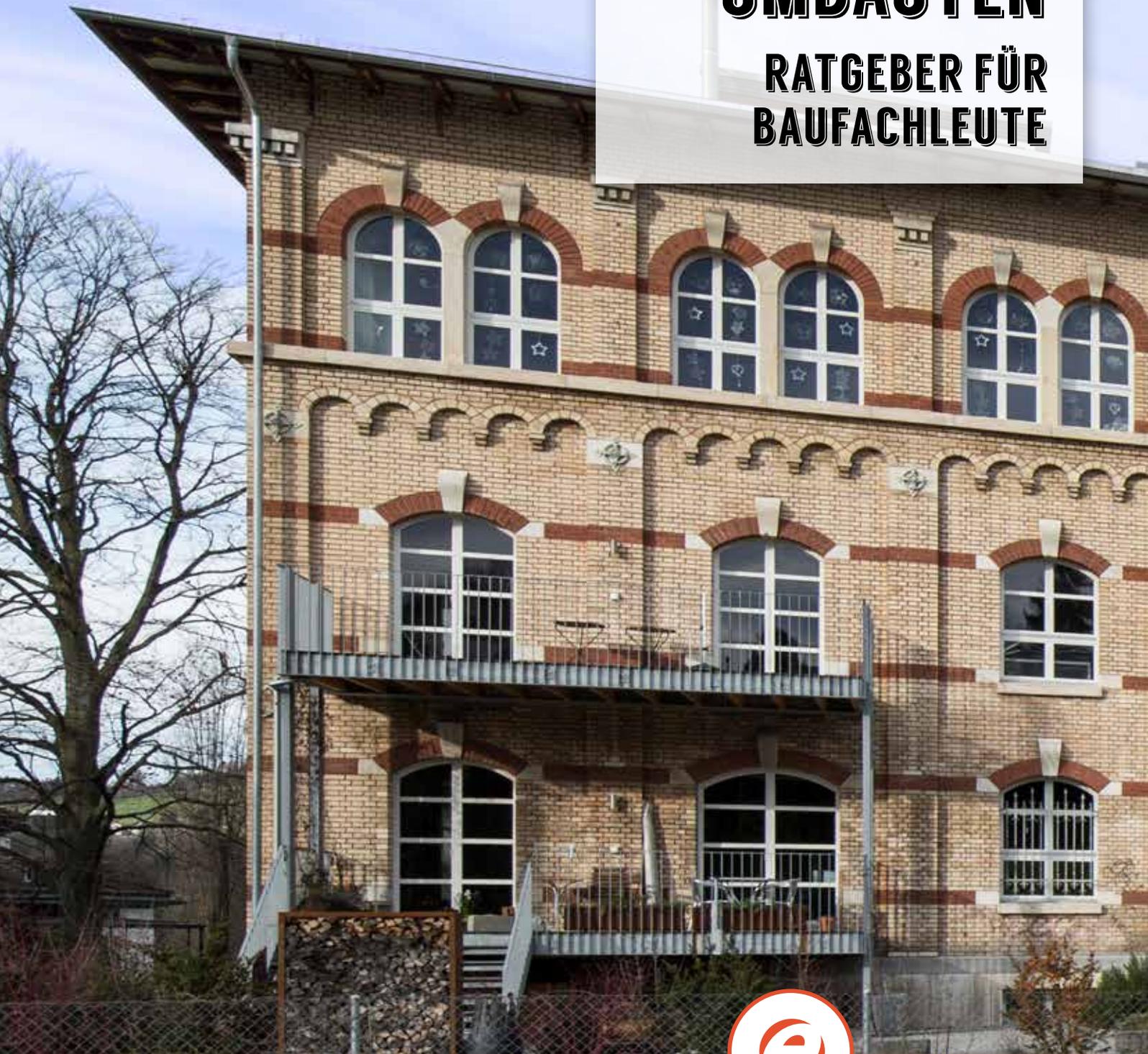


GRAUE ENERGIE VON UMBAUTEN

RATGEBER FÜR BAUFACHLEUTE



energie schweiz

Unser Engagement: unsere Zukunft.

EnFK

Konferenz Kantonaler Energiefachstellen
Conférence des services cantonaux de l'énergie
Conferenza dei servizi cantonali dell'energia
Conferenza dals posts spezialisads chantunals d'energia

**e c o -
b a u**

Nachhaltigkeit im öffentlichen Bau
Durabilité et constructions publiques

INHALTSVERZEICHNIS

EINLEITUNG

- Ziel 4
- Anwendung 4
- Aufbau 4

GRUNDLAGEN

- Was ist graue Energie? 5
- Anteil der grauen Energie 5
- Bewertung 6
- Datengrundlage und Berechnungsverfahren 6

STRATEGIE

- Erneuerungszyklus von Gebäuden 8
- Strategische Grundlagen der Modernisierung 8
- Modernisierungsstrategie 9

GEBÄUDEANALYSE

- Erweiterungspotenziale 10
- Anforderungen an die Bausubstanz 10
- Hauptgruppen 11

MODERNISIERUNGSKONZEPT

- Gebäudekonzept 12
- Gebäudetechnikkonzept 13

KONSTRUKTIONEN UND MATERIALIEN

- Einflussgrößen 15
- Aussenhülle 15
- Ausbau 18

EMPFEHLUNGEN

- Zehn wesentliche Punkte 21
- Beteiligte 22
- Quellen 22
- Literatur 22

EINLEITUNG

Bisher lag der Fokus im Energiebereich hauptsächlich auf dem Gebiet der Gebäudehülle und der Betriebsenergie. Der Heizwärmebedarf beschäftigte Architekten und Planer. Dämmstärken und Dämmkonzepte waren gefragt, um diesen Forderungen nachzukommen. Als Folge davon benötigen zeitgemässe Bauten deutlich weniger Heizenergie als noch vor einigen Jahren. Mit abnehmendem Heizwärmebedarf treten andere Bereiche des Energiebedarfs in den Vordergrund. Der Fokus verlagert sich von der Wärmeenergie in Richtung Gesamtenergie. Ein grosser Teil des Gesamtenergiebedarfs ist die graue Energie, die für die Erstellung und den Rückbau der Gebäude benötigt wird.

ZIEL

Die zunehmende Bedeutung der grauen Energie verlangt nach einer einfachen Hilfestellung. Der vorliegende Ratgeber stellt die wichtigsten Kenngrössen und Mechanismen verständlich dar und erklärt sie eingängig. Fachleuten soll der Einstieg in die Thematik einfach gelingen. Graue Energie reduzieren bedeutet zu einem grossen Teil auch Kosten optimieren – ein Zusammenhang, der für alle Beteiligten, vom Bauherrn über die Planenden bis zum Käufer oder Mieter, Vorteile bringen kann.

Der vorliegende Ratgeber richtet sich an Baufachleute und weitere am Verständnis der grauen Energie interessierte Kreise. Er dient als Entscheidungshilfe zur Reduzierung der grauen Energie und nicht als Grundlage zur Berechnung nach dem SIA-Merkblatt 2032, Graue Energie von Gebäuden, 2010.

ANWENDUNG

Bereits ist die graue Energie unter Verwendung verschiedener Grenzwerte in Standards und Labels eingeflossen. Für Minergie®-ECO und Minergie®-A ist der Nachweis der grauen Energie erforderlich. Ebenso ist im SIA-Merkblatt 2040, Effizienzpfad Energie, 2011, und im Zertifikat 2000-Watt-Areale die graue Energie einer der tragenden Bereiche. Auch im Standard Nachhaltiges Bauen Schweiz (SNBS) und im dazugehörenden Label wird die graue Energie in die Beurteilung mit einbezogen.

AUFBAU

Der Ratgeber ist in die Bereiche

- Grundlagen
- Strategie
- Gebäudeanalyse
- Modernisierungskonzept
- Konstruktionen und Materialien
- Empfehlungen

gegliedert und bildet die vier Hauptebenen – Strategie, Analyse, Konzept und Umsetzung – des Projektablaufs ab. Die im Ratgeber enthaltenen Erläuterungen erlauben ein vertieftes Verständnis für die Mechanismen und Vorgehensweisen im Zusammenhang mit der grauen Energie. Im Abschlusskapitel stehen zusammenfassend zehn Kernaussagen als Empfehlungen, die einfach und schnell eine Optimierung der grauen Energie ermöglichen.



Der vorliegende Ratgeber ist Teil einer Serie zum Thema. Ausserdem erhältlich sind

- Graue Energie von Neubauten Ratgeber für Baufachleute
- Graue Energie von Neubauten Merkblatt für Bauherrschaften
- Graue Energie von Umbauten Ratgeber für Baufachleute
- Graue Energie von Umbauten Merkblatt für Bauherrschaften

DIE GRUNDLAGEN ZUR GRAUEN ENERGIE BILDEN EINE WICHTIGE VORAUSSETZUNG ZUM VERSTÄNDNIS DER GESETZMÄSSIGKEITEN UND DER STELLSCHRAUBEN BEI UMBAUTEN.

WAS IST GRAUE ENERGIE?

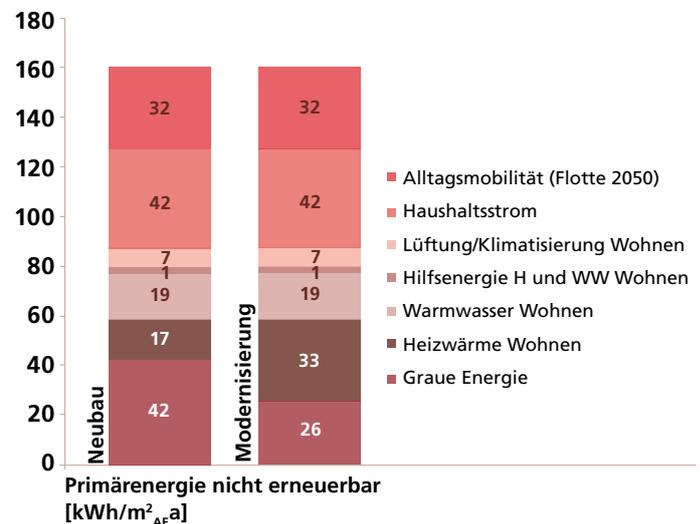
Die graue Energie steht für die Summe nicht erneuerbarer Primärenergie, die für alle vorgelagerten Prozesse – dazu gehören der Rohstoffabbau sowie Herstellungs- und Verarbeitungsprozesse – und für den Rückbau sowie die Entsorgung erforderlich ist, einschliesslich der dazu notwendigen Transporte und Hilfsmittel. Ein weiterer Ausdruck für graue Energie lautet kumulierter, nicht erneuerbarer Energieaufwand. Die Masseinheit der grauen Energie ist Kilowattstunde pro Quadratmeter und Jahr ($\text{kWh}/\text{m}^2\text{a}$). Die Energie wird auf eine Fläche und eine Zeitspanne bezogen, um sie mit der jährlichen Betriebsenergie vergleichbar zu machen. Als Bezugsgrössen verwendet dieser Ratgeber die Energiebezugsfläche A_E nach der Norm SIA 380, Grundlagen für energetische Berechnungen von Gebäuden, 2015, und die Amortisationszeiten nach SIA-Merkblatt 2032, Graue Energie von Gebäuden, 2010, Korrigenda C1, 2013.



Die Grafik zeigt die Systemgrenze der grauen Energie. Der Betrieb und Unterhalt eines Gebäudes liegen ausserhalb der Systemgrenze. Der Transport auf die Baustelle sowie der Baustellenbetrieb werden bei der Berechnung in der Regel vernachlässigt.

ANTEIL DER GRAUEN ENERGIE

Bei heutigen Neubauten macht die graue Energie bis zu einem Viertel der Primärenergie für Erstellung, Betrieb und Mobilität aus. In der nachstehenden Grafik ist ein Neubau eines Mehrfamilienhauses und zum Vergleich eine Modernisierung nach Minergie abgebildet.



In der Grafik fällt auf, dass Unterschiede einzig im Wärmebedarf Wohnen und bei der grauen Energie bestehen. Bei der Modernisierung ist die graue Energie kleiner als beim Neubau. Die Begründung: Bei der Modernisierung wird nur die zusätzliche graue Energie gerechnet. Beispielsweise ist die gesamte Tragstruktur des Gebäudes bestehend und wird daher als bereits amortisiert eingesetzt (Seite 7). Demgegenüber ist der Bedarf an Heizwärme Wohnen bei einer Modernisierung grösser als beim Neubau. Gründe dafür sind vor allem Kompromisse in der Gebäudehüllendämmung.

BEWERTUNG

Die graue Energie ist eine der zur Verfügung stehenden Teilbewertungen einer Ökobilanzierung. Im SIA-Merkblatt 2040, Effizienzpfad Energie, 2011, sind neben der Primärenergie auch die Treibhausgasemissionen und deren Berechnung dargelegt. Oft kommt in Publikationen auch der Begriff Umweltbelastungspunkte (UBP) vor. Dabei handelt es sich um eine Gesamtbewertung der Umweltbelastung. In der Schweiz gelten als Grundlage die Ökobilanzdaten im Baubereich 2009/1:2014.

Betrachtet man von verschiedenen Produkten sowohl die graue Energie, die Treibhausgase und die Umweltbelastungspunkte, so kann man feststellen, dass die daraus resultierenden Bewertungen nicht zwingend deckungsgleich sein müssen. Da diesen drei Grössen unterschiedliche Betrachtungsweisen zugrunde liegen, können Produkte, die wenig graue Energie enthalten, trotzdem einen hohen Umweltbelastungswert ausweisen oder eine grosse Treibhausgasemission verursachen. Die graue Energie ist aber grundsätzlich ein guter Massstab für ökologisch optimierte Bauweisen.

NICHT ERNEUERBARE PRIMÄRENERGIE [MJ]

Primärenergie, die aus einer Quelle gewonnen wird, die durch Nutzung erschöpft wird, z.B. Uran, Rohöl, Erdgas, Kohle.

TREIBHAUSGASEMISSIONEN [KG CO₂-EQ]

Der Begriff Treibhausgasemissionen bezeichnet die kumulierten Wirkungen verschiedener Treibhausgase (CO₂, Methan, Lachgas und weitere klimawirksame Gase), welche in die Atmosphäre ausgestossen werden. Sie werden bezogen auf die Leitsubstanz CO₂ und werden als äquivalente CO₂-Emissionsmenge ausgedrückt, die denselben Treibhauseffekt wie die Gesamtheit der Treibhausgasemissionen hat.

UMWELTBELASTUNGSPUNKTE [UBP]

Die UBP quantifizieren die Umweltbelastungen durch die Nutzung von Energieressourcen, von Land und Süsswasser, durch Emissionen in der Luft, in Gewässern und im Boden, sowie durch die Beseitigung von Abfällen. Die Umweltbelastungspunkte sind auch unter dem Begriff «Methode der ökologischen Knappheit» bekannt und zeigen ein vollständiges Bild der Umweltauswirkungen, basierend auf der Schweizerischen Umweltpolitik. Sie sind nicht vergleichbar mit den verschiedenen in Europa vorkommenden Umweltbelastungspunkten.

BERECHNUNGSVERFAHREN UND DATENGRUNDLAGE

Um den Umgang mit der grauen Energie zu erleichtern und eine allgemein gültige Basis zu schaffen, wurden neue Regelwerke und Hilfsmittel erstellt. Diese vereinheitlichen die Berechnungen und bieten Planerinnen und Planern eine gute Arbeitsgrundlage.

SIA-MERKBLATT 2032

Das SIA-Merkblatt 2032, Graue Energie von Gebäuden, 2010, hat zum Ziel, dass die Berechnungen der grauen Energie auf einheitlichen Verfahren und Datenquellen beruhen. Nur so sind die Berechnungen nachvollzieh-, vergleich- und reproduzierbar. Es richtet sich in erster Linie an Planer und Architekten und soll dazu beitragen, dass die Thematik in der Bauplanung mehr Rückhalt findet und dank der einfachen Handhabung vermehrt zum Einsatz kommt.

Anhand des SIA-Merkblatts 2032 können Neubauten und Umbauten von gesamten Gebäuden wie auch einzelne Bauteile berechnet werden. In der grauen Energie sind sämtliche Prozesse eines Gebäudes oder Bauteils enthalten: Erstellung, Ersatzinvestition und Entsorgung unter Einbezug der Amortisationszeiten der einzelnen Bauteile werden eingerechnet.

Bezüglich Nutzungsdauer und Amortisationszeit wird bei der Betrachtung der grauen Energie wie folgt unterschieden:

Nutzungsdauer:

Effektiv zu erwartende Periode zwischen der Inbetriebnahme und dem Ersatz eines Bau- oder Anlageteils.

Amortisationszeit:

Zeitdauer, über welche die graue Energie für Herstellung und Entsorgung abgeschrieben wird.

DATENGRUNDLAGE

Mit dem Planungswerkzeug «Ökobilanzdaten im Baubereich» gibt die Koordinationskonferenz der Bau- und Liegenschaftsorgane der öffentlichen Bauherren (KBOB) die für die Schweiz gültigen Grunddaten zur Berechnung der grauen Energie heraus. Es handelt sich dabei um aufbereitete Daten, die der Internetplattform ecoinvent (Empa, ETH) entstammen. Mit diesen Werten können die graue Energie, die gesamte Primärenergie, die Treibhausgase und die Umweltbelastungspunkte der gängigen Baustoffe und Gebäudetechniksysteme und -komponenten ermittelt werden.

BERECHNUNGSPRINZIP

Die Berechnung der grauen Energie eines Umbaus ist eine Abfolge von Einzelschritten: Jede neu eingebrachte Materialschicht wird zuerst gerechnet, dann zum Bauteil addiert und abschliessend über das Gebäude summiert. Nachfolgend ist eine Berechnung in Einzelschritten abgebildet.

BERECHNUNG DER MATERIALSCHICHT

Am Beispiel einer Deckendämmung wird die graue Energie pro Quadratmeter und Jahr berechnet. Die technischen Daten:

- Steinwolle 14 cm
- Rohdichte 90 kg/m³
- Graue Energie: 4,28 kWh/kg (KBOB)
- Volumen: 1,0 m · 1,0 m · 0,14 m = 0,14 m³/m²_{BTF}
- Amortisationszeit: 30 a (SIA 2032)

1. Schritt

Berechnung der Masse pro Quadratmeter Bauteilfläche (BTF):

$$90 \text{ kg/m}^3 \cdot 0,14 \text{ m}^3/\text{m}^2_{\text{BTF}} = 12,6 \text{ kg/m}^2_{\text{BTF}}$$

2. Schritt

Berechnung der grauen Energie pro Quadratmeter Bauteilfläche:

$$4,28 \text{ kWh/kg} \cdot 12,6 \text{ kg/m}^2_{\text{BTF}} = 53,9 \text{ kWh/m}^2_{\text{BTF}}$$

3. Schritt

Berechnung der grauen Energie pro Quadratmeter Bauteilfläche und Jahr:

$$53,9 \text{ kWh/m}^2_{\text{BTF}} : 30 \text{ a} = 1,79 \text{ kWh/m}^2_{\text{BTF}} \cdot \text{a}$$

Die Dämmplatte enthält 1,8 kWh/m²_{BTF}·a graue Energie.

BERECHNUNG AM BAUTEIL

Das Beispiel zeigt eine nachträglich gedämmte Kellerdecke. Jede bei einer Modernisierung neu eingebrachte Materialschicht wird nach obigem Prinzip berechnet und addiert. Die graue Energie des bestehenden Bauteils dagegen spielt in der Berechnung keine Rolle.

Wird eine Kellerdecke mit Steinwolle 14 cm stark gedämmt, so enthält das Bauteil nach der Modernisierung 1,8 kWh/m²_{BTF}·a graue Energie.

Zusätzlich wird die Dämmung verkleidet:

In diesem Rechenbeispiel ist die Befestigung nicht berücksichtigt.

- Spanplatte 19 mm
- Rohdichte 680 kg/m³
- Graue Energie: 2,5 kWh/kg (KBOB)
- Volumen: 1,0 m · 1,0 m · 0,019 m = 0,019 m³/m²_{BTF}
- Amortisationszeit: 30 a (SIA 2032)

4. Schritt

Berechnung der Materialschicht wie in den Schritten 1–3 gezeigt:

$$680 \text{ kg/m}^3 \cdot 0,019 \text{ m}^3/\text{m}^2_{\text{BTF}} \cdot 2,5 \text{ kWh/kg} : 30 \text{ a} = 1,08 \text{ kWh/m}^2_{\text{BTF}} \cdot \text{a}$$

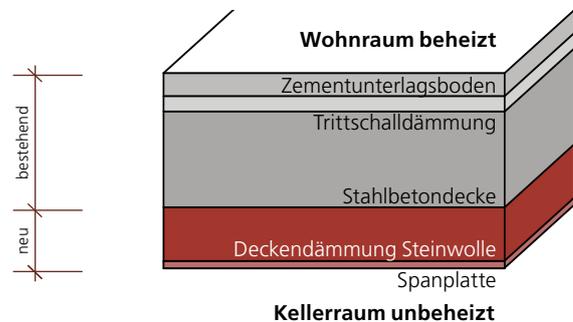
Die Spanplatte enthält 1,1 kWh/m²_{BTF}·a graue Energie.

5. Schritt

Summe der Materialschichten:

$$\text{Dämmung } 1,8 \text{ kWh/m}^2_{\text{BTF}} \cdot \text{a} + \text{Spanplatte } 1,08 \text{ kWh/m}^2_{\text{BTF}} \cdot \text{a} \\ = 2,88 \text{ kWh/m}^2_{\text{BTF}} \cdot \text{a}$$

Das Bauteil Kellerdecke enthält 2,9 kWh/m²_{BTF}·a graue Energie. Wird die Dämmplatte also zusätzlich mit einer Spanplatte verkleidet, vergrössert das die Summe graue Energie des Bauteils um rund die Hälfte.



Jede zusätzliche Materialschicht will gut überlegt sein, denn sie hat markanten Einfluss auf die Summe grauer Energie eines Bauteils.

BERECHNUNG AM GEBÄUDE

Zuerst multipliziert man die graue Energie jedes einzelnen Bauteils B [kWh/m²_{BTF}·a] mit der Gesamtfläche BTF [m²_{BTF}] und zählt danach alle Produkte zusammen. Um verschiedene Gebäude vergleichbar zu machen, wird diese Summe noch durch die Energiebezugsfläche A_E [m²_{AE}] geteilt.

6. Schritt

$$[\sum (B_1 \cdot BTF_1 + B_2 \cdot BTF_2 + \dots + B_n \cdot BTF_n)] : A_E = GE \text{ [kWh/m}^2_{\text{AE}} \cdot \text{a]}$$

Im SIA-Merkblatt 2032, Graue Energie von Gebäuden, 2010, sind auch Vereinfachungen (z.B. Weglassen von Bauteilen) und die Amortisationszeit von Bauteilen definiert, damit Gebäude miteinander vergleichbar sind.



Literaturhinweise

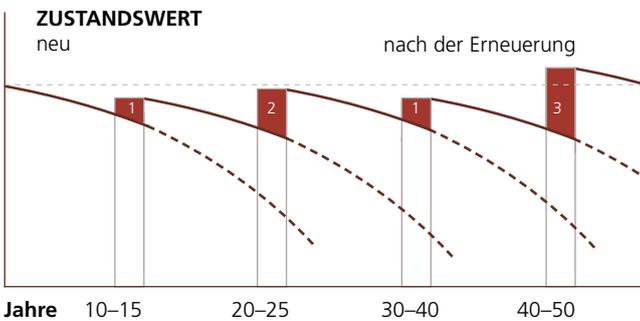
- SIA-Merkblatt 2032, Graue Energie von Gebäuden, 2010, 1. Auflage und Korrigenda 2013
- SIA-Merkblatt 2040, SIA-Effizienzpfad Energie, 2011
- Ökobilanzdaten im Baubereich 2009/1:2014
- SIA 380, Grundlagen für energetische Berechnungen von Gebäuden, 2015

STRATEGIE

EIN VORAUSSCHAUEND GEPLANTER ERNEUERUNGSZYKLUS ERFORDERT EINE REGELMÄSSIGE STANDORTBESTIMMUNG. AUS DER BAUSUBSTANZANALYSE UND DEM MARKTPOTENZIAL LÄSST SICH EINE AUF DAS OBJEKT MASSGESCHNEIDERTE MODERNISIERUNGSSTRATEGIE ABLEITEN.

ERNEUERUNGSZYKLUS VON GEBÄUDEN

Immobilien und mit ihnen jedes einzelne Bauteil folgen einem natürlichen Alterungsprozess. Werden notwendige Erneuerungen der Bausubstanz nicht ausgeführt, vermindert sich der Zustandswert einer Liegenschaft. Die Grafik veranschaulicht den Zusammenhang zwischen Erneuerungsmassnahmen und dem Zustandswert.



Die Grafik zeigt, dass sich der Aufwand bei jeder Werterhaltung (1) erhöht, um das vorherige Niveau des Zustandswerts wieder zu erreichen. Je nach Umfang und Tiefe der umfassenden Erneuerung (3) liegt der Zustandswert über oder unter dem Neubauwert.

Werterhaltung (1)

Erste Massnahmen sind nach 10 bis 15 Jahren notwendig, wie zum Beispiel Teppiche und Wandbeläge erneuern.

Teilerneuerung (2)

Nach 20 bis 25 Jahren stehen tiefere Eingriffe in die Bausubstanz an. Neben Küche, Sanitärräumen und Innenausbau gehören auch Teile der Gebäudehülle und der Gebäudetechnik dazu.

Gesamterneuerung (3)

Mindestens nach 40 bis 50 Jahren sind schliesslich an der Gebäudehülle und -technik, an sämtlichen Installationen und überdies am gesamten Innenausbau umfassende Erneuerungen unerlässlich.

STRATEGISCHE GRUNDLAGEN DER MODERNISIERUNG

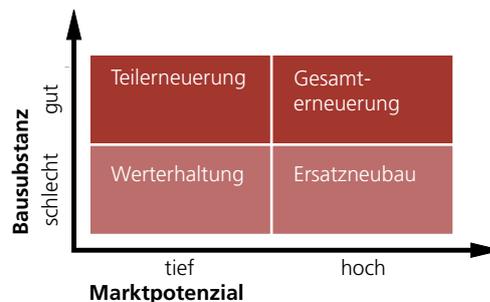
Bei einer Modernisierung helfen strategische Grundlagen zu entscheiden, wie tief die Eingriffe am bestehenden Gebäude ausfallen und wie hoch sich die damit verbundene Investition beläuft. Diese Grundlagen liefern zum einen der aktuelle Zustand des Gebäudes und zweitens die Rahmenbedingungen, in deren Wechselwirkung sich die Liegenschaft befindet.

BAUSUBSTANZANALYSE

Die Nutzungsdauer der einzelnen Bau- oder Anlageteile, verglichen mit der Zeitspanne, in der sie bisher eingesetzt sind, liefert erste Anhaltspunkte zum Gesamtzustand. Die Grundlage dafür schafft das SIA-Merkblatt 2047, Energetische Gebäudeerneuerung, 2015. Weitere Beurteilungskriterien sind beispielsweise die Höhe des Energieverbrauchs, der bauliche Zustand der Gebäudehülle, die Raumeinteilung und Grösse der Wohnungen sowie der jeweilige Ausbaustandard. All diese Aspekte zusammen betrachtet ergeben ein Gesamtbild der bestehenden Bausubstanz.

MARKTPOTENZIAL

Entscheidenden Einfluss auf die Wahl der Modernisierungsstrategie haben auch die Rahmenbedingungen und Entwicklungsmöglichkeiten einer Liegenschaft. Neben der Einschätzung der Attraktivität bezüglich Örtlichkeit, Aussicht, Erschliessung, Versorgung und so weiter geben Bauvorschriften Auskunft über Nutzungs- und Ausbaumöglichkeiten.



Eine solche Matrix hilft, Bausubstanz und Marktpotenzial zu benennen und so die Eingriffstiefe der Modernisierungsstrategie zu bestimmen.

MODERNISIERUNGSSTRATEGIE

Eine massvolle und auf das Objekt zugeschnittene Modernisierungsstrategie baut auf den zuvor erarbeiteten Grundlagen auf. Die Planenden richten sich nach dem Erneuerungszyklus des Gebäudes, nutzen die Qualitäten der bestehenden Bausubstanz und orientieren sich am vorhandenen Marktpotenzial.

ZEITLICHE STAFFELUNG

Die Erneuerungsmassnahmen zeitlich optimal und aufeinander abgestimmt umzusetzen, ist ein weiteres Kennzeichen einer zielführenden Modernisierungsstrategie. Ersetzt man Teile der Bausubstanz nicht, die ihre Nutzungsdauer überschritten haben, sinkt zumindest der Zustandwert einer Liegenschaft, wie die Grafik auf Seite 8 zeigt. Im schlimmsten Fall drohen sogar Schäden am Gebäude. Ersetzt man hingegen Teile der Bausubstanz, bevor ihre Amortisationszeit abgelaufen ist, bindet das zusätzlich graue Energie.

EINGRIFFSTIEFE

Jede Erneuerungsmassnahme wirft die Frage auf, wie tief ein Eingriff in den Bestand erfolgen soll. Beschränkt sich der Eingriff auf eine Instandsetzung oder soll damit gleichzeitig der Wohnkomfort steigen – und falls ja, in welchem Mass? Solche Entscheidungen basieren sicherlich auf wirtschaftlichen Überlegungen, beeinflussen auch direkt die graue Energie. Wir unterscheiden vier Kategorien:

Werterhaltung

Bausubstanz und Marktpotenzial deuten auf eine kleine Eingriffstiefe hin, mit dem Ziel, den Wohnkomfort zu erhalten. Als Planungsvorgabe gilt das Einhalten der gesetzlichen Vorschriften.

Teilerneuerung

Werterhaltende Massnahmen, kombiniert mit einzelnen Eingriffen in die Gebäudestruktur, welche den Wohnkomfort moderat steigern, bedeuten eine mittlere Eingriffstiefe. Das Planungsziel dabei ist ein Minergie®-Standard.

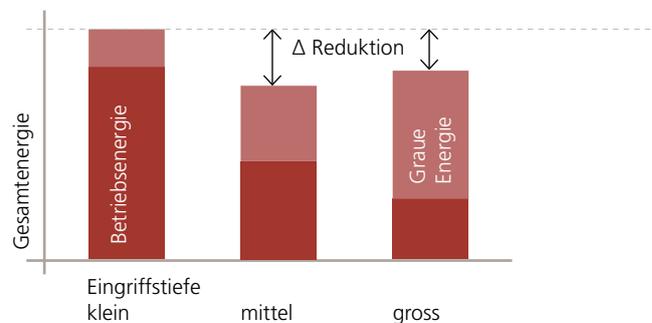
Gesamterneuerung

Wird eine markante Wertsteigerung angestrebt, bringt die entsprechend grosse Eingriffstiefe meist auch umfangreiche Eingriffe in die Gebäudestruktur mit sich. Auch hier ist das Planungsziel ein Minergie®-Standard.

Ersatzneubau

Lässt sich die Modernisierungsstrategie mit der bestehenden Bausubstanz, insbesondere mit der Gebäudestruktur, nicht vereinbaren, so kann ein Ersatzneubau zum Ziel führen. Das allerdings nur, wenn er nach einem hohen Minergie®-Standard oder vergleichbaren Kriterien gebaut wird.

Bezogen auf die graue Energie zeigt die folgende Grafik den Einfluss der Eingriffstiefe. Mit zunehmender Eingriffstiefe sinkt die Betriebsenergie, die graue Energie aber steigt. Werden die Ziele der Modernisierung mit Augenmass gesetzt, gelingt eine optimale Reduktion der Gesamtenergie.



Eine optimierte Modernisierungsstrategie führt zu einer maximalen Reduktion der Gesamtenergie.

KOSTEN

Wie die Berechnung der grauen Energie auf Seite 7 gezeigt hat, wächst mit jeder zusätzlichen Materialschicht und jedem weiteren Bauteil auch die Summe grauer Energie. Anders formuliert bedeutet das: Die graue Energie ist ein Indikator für die Höhe der Modernisierungskosten. Daraus lässt sich schliessen, dass eine kostenbewusste Modernisierung tendenziell auch zu einem massvollen Zuwachs an grauer Energie in einem Gebäude beiträgt.



Literaturhinweise

- SIA-Merkblatt 2047, Energetische Gebäudeerneuerung, 2015
- EnergieSchweiz, Ratgeber Mehrfamilienhäuser energetisch richtig erneuern, 2014
- Faktor Verlag Fachbuch Gesund und ökologisch bauen mit Minergie®-ECO, 2015

GEBÄUDEANALYSE

DER FOKUS RICHTET SICH AUF GEBÄUDEBEREICHE, DIE ALS SCHWACHSTELLE ERKENNBAR WERDEN, EIN ZUSÄTZLICHES POTENZIAL ERSCHLIESSEN UND DER GEWÄHLTEN STRATEGIE ENTSPRECHEN.

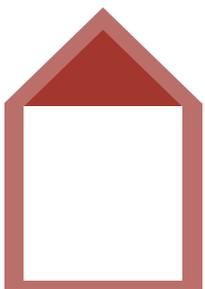
Die Gebäudeanalyse zeigt einerseits Potenziale zur Erweiterung und andererseits Schwachstellen der Bausubstanz auf. Die Erkenntnisse daraus, zusammen mit der vorher festgelegten Modernisierungsstrategie, führen schliesslich zum ausführlichen Modernisierungskonzept.

ERWEITERUNGSPOTENZIALE

Rund ein Drittel der grauen Energie steckt in der Konstruktion. Damit ist auch begründet, warum sich die Modernisierungsstrategie mit der vorhandenen Gebäudestruktur vereinbaren muss. Wird stark in die Konstruktion eingegriffen, verliert das Gebäude an Gegenwert bezüglich grauer Energie (Grafik Seite 11). Um die Kapazität eines Gebäudes zu steigern, ist es viel einträglicher, bestehende Strukturen zu ergänzen.

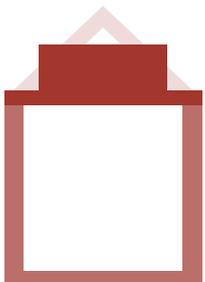
BESTEHENDES GEBÄUDE ERGÄNZEN

Inwieweit Ergänzungen eines Gebäudes zulässig sind, regeln die Bauvorschriften. Innerhalb dieses Rahmens bestehen verschiedene Wege, mehr Raum zu schaffen.



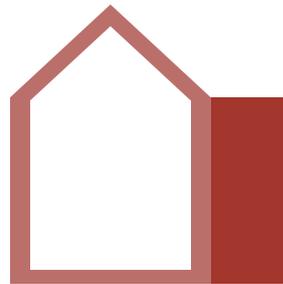
Ausbauten

Innerhalb des bestehenden Gebäudedegrundrisses lässt sich die Nutzfläche vergrössern, indem beispielsweise das Dachgeschoss zu Wohnzwecken ausgebaut wird. Auch Nebenräume im Untergeschoss können umgenutzt werden.



Aufbauten

Anstelle eines Steildachs schafft eine Aufstockung mittels Attikageschoss eine grössere und insbesondere qualitativ hochwertigere Wohnfläche. Dazu gehört auch der begehbare Aussenraum.



Anbauten/Vorbauten

Eine dem bestehenden Grundriss vorgesetzte Schicht erweitert die bestehende Nutzfläche. Darin lässt sich der Wohnraum erweitern, können Küchen und Bäder neu angeordnet sowie Balkone oder eine Liftanlage platziert werden.

Es lohnt sich, die aktuellen Bauvorschriften darauf zu prüfen, ob eine innere Verdichtung angestrebt wird. Falls ja, kann ein zusätzliches Vollgeschoss in Kombination mit einem Attikageschoss zulässig sein. Wenn die Bauvorschriften mehr Fläche auf dem Grundstück zur Bebauung freigeben, als der Bestand einnimmt, so kann ein – in allen Bereichen hocheffizienter – Ersatzneubau die Personenbelegung des Grundstücks vergrössern.

ANFORDERUNGEN AN DIE BAUSUBSTANZ

Seit der Planung und dem Bau eines heute modernisierungsbedürftigen Gebäudes hat sich viel verändert: Die Wohnansprüche sind deutlich gestiegen, die Technik wurde weiterentwickelt, die Umwelteinflüsse haben sich verschärft und die gesetzlichen Vorgaben sind straffer. Verschiedene Teile der bestehenden Bausubstanz genügen den heutigen Anforderungen kaum mehr. Beispiele dafür sind:

- Behaglichkeit: Zugluft, tiefe Oberflächentemperaturen, Luftwechsel, Raumluftqualität
- Schallschutz: Tritt-, Körper- und Luftschall im Gebäude, Verkehrs- und Umgebungslärm
- Ausrüstungsgrad Gebäudetechnik: Lüftung, Sanitär- und Elektroinstallationen, Lift
- Raumgrössen: Wohnzimmer, Koch- und Essbereich, Nasszellen
- Gesetzliche Vorgaben: Energie, Erdbebensicherheit, hindernisfreie Bauten

Was ist störend, was tragbar und im Endeffekt, was ist vermiet-beziehungsweise verkaufbar? Wenn die Anforderungen gegenüber den Gegebenheiten ausbalanciert bleiben, ergibt das eine für das Objekt optimierte Eingriffstiefe. Ausdrücklich zu befolgen und nicht verhandelbar sind dagegen die gesetzlichen Vorgaben.

HAUPTGRUPPEN

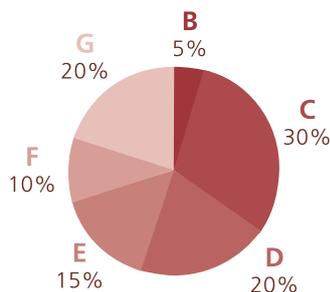
Wie auf Seite 9 erläutert, hat die Eingriffstiefe direkten Einfluss auf die Summe grauer Energie. Wer die Verteilung dieser Summe auf die Gebäudeteile kennt, kann die Massnahmen und damit den Zuwachs an grauer Energie steuern.

ANTEIL GRAUE ENERGIE

Ein Gebäude wird nach dem CRB, Baukostenplan Hochbau, 2012, in folgende Hauptgruppen eingeteilt. Daneben ist die jeweilige Amortisationszeit aufgeführt:

- B: Vorbereitung 40–60 Jahre
- C: Konstruktion Gebäude 20–30 Jahre
- D: Technik Gebäude 30–40 Jahre
- E: Äussere Wandbekleidung Gebäude 30–40 Jahre
- F: Bedachung Gebäude rund 30 Jahre
- G: Ausbau Gebäude

Untersuchungen haben für Neubauten – für Umbauten sind keine Daten verfügbar – diese typische Aufteilung der grauen Energie auf die einzelnen Hauptgruppen ergeben.



Die Aufteilung zeigt, dass etwa ein Drittel der grauen Energie auf die Hauptgruppe C Konstruktion entfällt. Wie im Absatz Erweiterungspotenziale auf Seite 10 beschrieben, steckt hier der grösste Gegenwert, den es behutsam zu behandeln und möglichst zu erhalten gilt. Wenn Bauteile unterschiedlicher Hauptgruppen einfach voneinander trennbar sind, dann bleiben Bauteile mit einer kürzeren Nutzungsdauer auch einfach austauschbar.

WESENTLICHE MERKMALE

Für jede dieser Hauptgruppen sind die wesentlichen Bestandteile der Analyse und die Folgerungen daraus individuell aufgeführt.

B: Vorbereitung

Die Modernisierung profitiert von den beim Neubau geleisteten Arbeiten, zum Beispiel dem Aushub.

C: Konstruktion Gebäude

Die Primärstruktur wird erkannt, ihrem Zweck entsprechend genutzt beziehungsweise weitergeführt und darauf geprüft, welche zusätzlichen Lasten sie aufnehmen kann.

D: Technik Gebäude

Der Zustand und die Leistungsfähigkeit von Ver- und Entsorgungsleitungen sowie der Elektroverteilung wird geprüft und – gerade im Hinblick auf die verhältnismässig geringe Amortisationszeit – dem Zweck entsprechend massvoll erneuert.

E: Äussere Wandbekleidung Gebäude

Die Amortisationszeit des Fassadenmaterials wird geprüft und die vorhandene Wärmedämmung beurteilt. Der Heizwärmebedarf ist dabei nicht alleiniges Kriterium, vielmehr sollte die nicht erneuerbare Primärenergie der Raumwärme mit der grauen Energie in Einklang gebracht werden (Seite 13–14). Neue Fenster bringen meistens eine markante Verbesserung gegenüber den bestehenden. Daher lohnt sich – auch hier mit Blick auf die verhältnismässig kurze Amortisationszeit – in der Regel ein Ersatz.

F: Bedachung Gebäude

Massgebend für die Amortisationszeit der gesamten Bedachung ist die Dachhaut.

G: Ausbau Gebäude

Bei Einbauten, Bodenbelägen, Wand- und Deckenbekleidungen sind in erster Linie ästhetische Ansprüche massgebend, die über Erhalt oder Ersatz entscheiden. Oftmals sind es aber gerade diese Merkmale, die den speziellen Charme einer Altbaute ausmachen.



Literaturhinweise

- interact, Hochschule Luzern, Technik und Architektur Die Typologie der Flexibilität im Hochbau, 2008
- CRB, Baukostenplan Hochbau, 2012

MODERNISIERUNGSKONZEPT

AUF DER BASIS DER GEBÄUDEANALYSE REIFT EIN KONZEPT, DAS BESTEHENDE GEBÄUDESTRUKTUREN WERTSCHÄTZT UND DIE GEPLANTEN MASSNAHMEN NICHT MAXIMIERT, SONDERN OPTIMIERT.

Die festgelegte Modernisierungsstrategie bildet zusammen mit den Erkenntnissen aus der Gebäudeanalyse die Grundlage für ein nachvollziehbares Modernisierungskonzept und umfasst die beiden Themenbereiche Gebäude und Gebäudetechnik. Der erste befasst sich mit den räumlichen Strukturen und der zweite mit den technischen Systemen. Diese regeln und ergänzen aktiv den Komfort, den die Gebäudehülle nicht selbstständig abdecken kann.

GEBÄUDEKONZEPT

Bei werterhaltenden Massnahmen bleibt das Gebäudekonzept im Wesentlichen unverändert. Falls die Modernisierungsstrategie eine Teil- oder eine Gesamterneuerung – also eine mittlere bis hohe Eingriffstiefe – anstrebt, beinhalten die Massnahmen auch Eingriffe in die Gebäudestruktur. Mit dem Wissen, dass damit markante Einträge an grauer Energie verbunden sind, haben die Planenden die Möglichkeit, im Rahmen der gesetzlichen Vorgaben, diese Einträge grundlegend zu steuern. Die zweite Grösse ist die Wahl der wertvermehrenden Massnahmen, angepasst an die Marktsituation. Beide zusammen bestimmen das Gebäudekonzept und beeinflussen die Summe grauer Energie fundamental.

AUSBAUTEN

Aus den genannten Gründen sollten Ausbauten mit möglichst kleinen Eingriffen in die Gebäudestruktur und insbesondere in das statische System auskommen und sich Änderungen der Wohnungsgrundrisse auf nicht tragende Wände beschränken. Insbesondere aber wenn die Eingangssituation umgestaltet oder die Nutzung im Erdgeschoss geändert wird, stellen sich Herausforderungen bezüglich einfacher vertikaler Lastabtragung. Dasselbe gilt für die Umnutzung des Dachgeschosses zu Wohnzwecken.

Daneben sind aber auch Optimierungen der Raumanordnung und -grössen klassische Themen des Ausbaus. Insbesondere bei den Nasszellen und Küchen ist es erheblich, die Erkenntnisse aus der Gebäudeanalyse in Entscheide umzusetzen, die den zusätzlichen Eintrag grauer Energie möglichst gering halten.

Konkret bietet eine Erneuerung der Nasszellen und Küchen eine ganze Reihe von Möglichkeiten zur Optimierung: Leitungen beispielsweise lassen sich über kürzere Wege zusammenfassen, zugänglich in Steigzonen und Kanälen führen und dabei schalltechnisch optimieren. Für zukünftige Ausbauten rechnen Planer je nachdem noch Platzreserven ein. Die weiteren Handlungsfelder eines Ausbaus bedient das folgende Kapitel «Konstruktionen und Materialien» ab Seite 15.

Bei Umbauten steht vielfach der Wunsch nach einem Lift weit vorne. Wird der Einbau einer Liftanlage in Betracht gezogen, bedeutet das einen weitreichenden Eingriff in die Gebäudestruktur bis hin zu einem erheblichen Abbau von Nutzfläche. Ein solcher Einbau, zusammen mit all seinen Begleitmassnahmen, führt schlussendlich auch zu einem massiven Eintrag an grauer Energie. Eine aussen angesetzte Liftanlage bilanziert da weit verträglicher, sofern sie mit der Grundrissstruktur zu vereinbaren ist.

AUFBAUTEN

Das Zusammenspiel verschiedener Einflussfaktoren lässt sich am Beispiel eines neu erstellten Attikageschosses aufzeigen. Untersuchungen belegen, dass die Konstruktionsweise selber nicht ausschlaggebend für die Bilanzierung ist. Ob Leicht- oder Massivbau fällt weniger ins Gewicht als die Folgemassnahmen, die erforderlich werden können. Falls zum Beispiel durch das Mehrgewicht die Tragstruktur verstärkt werden muss, wird dieser Umstand die Bilanz prägen.

AN- UND VORBAUTEN

Aussen am Gebäude angebrachte Elemente, ob offen oder geschlossen, bieten eine Vielzahl an Möglichkeiten, wenn es darum geht, vorhandene Strukturen und Nutzflächen einerseits zu erhalten und gleichzeitig auszubauen. Abhängig von der Nutzung solcher Erweiterungen bietet die Bauordnung unterschiedlich grosse Spielräume. Ist darüber hinaus gar ein Anbau möglich, so kann diese vorgesetzte Schicht den Wohnraum erweitern oder Raum für neu angeordnete Küchen und zusätzliche Nasszellen bieten.

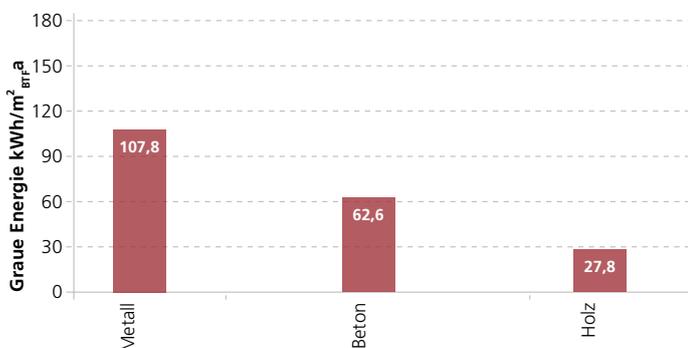
Im Sinne einer optimierten Gesamtenergie des Gebäudes verlangen neu gebaute Schichten auch energetische Neubauqualität. Und mit Blick auf möglichst geringe Eingriffe in die bestehende Gebäudestruktur ist es kaum zielführend, die gesamte Erschliessung in eine Erweiterungsschicht zu verlegen.

Wie eine Liftanlage stehen auch Balkone für eine weit herum sichtbare Steigerung des Wohnkomforts. Statisch und energetisch von der Fassade getrennt, eignen sich Konstruktionen in Beton, Holz oder Metall zum modularen Aufbau über mehrere Geschosse.

Anmerkungen zur Berechnung:

Das erforderliche Fundament ist bei allen Konstruktionen vergleichbar und die Absturzsicherung variabel. Für einen grauenenergetischen Vergleich wurden diese beiden Elemente in der Berechnung ausgeklammert. Ebenfalls nicht abgebildet ist die Tatsache, dass eine Betonkonstruktion als einzige auch den Balkonboden beinhaltet. Sowohl bei der Holz- wie auch bei der Metallkonstruktion ist für die Nutzfläche der Balkone zusätzlich ein jeweils konstruktions-typischer Bodenaufbau notwendig.

BALKONKONSTRUKTIONEN



Am Beispiel eines Balkons zeigt sich der Einfluss einer Konstruktions- und Materialwahl auf die graue Energie exemplarisch.

Die Grafik zeigt schon für die Konstruktion markante Unterschiede an grauer Energie. Auch wenn die Holzkonstruktion noch einen Balkonboden erfordert, beispielsweise eine Balkenlage und Bodenbretter, schliesst sie zusammen mit der Betonkonstruktion weit vorteilhafter ab als eine Balkonkonstruktion aus Metall.

GEBÄUDETECHNIKKONZEPT

Die verschiedenen gebäudetechnischen Installationen stellen primär die Behaglichkeit der Innenräume während des ganzen Jahres sicher. Traditionell liegt der Fokus nördlich der Alpen im Kontext Wohnbau auf Heizung (Sicherstellung Rauminnentemperatur im Winter), Sanitär (Kalt- und Warmwasser, Abwasser) sowie Elektro (Versorgung Strom, Multimedia). Eine neuere Disziplin mit grossem Einfluss vor allem im Neubaubereich ist die Lüftung, welche die Raumluftqualität (Zufuhr Frischluft, Abfuhr Gerüche und Feuchtigkeit) sicherstellt. Bei bestehenden Gebäuden ist der Installationsgrad gegenüber dem Neubau typischerweise deutlich tiefer: Die Heizwärme wird via Heizkörper abgegeben, es existiert eine Nasszelle pro Wohnung und eine Steckdose pro Zimmer.

HEIZUNG

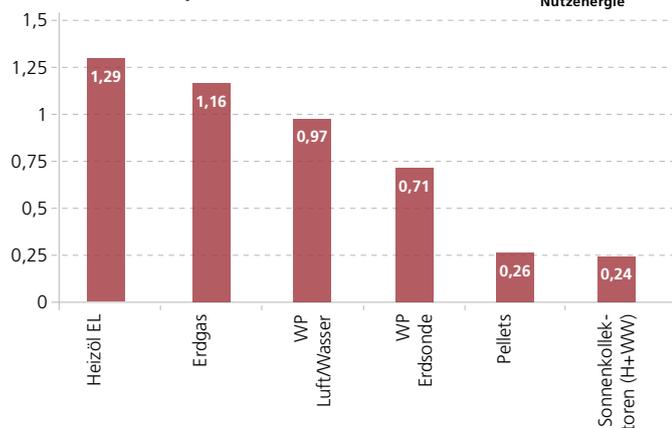
Die für bestehende Gebäude typische Wärmeabgabe über Heizkörper sollte möglichst lange bestehen bleiben. Dasselbe gilt für die Verteilungen, deren Ersatz oftmals neue Steigzonen und damit Eingriffe in die Primärstruktur des Gebäudes bedingen. Hier lohnt sich die Überlegung, ob die neuen Verteilungen – wie früher üblich – offen oder in einer gut zugänglichen Steigzone geführt werden können. Ein Wechsel des Abgabesystems von Heizkörpern zu einer Fussbodenheizung ist dann sinnvoll, wenn sich der Einbau neuer Bodenbeläge samt Unterlagsböden aufdrängt. Denn Fussbodenheizungen eröffnen Freiheitsgrade bei der Wahl des Wärmeerzeugers. Der dafür notwendige Unterlagsboden führt aber fast immer zu geänderten Raumhöhen, was eine ganze Reihe aufwendiger Anpassungen nach sich zieht: Durch die Veränderung der Oberkante Fertigboden stimmen die Brüstungshöhen bei Fenstern nicht mehr, und sämtliche Türstürze, Türzargen und Türblätter müssen angepasst werden, je nachdem auch Lichtschalter und Steckdosen. Dieser Wechsel sollte wohlüberlegt erfolgen.

Wird die Gebäudehülle durch einen Umbau energetisch optimiert, so sinkt automatisch der Heizwärmebedarf. Damit kann die Vorlauftemperatur gesenkt werden, und es eröffnen sich ebenfalls neue Möglichkeiten bei der Wahl der Wärmeerzeugung. Umgekehrt ist oftmals das Ende der Nutzungsdauer eines Wärmeerzeugers der Auslöser für die energetische Optimierung eines Gebäudes oder für die Frage, welcher Primärenergieträger und welche Umwandlung gewählt werden sollten.

Vorausgesetzt, alle Wärmeerzeuger decken denselben Nutzenergiebedarf, zeigt die folgende Grafik die Faktoren für die nicht erneuerbare Primärenergie. Zum besseren Verständnis des Zusammenspiels von grauer Energie und Primärenergie für den Betrieb verweisen wir auf die Grafik Seite 5.

WÄRMEERZEUGER

PRIMÄRENERGIE, NICHT ERNEUERBAR PRO kWh Nutzenergie



Die fossilen Energieträger Öl und Gas schneiden am schlechtesten ab, Wärmepumpenlösungen sind bereits deutlich besser. Pellets und Solarkollektoren profitieren vom hohen Anteil erneuerbarer Energie.

LUFTERNEUERUNG

Insbesondere durch den Ersatz von alten Fenstern durch absolut dichte Fenster der neuesten Generation erhält die Lüfterneuerung eine grössere Bedeutung, da besonders die Feuchtelasten gezielt abgeführt werden sollten. Damit stellt sich die Frage nach dem kontrolliert steuerbaren Luftaustausch in den Räumen. Wichtig dabei ist, dass die Systemwahl unter dem Gesichtspunkt der Eingriffstiefe und der Verhältnismässigkeit erfolgt. Ist im Neubau die Integration einer sogenannten Komfortlüftung, insbesondere mit Leitungsführung in den Decken, heute beinahe üblich, so stehen beim Umbau grundsätzlich vier Systeme zur Auswahl:

- Fensterlüftung durch Benutzende
- Automatisierte Fensterlüftung
- Abluftlösung mit Aussenluftdurchlässen
- Komfortlüftung

Die Fensterlüftung durch Benutzende bedingt überhaupt keinen Eingriff und verursacht damit auch keinen Eintrag grauer Energie. Alternativ dazu können die Fenster automatisiert werden.

Gewisse bestehende Bauten verfügen mit WC-Ventilatoren bereits über zentrale Abluftanlagen. Mit einem Fenstersersatz muss jedoch das Nachströmen der Aussenluft kontrolliert gelöst werden. Dafür drängen sich Aussenluftdurchlässe oder Fensterschlitze auf. Für eine zentrale Abluftanlage bedingen die erforderlichen Steigzonen Eingriffe mittlerer Tiefe in die Primärstruktur.

Fällt der Entscheid zugunsten einer Komfortlüftung, so sind Steigzonen für Aussen- und Fortluft wie auch Zu- und Abluft zu definieren. Für die horizontale Verteilung und die Führung der Luftleitungen können aufwendige Kaschierungen wie Doppeldeckenkonstruktionen eingesetzt werden. Das Abwägen einer offenen Leitungsführung gegenüber einer verborgenen beeinflusst die graue Energie. Die notwendigen baulichen Folgemassnahmen, wie Raumbedarf für die Technikzentrale und Durchbrüche für Steigzonen, können ähnlich aufwendig sein wie die technischen Installationen selber.

PHOTOVOLTAIK

Die Voraussetzungen zur Nutzung der Sonnenenergie sind mit denen eines Neubaus vergleichbar. Zusätzlich zu den weitverbreiteten Dachsystemen werden auch Fassadenlösungen immer beliebter. Photovoltaikmodule sind in der Produktion sehr energieintensiv. Eine PV-Anlage, welche den Energiebedarf für den Betrieb eines energieeffizienten Einfamilienhauses in der Jahresbilanz decken kann, erhöht den Bedarf an grauer Energie für dieses Einfamilienhaus um etwa 20 Prozent. Die Stromproduktion der PV-Anlage übertrifft diesen Aufwand an grauer Energie aber deutlich und ist daher trotzdem eine sinnvolle Investition. Die genaue Pay-Back-Zeit hängt dabei vom gewählten PV-Modul, der Unterkonstruktion und dem Standort der Anlage (Sonneneinstrahlung) ab. In der Regel ist die zur Produktion der Anlage aufgewendete Energie bereits nach 2 bis 3 Jahren wieder ausgeglichen.



Literaturhinweise

- EnergieSchweiz, Ratgeber Raum und Luft – Angemessene Lüftungskonzepte bei der Erneuerung von Wohnbauten, 2014

DIESES KAPITEL BELEUCHTET DIE PHASE DER KONKRETEN MATERIALWAHL.

EINFLUSSGRÖSSEN

Mit den nachfolgenden Leitgedanken ist eine Einschätzung der grauen Energie möglich. Die angegebenen Werte in den Grafiken sind produkteneutral und helfen, sich für die passende Materialgruppe zu entscheiden.

PRODUKTIONSPROZESS

Da die graue Energie neben der Energie für die Entsorgung vor allem die Energie für die Produktion umfasst, ist deren Anteil massgebend. Je energieintensiver die Herstellung eines Materials ist, desto mehr graue Energie steckt in ihm.

Drei Faktoren bestimmen den Gehalt von grauer Energie:

- Materialgewinnung
- Recyclinganteil
- Anzahl und Art der Bearbeitungsschritte

So sind Baumaterialien aus Rohstoffen, die einfach zu gewinnen sind, tendenziell besser als solche, deren Rohstoffgewinnung sehr energieintensiv ist. Hochveredelte Produkte, die viele Produktionsschritte benötigen, welche zudem noch energieintensiv sind, enthalten mehr graue Energie als einfachere Produkte. Schmelz-, Brenn- und Trocknungsprozesse und damit die thermische Energie sind vielfach für erhöhte Werte an grauer Energie verantwortlich.

Ein Anteil an Recyclingmaterial als Ersatz von Rohstoffen kann die graue Energie ebenfalls reduzieren, sofern die Aufbereitung dieses Materials nicht selbst schon als energieintensiv einzustufen ist. Altpapier, das beispielsweise zu Zellstoffdämmmaterial verarbeitet wird, kann vom bereits vorgängig produzierten Papier profitieren, indem es einfach weiterverarbeitet werden kann (erneute Zerkleinerung). Recyclingbeton hingegen enthält in etwa gleich viel graue Energie wie konventioneller Beton, da er einen höheren Bedarf an Zement aufweist. Das Verwenden von Recyclingbeton jedoch ist aus Sicht der Ressourcenschonung sinnvoll.

AUSSENHÜLLE

Im Umbau fällt der Dämmung von Aussenwänden eine besondere Bedeutung zu. Denn eine energetisch optimierte Gebäudehülle senkt auch den Bedarf an Betriebsenergie. Die Vielfalt von Konstruktionen und Dämmstoffen ist dabei gross. Mineralwollprodukte wie Stein- oder Glaswolle stehen ebenso zur Auswahl wie Produkte auf Erdölbasis (PIR, XPS, EPS mit und ohne Zuschlagstoffe), um einige Beispiele zu nennen.

KOMPAKTFASSADE

In der folgenden Grafik ist eine Auswahl von möglichen Dämmstoffen für Kompaktfassaden dargestellt. Alle sind jeweils mit Materialbezeichnung und Dichte gekennzeichnet und auf denselben Wärmedurchgangskoeffizienten (U -Wert von $0,2 \text{ W/m}^2\text{K}$) bezogen. Je nach Materialeigenschaft ändert damit die Dicke der aufgetragenen Schicht, zudem ändert je nach Dichte der Inhalt grauer Energie, welche bekanntlich auf die Masse bezogen ist. Aus dieser Wechselwirkung ergibt sich, dass keine pauschale Aussage wie «schwere Dämmstoffe sind bezogen auf die graue Energie ungünstig» getroffen werden kann. Vielmehr sind drei Faktoren entscheidend: Materialstärke, Materialdichte, aber massgeblich ist auch die graue Energie je Material.

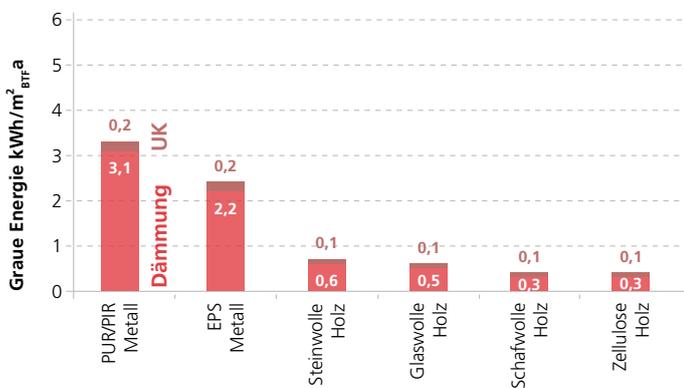
DÄMMUNG KOMPAKTFASSADE U -WERT $0,20 \text{ W/m}^2\text{K}$



HINTERLÜFTETE FASSADE

Hinterlüftete Fassadensysteme unterscheiden sich von Kompaktfassaden in zwei wichtigen Punkten: Einerseits beträgt die Amortisationszeit 40 Jahre anstatt 30 Jahre, andererseits können andere und leichtere Dämmungen eingesetzt werden. Damit verändert sich die Rangierung der einzelnen Dämmstoffe. Besonders gut schneiden – wie bei der Dämmung zwischen den Sparren – leichte Dämmungen ab. Zellulose mit seinem hohen Recyclinganteil und Schafwolle als natürlicher Dämmstoff führen das Feld an. Die mineralischen Dämmungen Stein- und Glaswolle liegen gleichauf. Ihr Raumgewicht beträgt hier, verglichen mit einer Putzträgerfunktion bei Kompaktfassaden, nur noch etwa ein Viertel. Entsprechend reduziert sich die graue Energie.

DÄMMUNG FÜR HINTERLÜFTETE FASSADE MIT BEFESTIGUNGSSYSTEM



UNTERKONSTRUKTION

Unterkonstruktionen werden typischerweise in Holz oder Metall ausgeführt. Die Materialstärke der Unterkonstruktion hängt stets von den daran befestigten Elementen ab: je schwerer die Elemente, desto massiver die Unterkonstruktion. Das gilt unabhängig davon, ob die Unterkonstruktion – wie im folgenden Beispiel – für eine äussere Wandbekleidungen, für Innenwandkonstruktionen, Vorsatzschalen oder abgehängte Decken verwendet wird. Obwohl Unterkonstruktionen in Metall deutlich schlanker ausgeführt werden können als jene in Holz, führen die hohe Materialdichte und der intensive Herstellungsprozess zu einem wesentlich grösseren Eintrag an grauer Energie.

ÄUSSERE WANDBEKLEIDUNG

Ähnlich wie bei der Dämmung von Aussenwänden stehen für Aussenwandbekleidungen verschiedene Materialien zur Wahl. Zusammen mit der Unterkonstruktion können sich, vor allem bei schweren Bekleidungen und grosser Dämmstärke, sehr ungünstige Materialkombinationen ergeben. In der folgenden Grafik sind beispielhaft verschiedene dieser Kombinationen einander gegenübergestellt.

BEKLEIDUNG HINTERLÜFTET, MIT UNTERKONSTRUKTION

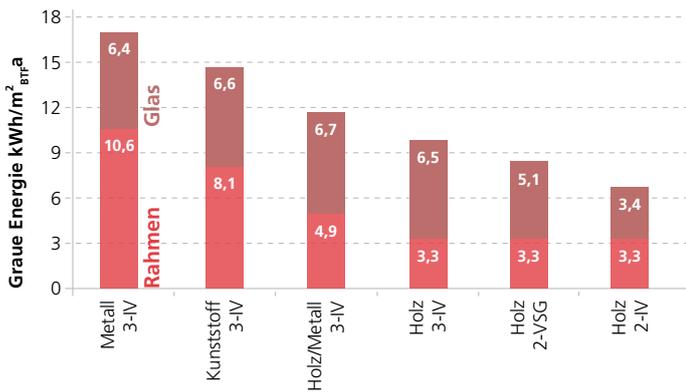


Glas ist nur in Kombination mit einer Unterkonstruktion aus Metall sinnvoll und schneidet am schlechtesten ab. Eine Holzschalung wird dagegen immer auf einer Unterkonstruktion aus Holz befestigt. Zwischen diesen beiden Fassadenkonstruktionen liegt ein Faktor von etwa 15! Das zeigt die grosse Bedeutung einer bewussten Materialwahl. Ferner lässt sich die Differenz der Unterkonstruktionsarten direkt an den zwei Beispielen mit Faserzementplatten ablesen und beträgt $0,8 \text{ kWh/m}^2_{\text{BTF,a}}$.

FENSTER

Oftmals drängt sich der Ersatz der Fenster noch vor einer Erneuerung der Aussenwand auf. Beim Fensterersatz stellt sich stets die Frage nach der Wahl des Rahmenmaterials und der Verglasung. In der folgenden Grafik wurden für das Referenzfenster von 1,15 · 1,55 Metern das Rahmenmaterial und die Verglasungsart variiert. Die Rahmenbreite verändert sich je nach Rahmenmaterial – hier dient daher die absolute Grösse und nicht der Wärmedurchgangskoeffizient als Referenz.

RAHMENMATERIAL UND VERGLASUNG



Wieder zeigt sich, dass jene Materialien mit einem hochveredelnden Herstellungsprozess am meisten graue Energie enthalten. Metall- und Kunststoff-Rahmenprofile sind gegenüber jenen aus Holz deutlich benachteiligt. Die graue Energie der Verglasung bleibt praktisch konstant und ist nahezu unabhängig vom Rahmenmaterial.

Die Zweifachverglasung (2-IV) schneidet besser ab als das Sicherheitsverbundglas (2-VSG), und die Dreifachverglasung (3-IV) verursacht den höchsten Eintrag an grauer Energie. In dieser Betrachtung ist die Betriebsenergie selbstverständlich nicht eingerechnet, und die Resultate sind ausschliesslich auf die graue Energie bezogen.

Während die Wahl der Verglasung voraussichtlich eher auf der Basis von betriebsenergetischen Überlegungen erfolgt, kann das Rahmenmaterial oftmals freier ausgesucht werden. Die Spanne bei dreifacher Isolierverglasung bewegt sich zwischen 10 kWh/m²_{BTF,a} eines Holzfensters und 17 kWh/m²_{BTF,a} eines Metallfensters. Diese Werte sind im Vergleich zu anderen Bauteilen sehr hoch. Entsprechend empfiehlt sich auch hier eine sorgfältige Wahl.

Neben der Wahl des Rahmenmaterials und der Verglasung spielt auch der Rahmenanteil eine nicht zu unterschätzende Rolle. Steigt der Rahmenanteil aufgrund von mehreren Flügeln, Ziersprossen oder aufgrund kleiner Fenstergrösse, so schlägt sich dies deutlich im Resultat nieder. Da die absoluten Fenstergrössen im Umbau meist nur sehr eingeschränkt beeinflusst werden können, lohnen sich Überlegungen immer, ob beispielsweise die Anzahl der Flügel reduziert werden kann oder ob Ziersprossen als gestalterisches Element notwendig sind.

RAHMENANTEIL HOLZFENSTER, VERGLASUNG 3-IV

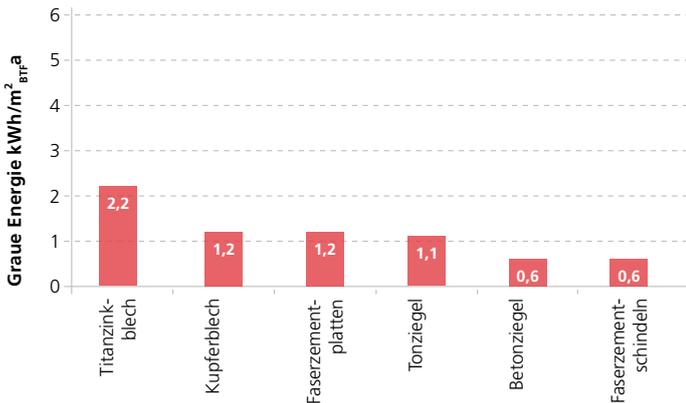


Diese Grafik zeigt typische Rahmenanteile von sehr grossen bis hin zu eher kleinen Fenstern auf der Basis eines Holzrahmens. Die Differenzen akzentuieren sich bei den anderen Rahmenmaterialien, da der Rahmen gegenüber der Verglasung einen viel höheren Eintrag grauer Energie verursacht.

BEDACHUNGEN STEILDACH

Die Wahl des Materials kann immer unter verschiedenen Blickwinkeln erfolgen. In der folgenden Grafik sind verschiedene Dacheindeckungen einander gegenübergestellt. Untersucht ist dabei nur die wasserführende Schicht ohne Unterkonstruktion. Diese wird meist in Holz erstellt und fällt bei der grauen Energie beinahe nicht ins Gewicht beziehungsweise ist über alle Eindeckungsarten sehr ähnlich.

DACHEINDECKUNG, OHNE UNTERKONSTRUKTION



Tonziegel schneiden in dieser Betrachtung gegenüber Betonziegeln aufgrund des Brennprozesses schlechter ab. Unterschiede können sich auch bezüglich Materialstärke niederschlagen: Faserzementschindeln sind nur halb so dick wie Faserzementplatten und ihr Eintrag an grauer Energie entsprechend halb so gross. Metalle sind in der Herstellung sehr energieintensiv und schneiden entsprechend schlecht ab – zusätzlich belasten sie die Gewässer und sind aus ökologischer Sicht als Dacheindeckung nicht zu empfehlen.

AUSBAU

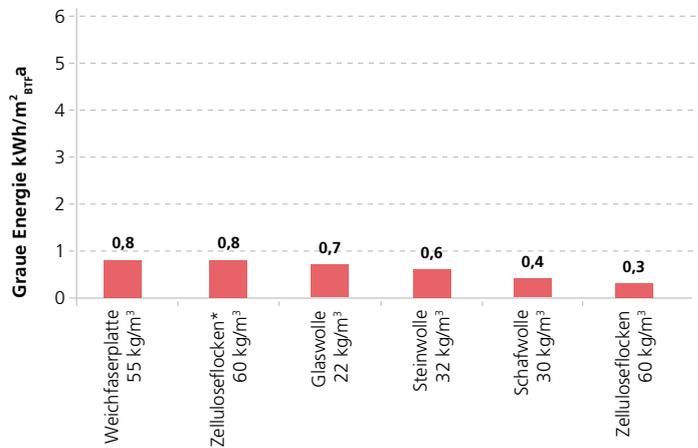
Wieder gilt es, bei Dämmstoffen die geeignete Wahl zu treffen – sei es als Zwischensparrendämmung oder zur Dämmung der Kellerdecke. Neue Trennwände können ebenso unterschiedlich umgesetzt werden wie deren Bekleidung oder die Bodenbeläge.

DÄMMUNG ZWISCHEN DEN SPARREN

Eine einfach realisierbare Massnahme ist die Dämmung von Dächern zwischen den Sparren. Dafür kommt eine Auslese an Dämmstoffen in Betracht, namentlich solche mit einer geringen Rohdichte. Zum Vergleich werden alle Dämmstoffe auf denselben U -Wert bezogen und als homogene Lage betrachtet, das heisst, der Einfluss der bestehenden Sparren wird nicht berücksichtigt.

DÄMMUNG ZWISCHEN DEN SPARREN

U-WERT 0,20 W/m²K



*mit Dreischichtplatte 10 mm

Besonders gut schneiden Materialien ab, welche entweder einen hohen Recyclinganteil besitzen, beispielsweise Zelluloseflocken, oder beinahe keine Verarbeitungsprozesse benötigen, wie zum Beispiel Schafwolle. Die Grafik zeigt weiter, dass zusätzliche verkleidende Schichten die eingebrachte graue Energie erhöhen. Wird Zellulose eingesetzt, um einen bestehenden Hohlraum in der Dachebene zu dämmen, ist der Eintrag grauer Energie äusserst gering. Ist jedoch eine Verkleidung der Balkenlage, in diesem Fall eine roh belassene und 10 mm starke Dreischichtplatte, als Tragfläche für die Zellulosedämmung oder aus optischen Gründen notwendig, ändert sich das Bild markant. Die Verkleidung trägt hier mehr graue Energie ein als der Dämmstoff selbst. Zusätzliche Schichten können die graue Energie ebenso beeinflussen wie die Wahl des eingesetzten Materials. Die Differenz zwischen Weichfaserplatten und Zelluloseflocken ist ebenso gross wie der Unterschied, ob die Dämmung eine zusätzliche Verkleidung erfordert oder nicht.

TRENNWÄNDE

Nachträglich erstellte, nicht tragende Trennwände können im Umbau Räume neu gliedern. Dazu stehen leichte oder massive Bauweisen zur Wahl. Wie bereits beschrieben, ist bei ersterer die Wahl der Unterkonstruktion die entscheidende Grösse, denn Metallständer schneiden weniger gut ab als Holzkonstruktionen.

TRENNWÄNDE, NICHT VERPUTZT



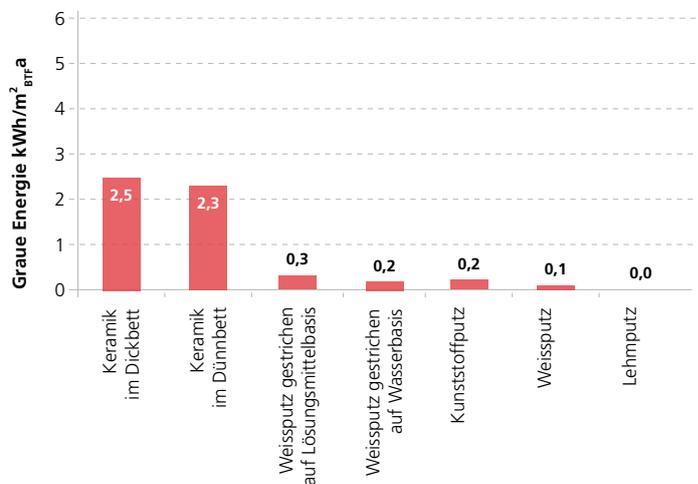
*Bepankung beidseitig, 12,5 mm Gipskartonplatte

Die oben aufgeführten Werte lassen sich nur bedingt vergleichen, da bei den beiden unterschiedlichen Bauweisen nicht dieselben Materialien zum Einsatz kommen und die Mauersteine nicht einheitliche Masse besitzen. Das zeigt einmal mehr, dass im Bereich der grauen Energie ein exakter Vergleich nicht immer leicht zu bewerkstelligen ist. In manchen Fällen ist daher die Betrachtung gesamter Systeme mit gleicher Bauweise angezeigt, anstatt beharrlich einzelne Materialschichten zu vergleichen.

INNERE WANDBEKLEIDUNG

Neben der Materialisierung der Trennwände stellt sich die Frage nach der Oberflächenveredelung der Innenwände. Hier sind die Differenzen relativ gesehen sehr hoch, absolut betrachtet jedoch sehr klein. Am besten schneidet der Lehmputz ab, der quasi null graue Energie einträgt. Ein Kunststoffputz trägt zwar das Doppelte verglichen mit dem Weissputz ein – durch die dünne Schichtigkeit von Putz ist die absolute Differenz von 0,1 kWh/m²_{BTF,a} sehr gering. Anstriche erhöhen die graue Energie ebenfalls um 0,1 bis 0,2 kWh/m²_{BTF,a}, wobei wasserlösliche Anstriche besser als lösungsmittelhaltige abschneiden.

INNERE WANDBEKLEIDUNG

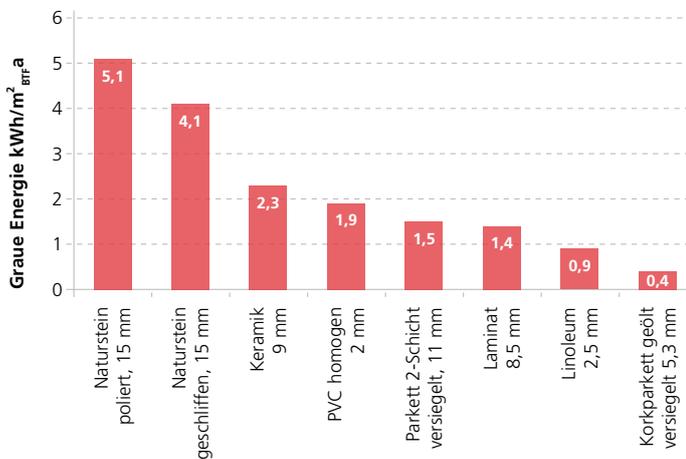


Ganz anders präsentiert sich die Situation, wenn anstatt Putz Keramikplatten eingesetzt werden. Die Vergleichbarkeit ist allerdings nur eingeschränkt möglich, da Keramikplatten vornehmlich in Nasszellen eingesetzt werden. Also dort, wo auch wasserresistente Oberflächen gefragt sind. Gleichzeitig sind die relativen Verhältnisse eines Oberflächenabschlusses mit Keramikplatten gegenüber einem Kunststoffputz mit einem Faktor von etwa 12 sehr hoch. Insbesondere gehören die absoluten Grössen des Eintrags an grauer Energie durch Keramikplatten zu den höchsten pro Bauteilfläche im gesamten Ratgeber, vorausgesetzt, die Materialwahl geschieht optimiert. Es lohnt sich also, Keramikplatten nur dort einzusetzen, wo sie aufgrund ihrer Eigenschaften auch notwendig sind.

BODENBELÄGE

Bei der Wahl der Bodenbeläge steht ebenfalls eine breite Palette von Materialien mit ganz unterschiedlichen Eigenschaften zur Verfügung. Entscheidend für die konkrete Wahl ist neben der grauen Energie sicherlich auch deren Konstruktionsstärke. Wie auf Seite 13 beschrieben, kann diese im Umbau nicht vollkommen frei gewählt werden, sofern man auf Anpassungen von Türzargen und Weiterem verzichten möchte.

BODENBELÄGE



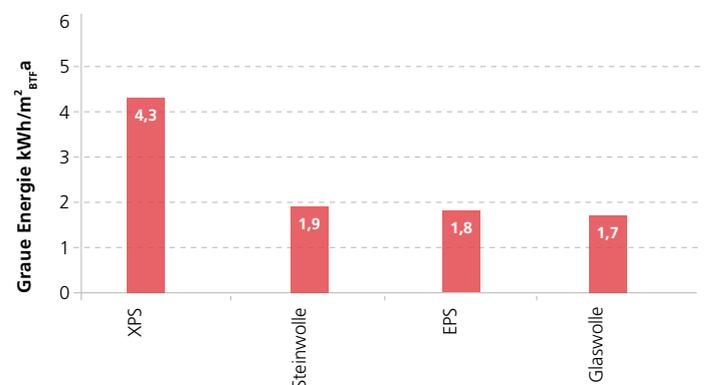
Wieder zeigt sich, dass intensive Nachbearbeitung – auch von Naturprodukten – den Gehalt der grauen Energie in die Höhe treibt. Natursteinplatten poliert oder geschliffen schneiden mit Abstand am schlechtesten ab. Gleichzeitig muss der dünnste Aufbau (PVC) nicht unbedingt am besten abschneiden. Während Keramikplatten und PVC um 2 kWh/m²_{BTF,a} eintragen, liegen Parkett und Laminat mit etwa 1.5 kWh/m²_{BTF,a} praktisch gleich auf. Besonders sparsam ist die Wahl eines Korkparketts versiegelt, mit 0,42 kWh/m²_{BTF,a} verursacht es höchstens einen Zehntel der grauen Energie verglichen mit Natursteinplatten.

DÄMMUNG KELLERDECKEN

Eine beliebte Massnahme, um im Umbau das Gebäude energetisch zu optimieren, ist die Dämmung der Kellerdecke. Sie ist meistens einfach umsetzbar, senkt den Heizwärmebedarf deutlich und verbessert den Komfort bei verhältnismässig kleinen Investitionskosten. Als gemeinsamer Referenzrahmen dient wieder der *U*-Wert der Konstruktion gemäss Einzelbauteilnachweis von 0,25 W/m²K.

DÄMMUNG KELLERDECKE

U-WERT 0,25 W/m²K



In dieser Betrachtung schneidet die Glaswolle für einmal besser ab als die Steinwolle und sogar noch besser als EPS. Das liegt daran, dass die Glaswolle sowohl leichter ist als die Steinwolle, als auch, dass sie eine tiefere Leitfähigkeit aufweist. Während Glas- und Steinwolle sowie EPS etwa dieselben Werte aufweisen, ist eine XPS-Dämmung mit mehr als dem doppelten Wert weniger empfehlenswert.



Literaturhinweise/Quellen

- KBOB-Empfehlung 2009/1: Ökobilanzdaten im Baubereich, 2014
- Daten für Schafwolle: baubook GmbH, Wien
- SIA-Merkblatt 2032, Graue Energie von Gebäuden, 2010, 1. Auflage und Korrigenda 2013

DIE WESENTLICHEN MÖGLICHKEITEN ZUR OPTIMIERUNG DER GRAUEN ENERGIE SIND IN ZEHN KONKRETEN PUNKTEN ZUSAMMENGEFASST.

1. BAUSUBSTANZ- UND MARKTANALYSE

Eine sorgfältig durchgeführte und objektive Bestandsaufnahme bildet die Grundlage, um zielgerichtete und phasengerechte Entscheidungen zu treffen und der Qualität der vorhandenen Bausubstanz gerecht zu werden.

2. ERWEITERUNGSPOTENZIALE

Die Potenziale zur Erweiterung des Gebäudevolumens sollten im Rahmen der baurechtlichen Möglichkeiten geprüft werden.

3. ETAPPIERUNG

Langfristig geplante und sorgfältig aufeinander abgestimmte Konzepte richten sich nach der jeweiligen Nutzungsdauer der Bauteile und helfen dabei, keine vorhandenen Werte zu zerstören.

4. BESTAND

Bestehende Bauteile bleiben mindestens so lange erhalten, bis ihre Nutzungsdauer abgelaufen ist. Die im Konzept bestimmte Eingriffstiefe respektiert den Bestand.

5. NEUES

Jedes neu eingebrachte Bauteil und jede zusätzliche Materialschicht trägt bei einem Umbau zusätzlich graue Energie in ein Gebäude. Dabei können die Folgemaassnahmen, die ein Entscheid über eine Anpassung mit sich bringt, mehr graue Energie eintragen als die Massnahme selber.

6. RATIONELLE LÖSUNGEN

Bestehende Bauten haben einen eigenen Charme und im Vergleich zu Neubauten andere Qualitäten, die sie auszeichnen. Mit Augenmass geplante Umbauprojekte erhöhen die graue Energie nur moderat und führen damit zu einer vorteilhaften Gesamtenergiebilanz – ein wichtiger Indikator für marktfähige Mietkosten.

7. TRAGSTRUKTUR

Der Kern eines Gebäudes besitzt die längste Amortisationszeit und damit den grössten Wert an grauer Energie. Im Umbau sind daher Lösungen gefragt, die möglichst ohne Eingriffe in die Tragstruktur auskommen.

8. TRENNBARKEIT

Bauteile und Materialien mit unterschiedlicher Nutzungsdauer sollten nicht starr miteinander verbunden, sondern einfach trennbar sein. Wichtig ist auch hier die Zugänglichkeit. Beispielsweise trifft dies auf Ver- und Entsorgungsleitungen zu, die in einem Steigschacht geführt werden.

9. DÄMMSTOFFE

Bei der Fülle von konkurrenzfähigen Produkten fällt ein Entscheid leichter, wenn Bauteilsysteme miteinander verglichen, anstatt einzelne Schichten losgelöst von der Konstruktionsart auf graue Energie hin gewichtet und aneinandergereiht werden. Holz eignet sich als Werkstoff für eine Unterkonstruktion besonders gut.

10. MATERIALIEN

Es gibt keine «guten» und «schlechten» Materialien. Jedes Material hat physikalische Vorzüge und kann entsprechend eingesetzt werden. Je nach Anforderung an ein Bauteil kann ein Material idealerweise gleich mehrere Aufgaben übernehmen, beispielsweise beim Schall- und Brandschutz. Heimische Materialien, die wenige und energiearme Bearbeitungsschritte erfordern, enthalten entsprechend wenig graue Energie.

**ZWEIBRUGGENMÜHLE, ST.GALLEN SG
BAUJAHR UM 1903**

**DAS EHEMALIGE MÜHLENGEBÄUDE MIT
KLASSIZISTISCHER SICHTBACKSTEIN-
FASSADE IST 2010 UMGEBAUT WORDEN
UND BIETET HEUTE RAUM FÜR
22 EINZIGARTIGE WOHNHEITEN.**



BETEILIGTE

- aardeplan ag, Architekten ETH SIA, Baar
- Energieagentur St.Gallen GmbH, St.Gallen
- Visiobau Architekturbüro SIA, Muolen

QUELLEN

- SIA 380, Grundlagen für energetische Berechnungen von Gebäuden, 2015
- SIA-Merkblatt 2032, Graue Energie von Gebäuden, 2010, 1. Auflage und Korrigenda 2013
- SIA-Merkblatt 2040, SIA-Effizienzpfad Energie, 2011
- SIA-Merkblatt 2047, Energetische Gebäudeerneuerung, 2015
- KBOB-Empfehlung 2009/1: Ökobilanzdaten im Baubereich, 2014
- CR B, Baukostenplan Hochbau, 2012

FOTOS

- Energieagentur St.Gallen GmbH

LITERATUR

- EnergieSchweiz, Ratgeber Mehrfamilienhäuser energetisch richtig erneuern, 2014
- EnergieSchweiz, Ratgeber Raum und Luft – Angemessene Lüftungskonzepte bei der Erneuerung von Wohnbauten
- Faktor Verlag, Gesund und ökologisch bauen mit Minergie®-ECO , 2015
- interact, Hochschule Luzern, Technik und Architektur
- Die Typologie der Flexibilität im Hochbau, 2008

ICH WILL MEHR WISSEN

LINKS ZUM THEMA

www.eco-bau.ch	Nachhaltigkeit im öffentlichen Bau
www.ecospeed.ch	Ihre persönliche Energiebilanz
www.kbob.admin.ch -> Publikationen -> nachhaltiges Bauen	KBOB -Empfehlung 2009/1: Ökobilanzdaten im Baubereich

WEITERE LINKS

www.energieantworten.ch	Antworten auf Fragen zum Thema Energie
www.energieetikette.ch	Energieetikette für Haushaltgeräte, Beleuchtung, Personenwagen, Reifen usw.
www.energiefranken.ch	Alle Förderprogramme in Ihrer Gemeinde
www.energieschweiz.ch	Bundesamt für Energie BFE
www.energieschweiz.ch/heizsystemcheck	Vergleich von Heizungssystemen
www.energie-umwelt.ch	Internetseite der kantonalen Energie- und Umweltdienststellen über Energiesparen und Umweltschutz
www.energybox.ch	Beurteilen Sie Ihren Stromverbrauch
www.fernwaerme-schweiz.ch	Verband Fernwärme Schweiz
www.fws.ch	Fachvereinigung Wärmepumpen Schweiz FWS
www.geak.ch	Gebäudeenergieausweis der Kantone
www.geothermie.ch	Schweizerische Vereinigung für Geothermie SVG
www.gh-schweiz.ch	Gebäudehülle Schweiz
www.hausverein.ch	Hausverein Schweiz
www.hev-schweiz.ch	Hauseigentümerverband Schweiz
www.holzenergie.ch	Alles über die Holzheizung
www.leistungsgarantie.ch	Leistungsgarantie Haustechnik
www.minergie.ch	Der Schweizer Standard für Komfort, Effizienz und Werterhalt
www.nnbs.ch	Netzwerk Nachhaltiges Bauen Schweiz
www.snbs.ch	Standard Nachhaltiges Bauen Schweiz
www.swissolar.ch	Informationsstelle Solarenergie
www.topten.ch	Vergleich der sparsamsten Haushaltgeräte
