiten, Gebäudehülle unter Terrain, Gebäudehülle über Terrain, Innen- und Aussenbauteile und Gebäudetechnik gegliedert sein.

A.2 Datenerfassung, Detaillierungsgrad

- A.2.1 Für die Bilanzierung müssen Flächenauszüge nach Bauteilen und Konstruktionen erstellt werden. Der Detaillierungsgrad unterscheidet sich dabei zwischen einer Eingabe in der Phase *Vorstudien/Vorprojekt* und einer Eingabe in der Phase *Bauprojekt*.
- A.2.2 Für die Phase *Vorstudien/Vorprojekt* kann auf die Vorprojektwerte in Anhang D zurückgegriffen werden. Diese sind ausreichend differenziert für eine erste Abschätzung. Den Werten pro Jahr sind die Amortisationszeiten gemäss Anhang C hinterlegt. Für die Energiebezugsfläche kann in dieser frühen Phase in der Regel als erste Annäherung die Geschossfläche über Terrain eingesetzt werden. Zur Ermittlung der weiteren Flächen gelten im Vorprojekt die Vereinfachungen gemäss Tabelle 2, sofern keine genaueren Flächenauszüge vorhanden sind.

Tabelle 2 Datenerfassung in der Phase Vorstudie/Vorprojekt

	Elemente	Vereinfachungen für das Ausmass in der Phase Vorstudie/Vorprojekt
Vorarbeiten	Aushub	Bauteilfläche Bodenplatte × (durchschnittliche Aushubtiefe + 1 m).
	Baugrubenabschluss	Bauteilfläche abschätzen anhand Aussenwandfläche unter Terrain.
	Pfählung	Dem Vorprojektwert liegt eine Annahme von 1,5 m Pfahllänge pro m ² Fundamentplatte zugrunde.
Gebäudehülle unter Terrain	Bodenplatte	Summe aller erdberührenden Geschossflächen.
	Aussenwand	Summe aller erdberührenden Wandflächen.
	Dach	Summe aller erdüberdeckten Dachflächen unter Terrain.
Gebäudehülle über Terrain	Aussenwand, Untersichten	Für die Aussenwandkonstruktion und die Aussenwandbekleidung kann die gleiche Fläche eingesetzt werden.
	Fenster, Türen	Summe aller Fensterflächen inkl. Aussentüren. Ausmass im Licht.
	Dach	Zu den Dachflächen gehören auch begehbare Dachflächen (Terrassen). Für die Konstruktion und den Dachaufbau (Dachhaut) wird das gleiche Ausmass eingesetzt.
Innen- und Aussenbauteile	Innenwände	In der Vorprojektphase werden Innenwände ohne Abzüge durchgerechnet. Es gilt die Annahme von 0,8 m ² Innenwand pro 1 m ² Geschossfläche, wobei diese je hälftig tragend und nicht tragend angenommen werden. In diesem Wert sind auch allfällige Stützen und Innentüren enthalten.
	Geschossdecken	Die Fläche entspricht der Geschossfläche minus der Bodenplatte. Für das Ausmass des Bodenaufbaus kann im Vorprojekt auch die Energiebezugsfläche eingesetzt werden.
	Balkon	Zu den Balkonflächen gehören auch Laubengänge.
Gebäude-technik	Elektroanlage	Vereinfachte Berechnung über Energiebezugsfläche. Solarstromanlage: Im Vorprojekt kann die maximale Leistung der Anlage mit dem Faktor 0,14 kWp/m ² ^{A)} aus der Modulfläche abgeleitet werden. Die Modulfläche kann grob als prozentualer Anteil (60%–90%) der möglichen belegbaren Dach- oder Fassadenfläche abgeschätzt werden.
	Wärmetechnische Anlage	Vereinfachte Berechnung über Energiebezugsfläche. Auch allfällige Erdsonden werden im Vorprojekt über die Energiebezugsfläche berechnet.
	Lüftungsanlage	Vereinfachte Berechnung über Energiebezugsfläche.
	Sanitäranlage	Vereinfachte Berechnung über Energiebezugsfläche.

^{A)} kWp = Kilowattpeak, Masseinheit für die maximale Leistung eines Photovoltaik-Moduls

A.2.3 Für die Phase *Bauprojekt* kann nicht mehr auf die Vorprojektwerte in Anhang D zurückgegriffen werden. Es sind differenziertere Werte bezüglich Materialisierung und insbesondere auch Dimensionierung einzusetzen. Für Bauteile, die zur thermischen Gebäudehülle gehören, kann auf die entsprechenden Ausmasse und Konstruktionen aus der Berechnung nach SIA 380/1 zurückgegriffen werden. Da Bauteile in SIA 380/1 meist aus der Konstruktion (Elementgruppen C) und der inneren wie äusseren Bekleidung (Elementgruppen G und F) zusammengesetzt sind, ist hier ein besonderes Augenmerk auf ein korrektes Einsetzen der unterschiedlichen Amortisationszeiten zu legen. Auch bei der Ermittlung der Bauteilflächen ist ein höherer Detaillierungsgrad angezeigt.

Tabelle 3 Datenerfassung in der Phase Bauprojekt

	Elemente	Ausmass in der Phase Bauprojekt
Vorarbeiten	Aushub	Erfassung wie Vorprojekt
	Baugrubenabschluss	effektive Fläche des Baugrubenabschlusses
	Pfählung	effektive Pfahllängen
Gebäudehülle unter Terrain	Bodenplatte	Erfassung wie Vorprojekt
	Aussenwand	Erfassung wie Vorprojekt
	Dach	Erfassung wie Vorprojekt
Gebäudehülle über Terrain	Aussenwand, Untersichten	effektive Flächen der Aussenwandkonstruktion und effektive Fläche der Aussenwandbekleidung
	Fenster, Türen	Erfassung wie Vorprojekt
	Dach	Erfassung wie Vorprojekt
Innen- und Aussenbauteile	Innenwände, Innentüren	effektive Innenwandflächen tragend und effektive Innenwandflächen nicht tragend plus Innentüren, Tore und innere Fenster
	Geschossdecken	effektive Flächen der Deckenkonstruktion und effektive Fläche der Bodenbeläge und Deckenbekleidungen
	Balkon	Erfassung wie Vorprojekt
Gebäude-technik	Elektroanlage	Erfassung wie Vorprojekt Solarstromanlage: effektive installierte Leistung
	Wärmetechnische Anlage	differenzierte Berechnung nach Wärmeerzeuger, Wärmeverteilung und Wärmeabgabe Erdsonden: effektive Sondenlänge
	Lüftungsanlage	Erfassung wie Vorprojekt, bei Einzelraumlüftern effektive Anzahl Geräte
	Sanitäranlage	Erfassung wie Vorprojekt

Anhang B (informativ) Einflussgrössen

B.1 Übersicht über die Einflussgrössen nach Phasen gemäss SIA 112

Tabelle 4 Einflussgrössen nach Phasen gemäss SIA 112

	Rahmen- bedingungen	Strategische Planung	Vorstudien	Projektierung	Ausschreibung, Realisierung	Bewirtschaftung
Geeignete politische Rahmenbedingungen schaffen:						
Verdichtetes Bauen mit hoher Ausnützung fördern	X					
Ökobilanzierungen über den ganzen Lebenszyklus verlangen		X	X			
Bedarf senken durch Massnahmen wie:						
Entscheid, ob vorhandene Bausubstanz weiterverwendet werden kann (Umbau statt Neubau)		X	X			
Auf Grösse und Kompaktheit optimierte Volumina			X	X		
Auf das Notwendige reduzierte Unterterrainbauten			X	X		
Bedarf an Flächen reduzieren; flächeneffiziente Grundrisse, die hohe Belegungen zulassen		X	X	X		
Einfaches Tragwerk mit angemessenen Spannweiten				X		
Angemessener Fensteranteil			X	X		
Ressourcenschonende Bauweise			X	X		
Angemessene Fassadenbekleidung (beständig, wenig Masse)				X		
Systemtrennung für gute Zugänglichkeit und Austauschbarkeit (Fenster, Gebäudetechnik, Sonnenschutz)				X		
Hohe Nutzungsflexibilität				X		
Massvoller Einsatz von Glas- und Metallfassaden				X		
Massvoller Einsatz von Gebäudetechnik			X	X		
Beständige und unterhaltsarme Baustoffe und Bauteile				X	X	
Kurze Transportdistanzen					X	
Qualitätssicherung:						
Projektierung und Ausführung auf Zielerreichung prüfen			X	X	X	
Bei Erneuerungen und Sanierungen Vorleistungen durch Systemtrennung beachten						X

B.2 Die wichtigsten Strategien

B.2.1 Die Optimierung der nicht erneuerbaren Primärenergie und der Treibhausgasemissionen für die Erstellung hat immer mit Blick auf die Auswirkungen im Betrieb zu erfolgen.

B.2.2 Die drei wichtigsten Strategien für die Minimierung der nicht erneuerbaren Primärenergie und der Treibhausgasemissionen im Bereich Erstellung erschliessen sich aus folgender Formel:

$$\text{Ökobilanz pro Jahr} = \frac{\text{Menge eines Materials} \times \text{Ökobilanz pro Menge}}{\text{Nutzungsdauer}}$$

Durch eine Reduktion der Menge, die ressourcenschonende Materialisierung und eine lange Nutzungsdauer lässt sich die Ökobilanz eines Gebäudes beeinflussen.

B.2.3 Weniger Menge

B.2.3.1 Je weniger gebaut wird, desto weniger Graue Energie und Treibhausgasemissionen werden investiert. Die Strategie **Suffizienz** als grösste Stellschraube wird ganz am Anfang eines Bauprojekts bei der Bestellung wirksam: Durch eine Konzentration auf das Wesentliche und Notwendige etwa im Raumprogramm einer Projektentwicklung wird wirksam Einfluss auf die Ökobilanz genommen. Auch durch **flächeneffiziente Konzepte** im Entwurf können die Graue Energie und die Treibhausgasemissionen deutlich reduziert werden. Der Effekt dieser wichtigen Stellschraube wird allerdings nicht sichtbar, wenn die Ökobilanz bezogen auf einen Quadratmeter Energiebezugsfläche ausgedrückt wird. Bei Vergleichen von Projektvarianten kann deshalb die Kontrolle über eine andere Bezugsgrösse – z. B. pro Gebäude, pro Kopf, pro Klassenzimmer – aufschlussreich sein.

B.2.3.2 Die **Grösse** und die **Kompaktheit** von Baukörpern sind die wichtigsten Einflussgrössen im Bereich Erstellung. Grosse und kompakte Baukörper zeichnen sich durch eine niedrige Kompaktheitszahl aus. Sie haben ein günstiges Verhältnis zwischen der materialintensiven Gebäudehülle und der von dieser umschlossenen Fläche.

B.2.3.3 **Bauteile unter Terrain** sind meist ressourcenintensiv. Sie sollen deshalb auf das notwendige Mass reduziert werden. Unbeheizte gebaute Räume unter Terrain belasten die Bilanz überproportional, wenn als Bezugsgrösse die Energiebezugsfläche gewählt wird. Wenn dadurch kein aufwendiger Systemwechsel im Tragwerk provoziert wird, sind Unterterrainbauten wenn möglich unter den Gebäuden zu platzieren, um aufwendige Fundamente und Dachflächen zu vermeiden. Zusätzlich verbessert sich dadurch die Kompaktheitszahl.

B.2.3.4 **Einfache Tragwerksysteme** mit geradliniger Lastabtragung reduzieren die Materialmenge: Durch eine Optimierung von Spannweiten, allenfalls vorgespannten Deckensystemen und einfachen Lastabtragungen, lässt sich die Ökobilanz auf einfache Weise entlasten.

B.2.4 Weniger Graue Energie und Treibhausgasemissionen pro Menge

B.2.4.1 Von einer gewissen Bedeutung ist auch die **Bauweise**. Mit dem Entscheid für einen Massivbau, eine Mischbauweise oder eine Leichtbauweise lässt sich insbesondere die Bilanz bei den Treibhausgasemissionen beeinflussen.

B.2.4.2 Die **Materialwahl** soll hinsichtlich Ressourcen- und Klimaschutz optimiert werden. Materialien, die in der Herstellung energieintensiv sind (z. B. Glas, Kunststoff, Metalle) sollen dort eingesetzt werden, wo ihre Eigenschaften einen sinnvollen Zusatznutzen generieren.

B.2.5 Beständigkeit und Langlebigkeit

B.2.5.1 Wie lange ein Gebäude oder ein Bauteil effektiv im Einsatz steht, ist von vielen Faktoren abhängig. Dies wird durch die Amortisationszeiten nur pauschal berücksichtigt.

- B.2.5.2 **Systemtrennung:** Bauteile, welche eine längere Lebens- oder Nutzungsdauer haben als andere Bauteile, sollen von diesen einfach trennbar sein. So können Bauteile der Sekundär- oder Tertiärkonstruktion (Elementgruppen D, E, F und G gemäss elementbasiertem Baukostenplan Hochbau eBKP-H) ausgewechselt, ersetzt oder erneuert werden, ohne die Bauteile der Primärkonstruktion (Elementgruppe C gemäss eBKP-H) anfassen zu müssen. Die Systemtrennung ist eine Voraussetzung für die Umbaufähigkeit von Gebäuden und verlängert die Nutzungsdauer eines Gebäudes entscheidend.
- B.2.5.3 Die **Beständigkeit** eines Bauteils ist abhängig vom Material, von der Konstruktion und vom Unterhalt. Eine systematische und regelmässige Instandhaltung und Instandsetzung verlängert die Nutzungsdauer von Bauteilen. Dasselbe gilt für den konstruktiv geschickten Einbau von Bauteilen, beispielsweise durch einen baulichen Witterungsschutz.
- B.2.5.4 **Anpassbarkeit:** Wenn Gebäude so konstruiert und konzipiert sind, dass sie ohne tiefgreifenden baulichen Eingriff angepasst und einer neuen Nutzungsweise zugeführt werden können, wird sich ein Umbau als Variante zum Ersatzneubau nicht nur aufgrund der besseren Ökobilanz durchsetzen. Nutzungsflexibilität oder auch Nutzungsneutralität sind typische Strategien, um Gebäude länger im Lebenszyklus halten zu können.
- B.2.5.5 Je nach Gebäudekategorie zeichnet die **Gebäudetechnik** für 20 % bis 30 % der Grauen Energie und der Treibhausgasemissionen eines Gebäudes verantwortlich. Die Gebäudetechnik hat – ähnlich wie der Innenausbau – vergleichsweise kurze Amortisations- bzw. Nutzungszeiten. Ein zurückhaltender Einsatz von gebäudetechnischen Elementen ist deshalb im Bereich Erstellung zielführend. Architektonische Lösungen führen in der Regel über den ganzen Lebenszyklus betrachtet zu einer besseren Ökobilanz als technische Lösungen.

Anhang C (normativ) Amortisationszeit

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

Tabelle 5 Amortisationszeiten

eBKP-H Hauptgruppe	Elementgruppe	Bezeichnung nach eBKP-H	Element bzw. Ausführung	Bemerkungen	Jahre			
					60	40	30	20
B								
Vorbereitung								
	B06.01, B06.02	Aushub			X			
	B06.04, B07.02	Baugrubenabschluss, Pfählung			X			
C								
Konstruktion Gebäude								
	C01	Fundament, Bodenplatte			X			
	C02.01 (A)	Aussenwandkonstruktion (unter Terrain)		ohne Bekleidung nach E01	X			
	C02.01 (B)	Aussenwandkonstruktion (über Terrain)		ohne Bekleidung nach E02	X			
	C02.02	Innenwandkonstruktion		tragend	X			
	C03	Stützenkonstruktion			X			
	C04.01	Geschossdecke		ohne Bekleidung nach G02 und G04	X			
	C04.04, C04.05	Dachkonstruktion		ohne Bedachung nach F	X			
	C04.08	Aussen liegende Konstruktion				X		
D								
Technik Gebäude								
	D01	Elektroanlage		inkl. Solarzellen			X	
	D05	Wärmetechnische Anlage	D05.02 Wärmeerzeugung	allg. Wärmeerzeugung			X	
				Erdwärmesonden		X		
				Solar Kollektoren			X	
			D05.04, D05.05 Wärmeverteilung, Wärmeabgabe				X	
	D07	Lufttechnische Anlage					X	
	D08	Wassertechnische Anlage	Sanitäranlage				X	

Tabelle 5 Amortisationszeiten (Fortsetzung)

eBKP-H Hauptgruppe	Elementgruppe	Bezeichnung nach eBKP-H	Element bzw. Ausführung	Bemerkungen	Jahre				
					60	40	30	20	
E									
Äussere Wandbekleidung Gebäude									
E01		Äussere Wandbekleidung unter Terrain			X				
E02		Äussere Wandbekleidung über Terrain	E02.01 Äussere Beschichtung E02.02 Aussenwärmedämmung E02.03 Fassadenbekleidung (hinterlüftet) E02.04 Systemfassade E02.05 Bekleidung Untersicht	Putz direkt auf der Konstruktion Kompaktfassade inkl. Auskragungen Fenster, Türen, Tore			X	X	X
E03		Element in Aussenwand					X		X
F									
Bedachung Gebäude									
F01		Dachhaut	F01.01 Dachabdichtung unter Terrain F01.02 Bedachung Flachdach F01.03 Bedachung geneigtes Dach		X			X	
F02		Element zu Dach		Dachfenster, Sonnenschutz				X	
G									
Ausbau Gebäude									
G01		Trennwand, Innentür, Innentor		nicht tragend, inkl. Innenfenster				X	
G02		Bodenbelag						X	
G03		Wandbekleidung						X	
G04		Deckenbekleidung		Bekleidungen, Putz				X	

Anhang D (normativ) Berechnungstabelle für Vorstudien und Vorprojekt

Die Tabelle kann für die Vorstudien und das Vorprojekt von Neu- und Umbauten verwendet werden. Die angegebenen Werte beruhen auf den Ökobilanzdaten im Baubereich, Stand Juli 2016. Die zugrunde liegenden Konstruktionen können auf energytools.ch heruntergeladen werden [5].

Tabelle 6 Vorstudien- und Vorprojektwerte

	Element oder Elementgruppe nach eBKP-H	Bezeichnung	Bezugsgrösse ^{A)}	Einheit	Primärenergie nicht erneuerbar pro Jahr	Treibhausgasemissionen pro Jahr
Vorarbeiten	B06 / B07.02	Baugrube				
		Aushub	Volumen	m ³	0,03	0,01
		Baugrubenabschluss (Rühlwand)	BTF	m ²	11,29	3,06
		Pfählung (Mikrobohrpfahl)	Bodenplatte	m ²	2,90	0,77
Gebäudehülle unter Terrain	C01	Fundament, Bodenplatte				
		ungedämmt	BTF	m ²	4,50	1,63
		gedämmt	BTF	m ²	7,37	2,71
		Aussenwand unter Terrain				
		ungedämmt	BTF	m ²	4,62	1,51
		gedämmt	BTF	m ²	8,27	2,74
Gebäudehülle über Terrain	C02.01 (A) / E01	Dach unter Terrain				
		ungedämmt	BTF	m ²	5,84	1,91
		gedämmt	BTF	m ²	11,34	3,62
		Aussenwandkonstruktion über Terrain				
Gebäudehülle über Terrain	C02.01 (B)	Betonwand (mit Innenputz)	BTF	m ²	3,59	1,23
		Backsteinwand (mit Innenputz)	BTF	m ²	3,28	1,09
		Holzwand (mit innerer Gipsbekleidung)	BTF	m ²	1,19	0,27
		Einsteinmauerwerk dämmend (mit Innenputz)	BTF	m ²	7,04	1,98
		Stützenraster (zu Fassadensystem)	BTF AW ^{B)}	m ²	0,55	0,14

A) BTF Bauteilfläche

B) BTF AW Aussenwandfläche

Tabelle 6 Vorstudien- und Vorprojektwerte (Fortsetzung)

		Bezeichnung			Einheit	Primärenergie nicht erneuerbar pro Jahr	Treibhausgas-emissionen pro Jahr	
	Element oder Elementgruppe nach eBKP-H				Bezugsgrösse ^{A)}		kg pro Einheit	
Gebäudehülle über Terrain	E02	Äussere Wandbekleidung über Terrain						
		Äussere Beschichtung, Putz			BTF	m ²	0,58	0,20
		Verputzte Aussenwärmedämmung			BTF	m ²	4,40	1,14
		Bekleidung Holz, hinterlüftet			BTF	m ²	2,55	0,46
		Bekleidung Faserzement / Naturstein, hinterlüftet			BTF	m ²	4,78	1,04
		Bekleidung Metall / Glas, hinterlüftet			BTF	m ²	8,20	1,79
		Zweischalenwand, äussere Schale			BTF	m ²	8,01	2,54
		Fassadensystem			BTF	m ²	26,00	5,94
		Fenster						
		E03 / F02		Mittelwert 3-fach IV, inkl. Sonnenschutz			BTF	m ²
C04.04 / C04.05		Dachkonstruktion						
		Betondecke 25 cm (mit Innenputz)			BTF	m ²	4,15	1,45
		Betondecke 40 cm (mit Innenputz)			BTF	m ²	7,44	2,42
		Profiblech Verbunddecke			BTF	m ²	5,34	1,40
		Massivholzdecke (mit unterer Gipsbekleidung)			BTF	m ²	2,69	0,52
F01.02 / F01.03		Holzbalkendecke (mit unterer Gipsbekleidung)			BTF	m ²	2,70	0,57
		Dachhaut						
		Flachdach gedämmt			BTF	m ²	11,55	2,94
		Flachdach ungedämmt			BTF	m ²	4,81	1,23
		Geneigtes Dach gedämmt			BTF	m ²	4,06	1,00
Geneigtes Dach ungedämmt			BTF	m ²	1,60	0,51		

^{A)} BTF Bauteilfläche

Tabelle 6 Vorstudien- und Vorprojektwerte (Fortsetzung)

	Element oder Elementgruppe nach eBKP-H	Bezeichnung	Einheit	Bezugsgrösse ^{A)}	Primärenergie nicht erneuerbar pro Jahr	Treibhausgasemissionen pro Jahr	
Innen- und Aussenbauteil	C02.02 / G03	Innenwandkonstruktion, Wandbekleidung					
		Mittelwert tragend (mit Innenputz)	m ²	BTF	3,67	1,22	
		Mittelwert nicht tragend (mit Beplankung)	m ²	BTF	4,93	1,10	
	C04.01	Geschossdecke					
		Betondecke 25 cm (mit Innenputz)	m ²	BTF	4,15	1,45	
		Holzelementdecke (mit unterer Gipsbekleidung)	m ²	BTF	1,54	0,32	
		Holzbetonverbund (mit unterer Gipsbekleidung)	m ²	BTF	2,16	0,66	
	G02 / G04	Bodenbelag, Deckenbekleidung					
		Fertiger Bodenbelag (ohne Unterkonstruktion)	m ²	BTF	1,77	0,37	
		Unterkonstruktion und Bodenbelag	m ²	BTF	4,13	1,20	
Dämmung gegen unbeheizt		m ²	BTF	1,68	0,25		
	Abgehängte Installationsdecke (Mittelwert)	m ²	BTF	2,79	0,62		
C04.08	Balkon, Vordach						
	Balkon inkl. Absturzsicherung	m ²	BTF	12,29	3,52		
Gebäude-technik	D01	Elektroanlage					
		Elektroanlage Wohnen	m ²	EBF	1,85	0,42	
		Elektroanlage Büro	m ²	EBF	3,79	0,80	
		Solarstromanlage (1 m ² = 0,14 kWp ^{C)})	m ²	BTF	37,43	10,83	
D05	Wärmetechnische Anlage						
	Wärmeerzeugung	m ²	EBF	0,34	0,08		
	Wärmeverteilung und -abgabe Wohnen	m ²	EBF	1,22	0,27		
	Wärmeverteilung und -abgabe Büro	m ²	EBF	1,85	0,44		
	Erdwärmesonde	m ²	EBF	1,63	0,35		
	Solkollektoren	m ²	BTF	23,17	5,17		

A) BTF Bauteilfläche, EBF Energiebezugsfläche

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

Tabelle 6 Vorstudien- und Vorprojektwerte (Fortsetzung)

					Primärenergie nicht erneuerbar pro Jahr	Treibhausgas- emissionen pro Jahr
	Element oder Elementgruppe nach eBKP-H	Bezeichnung	Bezugs- grösse ^{A)}	Einheit	kWh pro Einheit	kg pro Einheit
Gebäude- technik	D07	Lufttechnische Anlage				
		Abluftanlage Küche und Bad	EBF	m ²	0,50	0,11
		Lüftungsanlage Wohnen	EBF	m ²	1,82	0,42
	Lüftungsanlage Büro	EBF	m ²	3,08	0,72	
	D08	Wassertechnische Anlage				
		Sanitäranlage Wohnen	EBF	m ²	1,62	0,38
		Sanitäranlage Büro	EBF	m ²	1,10	0,27

A) EBF Energiebezugsfläche

Anhang E (informativ)

Vergleich der Berechnung mit Werten pro Jahr und mit absoluten Werten

E.1 Umweltauswirkungen im Lebenszyklus von Gebäuden

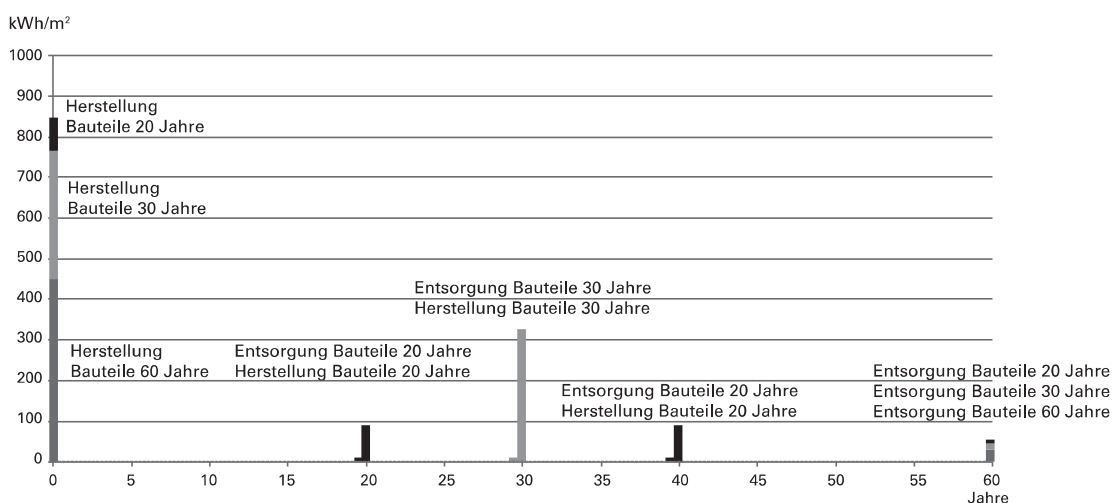
E.1.1 Die Umweltauswirkungen für den Bereich Erstellung treten zu unterschiedlichen Zeitpunkten im Lebenszyklus von Gebäuden auf: Einerseits beim Bau (Zeitpunkt 0) und andererseits beim Ersatz bzw. bei der Entsorgung von Bauteilen am Ende ihrer Amortisationszeit.

E.1.2 Im folgenden Beispiel wird der Betrachtungszeitraum mit 60 Jahren angenommen und Bauteile mit Amortisationszeiten von 60 Jahren (z. B. Rohbau), 30 Jahren (z. B. Fenster) und 20 Jahren (z. B. Heizung) eingesetzt. Alle Werte werden auf 1 m² Energiebezugsfläche bezogen. Die Umweltauswirkungen aus der Errichtungsphase werden vernachlässigt.

Tabelle 7 Beispiel zur Berechnung der Umweltauswirkungen im Lebenszyklus des Gebäudes

Zeitpunkt Jahr	Ereignis im Lebenszyklus des Gebäudes	Bauteile	Primärenergie nicht erneuerbar kWh/m ²	Amortisationszeit
0	Errichtung	Herstellung Bauteile 60 Jahre	450	60 Jahre
		Herstellung Bauteile 30 Jahre	315	30 Jahre
		Herstellung Bauteile 20 Jahre	90	20 Jahre
20	Ersatz	Entsorgung Bauteile 20 Jahre	10	20 Jahre
		Herstellung Bauteile 20 Jahre	90	
30	Ersatz	Entsorgung Bauteile 30 Jahre	15	30 Jahre
		Herstellung Bauteile 30 Jahre	315	
40	Ersatz	Entsorgung Bauteile 20 Jahre	10	20 Jahre
		Herstellung Bauteile 20 Jahre	90	
60	Rückbau	Entsorgung Bauteile 60 Jahre	30	60 Jahre
		Entsorgung Bauteile 30 Jahre	15	30 Jahre
		Entsorgung Bauteile 20 Jahre	10	20 Jahre
		Gebäude	1'440	

Figur 2 Grafische Darstellung der Umweltauswirkungen im Lebenszyklus des Gebäudes



E.2 Berechnung mit Werten pro Jahr und mit absoluten Werten

E.2.1 Allgemeines

E.2.1.1 Um die Umweltauswirkungen im Bereich Erstellung von Gebäuden zu bilanzieren, gibt es zwei Berechnungsweisen. Die Bilanzierung kann in absoluten und in Werten pro Jahr erfolgen. Eine Bilanzierung in absoluten Werten und jene in Werten pro Jahr liefern übereinstimmende Resultate mit Ausnahme der Bauteile mit einer Amortisationszeit von 40 Jahren. Der Berechnungsgang ist jedoch unterschiedlich.

E.2.1.2 In der Darstellung werden im Folgenden vereinfachend die Umweltauswirkungen in der Herstellungs- und Entsorgungsphase der Bauteile addiert und beides im Sinne einer «vorgezogenen Entsorgungsgebühr» beim Einbau des Bauteils eingerechnet.

E.2.1.3 Umweltauswirkungen aus der Errichtungsphase werden im Folgenden vernachlässigt. Die oft mehrjährige Dauer der Bautätigkeit wird ignoriert und auf einen Zeitpunkt festgesetzt.

E.2.2 Berechnung mit absoluten Werten

E.2.2.1 Bei der Berechnung wird der Aufwand in der Herstellungs- und Entsorgungsphase des Bauteils zusammengezählt und zum Zeitpunkt des Einbaus des Bauteils in die Berechnung aufgenommen. Anschliessend werden alle absoluten Werte aufsummiert, die bis zum Ende des Betrachtungszeitraums anfallen. Im folgenden Beispiel werden die gleichen Werte wie in E.1.2 eingesetzt.

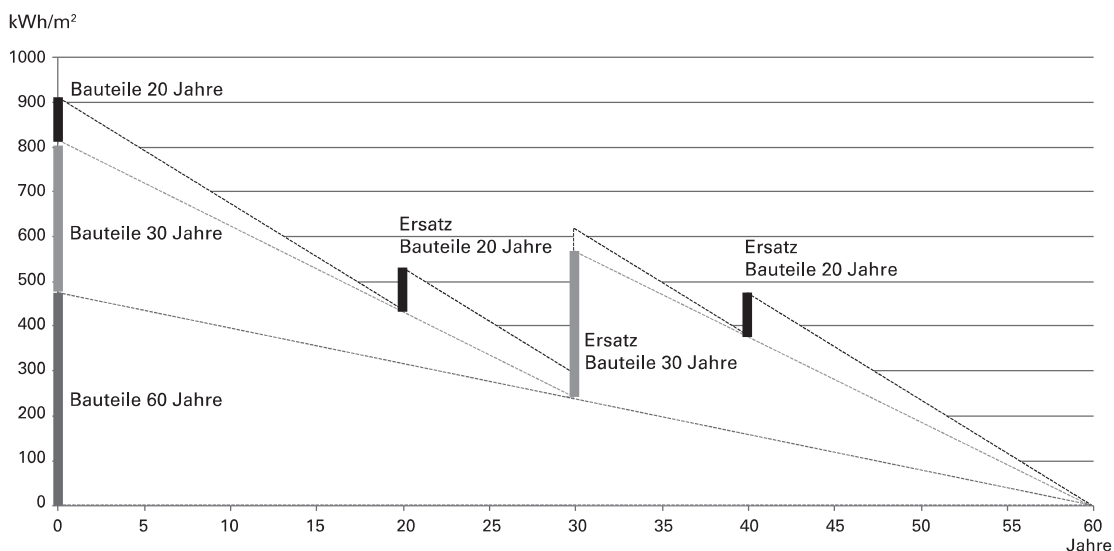
Tabelle 8 Beispiel zur Berechnung mit absoluten Werten über einen Betrachtungszeitraum von 60 Jahren

Zeitpunkt Jahr	Ereignis im Lebenszyklus des Gebäudes	Umweltauswirkungen von Bauteilen	Primärenergie nicht erneuerbar kWh/m ²	Amortisationszeit
0	Errichtung	Herstellung und Entsorgung Bauteile 60 Jahre	450 + 30 = 480	60 Jahre
		Herstellung und Entsorgung Bauteile 30 Jahre	315 + 15 = 330	30 Jahre
		Herstellung und Entsorgung Bauteile 20 Jahre	90 + 10 = 100	20 Jahre
20	Ersatz	Herstellung und Entsorgung Bauteile 20 Jahre	90 + 10 = 100	20 Jahre
30	Ersatz	Herstellung und Entsorgung Bauteile 30 Jahre	315 + 15 = 330	30 Jahre
40	Ersatz	Herstellung und Entsorgung Bauteile 20 Jahre	90 + 10 = 100	20 Jahre
60	Rückbau	–		
		Gebäude	1'440	

Umrechnung in Werte pro Jahr: 1'440 kWh/m² / 60 Jahre = 24 kWh/m² pro Jahr

E.2.2.2 Die grafische Darstellung über den Betrachtungszeitraum bildet die Investitionen zum Zeitpunkt ihres Einbaus ab. In Abweichung zur Figur 2 ist in Figur 3 die Entsorgung zum Zeitpunkt der Herstellung eingerechnet. Dadurch kann der Restwert eines Gebäudes gemäss F.1 zu jedem beliebigen Zeitpunkt im Lebenszyklus des Gebäudes bestimmt werden.

Figur 3 Grafische Darstellung der Berechnung mit absoluten Werten



E.2.2.3 Die jährliche Abschreibung der in Figur 3 dargestellten Investitionen ist konstant. Die (negative) Steigung der Kurve entspricht den Werten pro Jahr (erste Ableitung der Kurve).

E.2.3 **Berechnung mit Werten pro Jahr**

E.2.3.1 Bei der Berechnung wird der Aufwand in der Herstellungs- und Entsorgungsphase des Bauteils zusammengezählt und durch die jeweilige Amortisationszeit dividiert. Anschliessend werden die Werte pro Jahr aller Bauteile aufsummiert. Im folgenden Beispiel werden die gleichen Werte wie in E.1.2 eingesetzt.

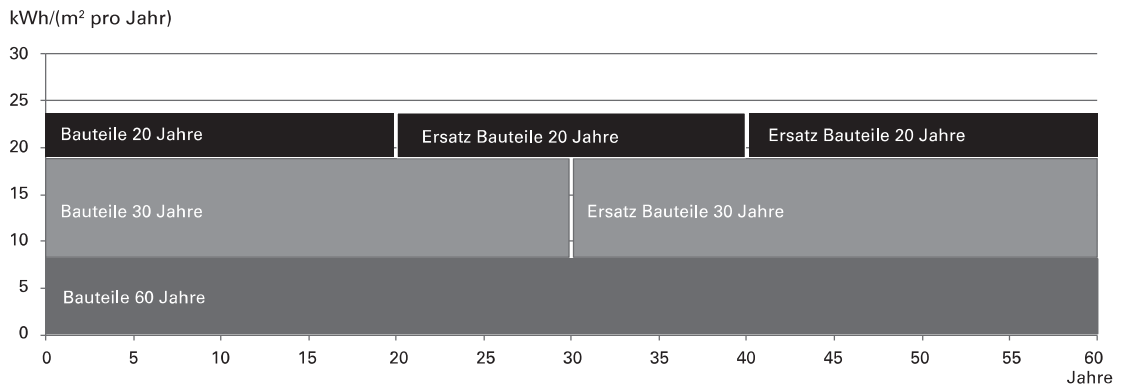
Tabelle 9 Beispiel zur Berechnung mit Werten pro Jahr

Umweltauswirkungen von Bauteilen	Primärenergie nicht erneuerbar kWh/m ²	Amortisationszeit	Primärenergie nicht erneuerbar pro Jahr kWh/m ²
Herstellung und Entsorgung Bauteile 60 Jahre	450 + 30 = 480	60 Jahre	8,0
Herstellung und Entsorgung Bauteile 30 Jahre	315 + 15 = 330	30 Jahre	11,0
Herstellung und Entsorgung Bauteile 20 Jahre	90 + 10 = 100	20 Jahre	5,0
Gebäude			24,0

Umrechnung in absolute Werte: 24 kWh/m² pro Jahr × 60 Jahre = 1'440 kWh/m²

E.2.3.2 Die grafische Darstellung zeigt, dass die Werte pro Jahr über den gesamten Betrachtungszeitraum konstant bleiben (Wert auf der y-Achse). Der Ersatz der Bauteile, welche jeweils nach Ablauf der Amortisationszeit erfolgt, dient dem Werterhalt des Gebäudes.

Figur 4 Grafische Darstellung der Berechnung gemäss Bilanzierungsmodell mit Werten pro Jahr



Anhang F (informativ)

Berechnungen bei Bestandesbauten: Restwert, Werterhalt, Wiederbeschaffungswert

Bestandesbauten stehen mitten im Lebenszyklus. Sie werden zum Zeitpunkt der Ermittlung weder neu gebaut noch umgebaut oder rückgebaut. Für Bestandesbauten kann unterschieden werden zwischen der Berechnung des Restwerts zu einem bestimmten Zeitpunkt (F.1), dem zukünftigen Werterhalt (F.2) und dem Wiederbeschaffungswert eines Bestandesbaus (F.3).

F.1 Restwert eines Bestandesbaus

F.1.1 Sollen bei Bestandesbauten die Umweltauswirkungen aller nicht amortisierten Bauteile berechnet werden, die sich innerhalb des Bilanzperimeters befinden, ist eine Restwertbetrachtung angezeigt.⁷ Bilanziert werden ausschliesslich die zum Zeitpunkt der Ermittlung noch nicht amortisierten Bauteile. Zukünftige Ersatzbauteile werden nicht eingerechnet. Die Bilanzierung dieser – dem Werterhalt eines Bestandesbaus dienenden – zukünftigen Investitionen wird in F.2 beschrieben.

F.1.2 Der Restwert eines Bestandesbaus wird in der Regel in absoluten Werten ausgedrückt. Die Berechnung erfolgt mit folgendem Berechnungsgang:

$$\begin{aligned} & \text{Restwert zum Zeitpunkt } t \text{ (} t = \text{Jahre seit Neubau/Umbau) =} \\ & \text{Bauteile 60 Jahre} \times t_1/60 + \text{Bauteile 30 Jahre} \times t_2/30 + \text{Bauteile 20 Jahre} \times t_3/20 \\ & t_1 = 60 - t \\ & t_2 = 30 - t, \text{ für } 0 < t \leq 30 \text{ Jahre} \\ & \quad = 60 - t, \text{ für } 30 < t \leq 60 \text{ Jahre} \\ & t_3 = 20 - t, \text{ für } 0 < t \leq 20 \text{ Jahre} \\ & \quad = 40 - t, \text{ für } 20 < t \leq 40 \text{ Jahre} \\ & \quad = 60 - t, \text{ für } 40 < t \leq 60 \text{ Jahre} \\ & t_1, t_2, t_3 = 0, \text{ für } t > 60 \text{ Jahre (das heisst, dass ein Gebäude älter als 60 Jahre} \\ & \text{einen Restwert von Null hat)} \end{aligned}$$

Beispiel, gerechnet mit den Werten in E.1.2:

25 Jahre nach Neubau beträgt der Restwert des Bestandesbaus

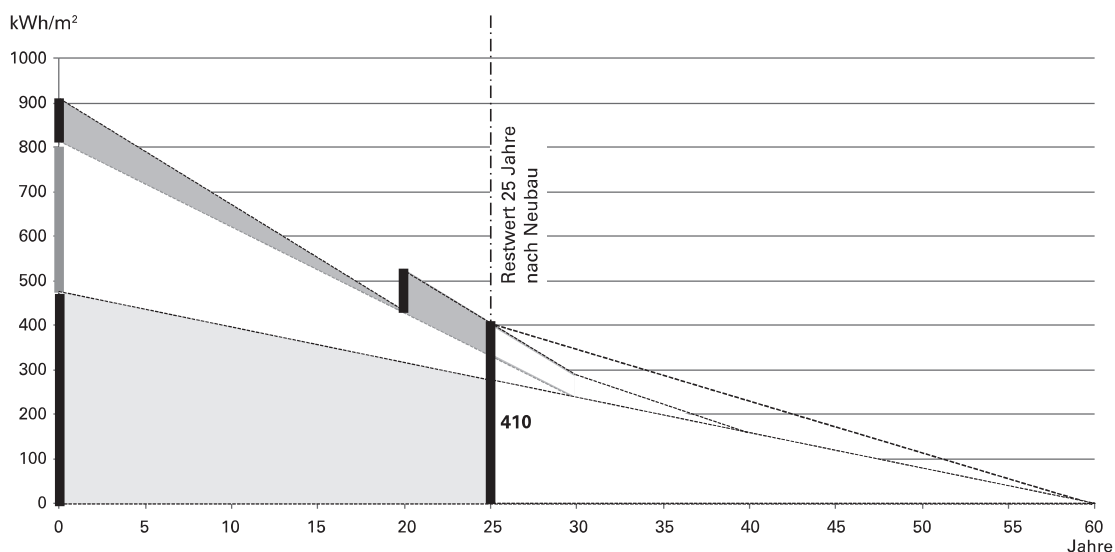
$$480 \frac{\text{kWh}}{\text{m}^2} \cdot \frac{(60-25)}{60} + 330 \frac{\text{kWh}}{\text{m}^2} \cdot \frac{(30-25)}{30} + 100 \frac{\text{kWh}}{\text{m}^2} \cdot \frac{(40-25)}{20} = 410 \frac{\text{kWh}}{\text{m}^2}$$

F.1.3 Die Höhe des Restwerts hängt vom Zeitpunkt der Betrachtung (t) ab, da je nach Zeitpunkt gewisse Bauteile erst vor kurzem ersetzt wurden und diese den Restwert erhöhen. Obiges Beispiel: Bei $t = 25$ Jahre wurden die Bauteile 30 Jahre bereits über 25 Jahre amortisiert; beim Zeitpunkt $t = 35$ Jahre jedoch erst über 5 Jahre.

⁷ In ökonomischer Begrifflichkeit entspricht der Restwert dem Buchwert am Bilanzstichtag.

F.1.4 Gemäss Figur 3 in E.2.2 lässt sich die Bilanzierung des Restwerts eines Bestandesbaus mit absoluten Werten gemäss Figur 5 darstellen.

Figur 5 Grafische Darstellung der Berechnung des Restwerts mit absoluten Werten



F.1.5 Auch der Restwert kann in Werten pro Jahr ausgedrückt werden. Der Restwert muss bis zum Ende des Betrachtungszeitraums, im Beispiel 35 Jahre, amortisiert werden. Der Restwert pro Jahr beträgt somit

$$410 \text{ kWh/m}^2 / 35 = \mathbf{11,7 \text{ kWh/m}^2}$$

Da bei einer Restwertberechnung keine Bauteile mehr ersetzt werden, verändert sich die Funktionstüchtigkeit des Gebäudes.

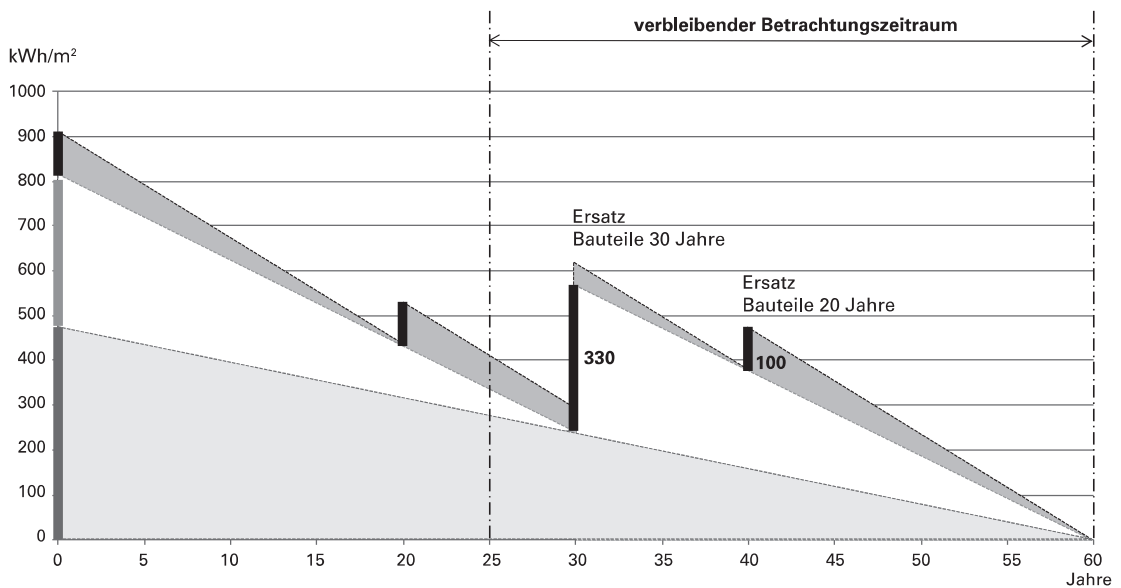
F.2 Werterhalt eines Bestandesbaus

F.2.1 Damit ein Bestandesbau auch in Zukunft weiter genutzt werden kann und dessen Wert erhalten bleibt (Strategie Werterhalt), sind regelmässige Investitionen in die Instandhaltung und Instandsetzung zwingend.

F.2.2 Der verbleibende Betrachtungszeitraum für Bestandesbauten, die nach der Strategie des Wertehalts bewirtschaftet werden, ist objektspezifisch entsprechend der vorgesehenen Nutzungsdauer zu wählen. Er endet spätestens beim Umbau oder Rückbau des Gebäudes.

F.2.3 Gemäss Figur 3 in E.2.2 lässt sich die Bilanzierung des zukünftigen Werterhalts eines Bestandesbaus mit absoluten Werten gemäss Figur 6 darstellen.

Figur 6 Grafische Darstellung der Berechnung des Werterhalts mit absoluten Werten



F.2.4 Die Berechnung erfolgt mit folgendem Berechnungsgang:

Berechnung des Werterhalts von Bestandesbauten in absoluten Werten = Aufwand für alle fälligen Ersatzbauteile bis zum Ende des Betrachtungszeitraums

F.2.5 Die Umrechnung in Werte pro Jahr erfolgt über eine Division mit der Anzahl Jahre im verbleibenden Betrachtungszeitraum. Am Ende des Betrachtungszeitraums sind immer alle Bauteile amortisiert. Die effektive Abschreibungszeit der einzelnen Bauteile entspricht je nach gewähltem Betrachtungszeitraum nicht in jedem Fall den in diesem Merkblatt festgelegten Amortisationszeiten.⁸

⁸ Bestehende Berechnungsinstrumente für das Merkblatt SIA 2040 basieren in der Regel auf der Berechnungsweise mit Werten pro Jahr gemäss Anhang E.2.2. Die Amortisationszeiten der Bauteile können nicht frei gewählt werden – sie entsprechen den Werten in Anhang C.

F.2.6

Folgende Beispiele zeigen die Resultate bei unterschiedlichem Betrachtungszeitraum. Die Werte der Umweltauswirkungen werden in den Beispielen immer gemäss Tabelle 7 im Anhang E eingesetzt.

Beispiel 1: Berechnung bei Strategie Werterhalt mit absoluten Werten beim Zeitpunkt 25 Jahre nach Neubau und über einen verbleibenden Betrachtungszeitraum von 35 Jahren (Annahme)

Zeitpunkt Jahr	Ereignis im Lebenszyklus des Gebäudes	Umweltauswirkungen von Bauteilen	Primärenergie nicht erneuerbar kWh/m ²	verbleibender Betrachtungszeitraum Jahre
25		Bilanzierungszeitpunkt		
30	Ersatz	Herstellung und Entsorgung Bauteile 30 Jahre	315 + 15 = 330	
40	Ersatz	Herstellung und Entsorgung Bauteile 20 Jahre	90 + 10 = 100	
60	Rückbau, Umbau	Ende des Betrachtungszeitraums		
		Walterhalt 25 Jahre nach Errichtung und bei verbleibendem Betrachtungszeitraum von 35 Jahren	430	60-25 = 35

Umrechnung in Werte pro Jahr: 430 kWh/m² / 35 Jahre = 12,3 kWh/m² pro Jahr

Beispiel 2: Berechnung bei Strategie Werterhalt mit absoluten Werten beim Zeitpunkt 25 Jahre nach Neubau und über einen verbleibenden Betrachtungszeitraum von 15 Jahren (Annahme)

Zeitpunkt Jahr	Ereignis im Lebenszyklus des Gebäudes	Umweltauswirkungen von Bauteilen	Primärenergie nicht erneuerbar kWh/m ²	verbleibender Betrachtungszeitraum Jahre
25		Bilanzierungszeitpunkt		
30	Ersatz	Herstellung und Entsorgung Bauteile 30 Jahre	315 + 15 = 330	
40	Rückbau, Umbau	Ende des Betrachtungszeitraums		
		Walterhalt 25 Jahre nach Errichtung und bei verbleibendem Betrachtungszeitraum von 15 Jahren	330	40-25 = 15

Umrechnung in Werte pro Jahr: 330 kWh/m² / 15 Jahre = 22,0 kWh/m² pro Jahr

Beispiel 3: Berechnung bei Strategie Werterhalt mit absoluten Werten beim Zeitpunkt 25 Jahre nach Neubau und über einen verbleibenden Betrachtungszeitraum von 60 Jahren (Annahme)⁹

Zeitpunkt Jahr	Ereignis im Lebenszyklus des Gebäudes	Umweltauswirkungen von Bauteilen	Primärenergie nicht erneuerbar kWh/m ²	verbleibender Betrachtungszeitraum Jahre
25		Bilanzierungszeitpunkt		
30	Ersatz	Herstellung und Entsorgung Bauteile 30 Jahre	315 + 15 = 330	
40	Ersatz	Herstellung und Entsorgung Bauteile 20 Jahre	90 + 10 = 100	
60	Ersatz	Herstellung und Entsorgung Bauteile 30 Jahre	315 + 15 = 330	
80	Ersatz	Herstellung und Entsorgung Bauteile 20 Jahre	90 + 10 = 100	
85	Rückbau, Umbau	Herstellung und Entsorgung Bauteile 20 Jahre	90 + 10 = 100	
		Ende des Betrachtungszeitraums		
		Werterhalt 25 Jahre nach Errichtung und bei verbleibendem Betrachtungszeitraum von 60 Jahren	960	85-25 = 60

Umrechnung in Werte pro Jahr: $960 \text{ kWh/m}^2 / 60 \text{ Jahre} = 16,0 \text{ kWh/m}^2 \text{ pro Jahr}$

F.3 Wiederbeschaffungswert eines Bestandesbaus

- F.3.1 Der Wiederbeschaffungswert der Umweltauswirkungen eines Gebäudes hat sein ökonomisches Pendant in der Neuwertversicherung. Er entspricht den Umweltauswirkungen eines Bestandesbaus, wenn er neu erstellt würde. Der Wiederbeschaffungswert wird hier der Vollständigkeit halber aufgeführt. Er entspricht der Summe aus Restwert und Werterhalt bei einem Betrachtungszeitraum von insgesamt 60 Jahren.
- F.3.2 Die Umweltauswirkungen im Bereich Erstellung für die Wiederbeschaffung eines Bestandesbaus werden gemäss E.2 (Berechnung mit Werten pro Jahr oder mit absoluten Werten) ermittelt.

⁹ Bei einem verbleibenden Betrachtungszeitraum von 60 Jahren kann die Berechnung des Werterhalts alternativ auch direkt in Werten pro Jahr gemäss E.2.3 erfolgen. Es können bestehende Berechnungsinstrumente angewendet werden.

Anhang G (informativ) Publikationen

Dieser Anhang verweist auf Publikationen zum Thema des vorliegenden Merkblatts.

- [1] Dokumentation SIA D 0216, *SIA Effizienzpfad Energie*, 2006
- [2] KBOB, eco-bau und IPB (2016), KBOB-Empfehlung 2009/1:2016, *Ökobilanzdaten im Baubereich*, Stand Juli 2016, Koordinationskonferenz der Bau- und Liegenschaftsorgane der öffentlichen Bauherren c/o BBL Bundesamt für Bauten und Logistik
- [3] Plattform Ökobilanzdaten im Baubereich, *Regeln für die Ökobilanzierung von Baustoffen und Bauprodukten in der Schweiz*, Version 3.0, 15.06.2015, www.eco-bau.ch
- [4] *KBOB Ökobilanzdatenbestand DQRv2:2016*; Grundlage für die KBOB-Empfehlung 2009/1:2016: Ökobilanzdaten im Baubereich, Stand 2016, Koordinationskonferenz der Bau- und Liegenschaftsorgane der öffentlichen Bauherren c/o BBL Bundesamt für Bauten und Logistik, www.ecoinvent.org
- [5] SIA 2032, *Herleitung der Vorprojektdata gemäss Anhang D*, www.energytools.ch

Anhang H (informativ) Verzeichnis der Begriffe

Tabelle 6 Alphabetisches Verzeichnis der in Kapitel 1 definierten Begriffe

Deutsch	Französisch	Italienisch	Ziffer
Amortisationszeit	Durée d'amortissement	Tempo d'ammortamento	1.1.2.13
Baustoff	Matériau	Materiale da costruzione	1.1.1.8
Bauteil	Élément de construction	Elemento costruttivo	1.1.1.9
Bauteilfläche	Surface des éléments de construction	Superficie di elementi costruttivi	1.1.1.10
Bereich Betrieb	Domaine «exploitation»	Ambito dell'esercizio	1.1.2.4
Bereich Erstellung	Domaine «construction»	Ambito della costruzione	1.1.2.3
Bestandesbau	Bâtiment existant	Edificio esistente	1.1.1.4
Betrachtungszeitraum	Période de calcul	Periodo di osservazione	1.1.2.2
Bilanzperimeter	Périmètre de bilan	Perimetro di bilancio	1.1.2.1
Energieträger	Agent énergétique	Vettore energetico	1.1.3.6
Entsorgungsphase	Étape de fin de vie	Fase di smaltimento	1.1.2.7
Erneuerbare Primärenergie	Énergie primaire renouvelable	Energia primaria rinnovabile	1.1.3.3
Errichtungsphase	Étape de construction	Fase di costruzione	1.1.2.6
Ersatz	Remplacement	Rimpiazzo	1.1.2.11
Fensterfläche	Surface des fenêtres	Superficie delle finestre	1.1.1.11
Gebäude	Bâtiment	Edificio	1.1.1.1
Graue Energie	Énergie grise	Energia grigia	1.1.3.5
Herstellungsphase	Étape de production	Fase di produzione	1.1.2.5
Instandhaltung	Maintenance	Manutenzione	1.1.1.6
Instandsetzung	Remise en état	Ripristino	1.1.1.7
Kompaktheitszahl	Indice de compacité	Indice di compattezza	1.1.1.12
Neubau	Construction nouvelle	Nuova costruzione	1.1.1.2
Nicht erneuerbare Primärenergie	Énergie primaire non renouvelable	Energia primaria non rinnovabile	1.1.3.2
Nutzungsdauer	Durée d'utilisation	Durata d'utilizzo	1.1.2.12
Primärenergie gesamt	Énergie primaire totale	Energia primaria totale	1.1.3.1
Restwert	Valeur résiduelle	Valore residuo	1.1.2.15
Rezyklieren	Recyclage	Riciclaggio	1.1.2.10
Rückbau	Déconstruction	Demolizione	1.1.2.8
Sekundärmaterial	Matériau secondaire	Materiale secondario	1.1.2.9
Technische Lebensdauer	Durée de vie technique	Durata di vita tecnica	1.1.2.14
Treibhausgasemission	Émission de gaz à effet de serre	Emissione di gas a effetto serra	1.1.3.4
Umbau	Transformation	Ristrutturazione	1.1.1.3
Unterhalt	Entretien	Manutenzione	1.1.1.5
Werterhalt	Valeur de préservation	Mantenimento del valore	1.1.2.16
Wiederbeschaffungswert	Valeur de remplacement	Valore di sostituzione	1.1.2.17

In der Kommission SIA 2032 vertretene Organisationen

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

Kommission SIA 2032, Graue Energie von Gebäuden

		Vertreter von
Präsidentin	Annick Lalive d'Epinay, dipl. Arch. ETH, Dr. sc. nat., Zürich	Stadt Zürich, KBOB/eco-bau
Mitglieder	Gabriel Borer, dipl. HLK Ing. FH, Münchenstein Patrick Ernst, dipl. Arch. FH/SIA, Luzern Rolf Frischknecht, dipl. Bau-Ing. ETH/SIA, Dr. sc. techn., Uster Frank Gysi, dipl. Arch. ETH/SIA, Küttigen Sébastien Lasvaux, dipl. Ing. INSA/SIA, Dr. sc. techn., Yverdon-les-Bains Severin Lenel, dipl. Arch. FH/SIA, St. Gallen Martin Ménard, dipl. Masch.-Ing. ETH/SIA, Zürich (bis Dez. 2017) Stefan Mennel, dipl. HLK/HS Ing. FH/SIA, Baar (ab Jan. 2018) Yann Perret, BSc Holztechnik, Liebefeld	Planung Planung Ökobilanzierung SIA KH Hochschule Minergie-Eco SIA KGE SIA KH, SIA KGE Planung

Sachbearbeitung	Matthias Klingler, MSc Umwelting, EPF/SIA, Zürich Katrin Pfäffli, dipl. Arch. ETH/SIA, Zürich
-----------------	--

Verantwortlicher SIA Geschäftsstelle Luca Pirovino, dipl. Kultur-Ing. ETH/SIA, Zürich

Genehmigung und Gültigkeit

Die Zentralkommission für Normen des SIA hat das vorliegende Merkblatt SIA 2032 am 2. Juni 2020 genehmigt.

Es ist gültig ab 1. August 2020.

Es ersetzt das Merkblatt SIA 2032 *Graue Energie von Gebäuden*, Ausgabe 2010.

Copyright © 2020 by SIA Zurich

Alle Rechte, auch die des auszugsweisen Nachdrucks, der auszugsweisen oder vollständigen Wiedergabe und Speicherung sowie das der Übersetzung, sind vorbehalten.