



# Wie grau ist die Gebäudetechnik?

Graue Energie macht einen Hauptteil der Gesamtenergiebetrachtung eines Hauses aus. Eine interdisziplinäre Forschungsgruppe analysiert die bisher vernachlässigte Systemkomponente der Gebäudetechnikgewerke.

Text **Antonio Suárez**

Mit den Merkblättern 2032, 2039 und 2040 hat der Schweizerische Ingenieur- und Architektenverein SIA eine Berechnungsgrundlage dafür geschaffen, wie viel Energie beim Bauen, Instandhalten und Betreiben von Gebäuden verbraucht wird und wie viel Treibhausgase dabei ausgestossen werden. Der vom SIA konzipierte «Effizienzpfad Energie» bezieht in der gesamtenergetischen Betrachtung eines Gebäudes nebst dem klassischen Verwendungszweck der Betriebsenergie auch die Graue Energie und die standortabhängige Mobilität mit ein. Damit stehen in der Schweiz Instrumente zur Verfügung, die es erlauben, den Energieverbrauch über den ganzen Lebenszyklus eines Gebäudes zu berechnen. Übergeordnetes Ziel des Effizienzpfades ist es, aufzuzeigen, wie die Bauwirtschaft einen Beitrag zur Umsetzung der 2000-Watt-Gesellschaft im Gebäudebereich leisten kann. Angestrebt werden folglich eine Primärenergiedauerleistung von 2000 Watt sowie eine Emission von maximal einer Tonne Kohlendioxid pro Person und Jahr. Durch

**Der Massivbau «2226» in Lustenau steht exemplarisch für Lowtech.**



**Das von Mischa Badertscher Architekten entworfene Verwaltungsgebäude des Bundesamts für Raumentwicklung ARE in Ittigen bei Bern wurde 2013 fertiggestellt. Es ist nach Minergie-P-Eco zertifiziert, 2000-Watt-kompatibel und erfüllt die Anforderungen nach Gesundem Innenraumklima (GI).**

die Erfüllung dieser Anforderungen erhofft man sich einen nachhaltig optimierten Gebäudepark durch kompaktere Baukörper, flexiblere Tragsysteme, angemessenere Bausysteme und einfachere Gebäudetechnikkonzepte.

#### Keine vernachlässigbare Grösse

«Als Graue Energie bezeichnet man den energetischen Aufwand, den es benötigt, um ein Produkt herzustellen. Dazu gerechnet werden alle vorgelagerten Prozesse der Erstellung sowie der Aufwand für die Entsorgung des Produkts. Die Graue Energie der Gebäudetechnik setzt sich aus der Summe aller Materialien und Elemente zusammen, die notwendig sind, um die gebäudetechnischen Produkte herzustellen und am Ende der Laufzeit auch zu entsorgen.» So umreisst Gianrico Settembrini vom Zentrum für Integrale Gebäudetechnik (ZIG) an der Hochschule Luzern (HSLU) eine der Leitgrössen bei der Bestimmung der Nachhaltigkeit von Gebäuden. Typische Werte für die sogenannte Graue Energie von Neubauten schwanken zwischen 80 und

100 MJ pro m<sup>2</sup> Geschossfläche und Jahr, womit sie sich in etwa im selben Spektrum bewegen wie jene für die Betriebsenergie effizienter Bauten. Dieser Vergleich veranschaulicht, dass es sich keineswegs um eine vernachlässigbare Grösse handelt. Als wichtigste Einflussfaktoren gelten die Tragwerksstruktur eines Gebäudes sowie die Hülle. Gebäudeform und -grösse sind folglich die wichtigsten Einflussparameter. Explizite Materialisierungsentscheide im Innenbau dagegen haben in der Regel bereits einen deutlich geringeren Einfluss.

#### Holistischer Ansatz

«Sprach man von Energieeffizienz, wurde jahrzehntelang nur der Betrieb der Gebäude betrachtet. Bei den gängigen Energiestandards stand die Vermeidung von Erdöl fürs Heizen und die Warmwasseraufbereitung oder von Strom für den Haushalt im Vordergrund. Doch die Energie, die für die Herstellung eines Gebäudes aufgewendet wurde, hat man stets vernachlässigt», kritisiert Gianrico Settembrini. Der Berner Architekt hat letztes Jahr die For-

schungsgruppe Nachhaltiges Bauen und Erneuern am ZIG übernommen, die sich aus sechs wissenschaftlichen Mitarbeitenden zusammensetzt.

«Bei der energetischen Betrachtung eines Gebäudes muss man immer sowohl den Aufwand für die Herstellung, den Betrieb während dessen Lebensdauer als auch die Mobilität, die durch die Nutzer verursacht wird, berücksichtigen. Nur auf diesem Weg wird man dem ganzheitlichen Ansatz gerecht», erklärt der Hochschulforscher. «Betrachtet man das Verhältnis der drei Bereiche, ist der Betrieb massgebend, wenn mit Erdöl geheizt wird und die Gebäudehülle nur unzureichend gedämmt ist. In diesem Fall kann der energetische Aufwand beim Betrieb eines Gebäudes ausserordentliche Ausmasse annehmen. Wenn man jedoch die Gebäudehülle und die Wärmeerzeugung optimiert hat, werden die anderen Faktoren umso wichtiger.»

#### Mangelhafte Zertifizierung

Ungeachtet der Tatsache, dass es zahlreiche Etiketten und Labels für Gebäude ►

► gibt, befassen sich erst wenige mit der Grauen Energie. In der Schweiz existieren das Minergie-A- und Minergie-Eco-Label sowie der Standard nachhaltiges Bauen Schweiz (SNBS). Doch obschon mittlerweile die Graue Energie mehr und mehr in den Bilanzen auftaucht, bemängelt Settembrini, dass viel mehr Gebäude mit den alten statt den fortschrittlichen Labels zertifiziert würden.

Bei der öffentlichen Förderung im Energiebereich sieht es nicht viel besser aus. Abgesehen von einzelnen Ausnahmen sprechen praktisch keine Kantone Fördergelder aus für Bauprojekte, die alle Faktoren des Effizienzpfads Energie – sprich: Betrieb, Herstellung und Mobilität – gleichermassen in der Bilanzierung gewichten. «Wenn man sich die Fördermittel der Kantone anschaut», stellt Settembrini fest, «dann ist es auch heute noch so, dass nur beim Betrieb die Energiereduktion gefördert wird. Obwohl man also heutzutage um die Bedeutung der Grauen Energie Bescheid weiss, wird sie bei energetischen Fördermitteln noch nicht berücksichtigt.» Der Architekt italienischer Herkunft schätzt, dass es wohl noch länger dauert, bis sich die gesamtheitliche Sichtweise durchsetzen wird.

## Unzureichende Quantifizierung

Heute fallen bei energieeffizienten Wohnneubauten in der Regel bereits 50 Prozent der Treibhausgasemissionen für die Erstellung an. Bei der Gebäudetechnik ist man beim Erstellungsaufwand im Grössenbereich von 20 Prozent – Tendenz steigend. Neubauten enthalten immer mehr Technik. In der Gesamtbilanz ist sie daher ein wichtiger Bestandteil. «Heute verfügen wir über Instrumente, um die Graue Energie zu quantifizieren. Noch aber sind im spezifischen Bereich der Gebäudetechnik die Daten und Kennwerte zu dürftig, um daraus eine Entscheidungsgrundlage zu Beginn eines Planungsprozesses zu erarbeiten.» Die Krux bestehe darin, fährt Settembrini fort, «dass wir heute kaum Möglichkeiten haben, am Anfang eines Projekts zu quantifizieren, was es ausmacht, wenn man bei der Technik spart.» Einsparungen könnten bei Fenstern, Dach- und Fassadenkonstruktionen oder allgemein bei Gebäudematerialien veranschaulicht werden. Bei der Gebäudetechnik verfüge man jedoch nicht über genügend Kennwerte, um das Optimierungspotenzial aufzuzeigen.

Den Mangel an verlässlichen Kennzahlen veranschaulicht der Wissenschaftler am Beispiel der Sanitäranlagen: «Wenn ein Architekt oder Planer beschliesst, weniger Nasszellen in einem Gebäude zu errichten oder diese so kompakt anzuordnen, dass Steigzonen und Leitungen eingespart werden, so hat er im Prinzip noch nicht die

Möglichkeit, sein Gebäude als viel besser in der Herstellung einzustufen als einen wenig durchdachten Bau, in dem pro Wohnung drei Nasszellen an unterschiedlichen Orten mit eigenen Leitungen zu stehen kommen.» Eine differenzierte Quantifizierung der Grauen Energie sei daher am Anfang eines Bauprojekts zurzeit noch nicht in befriedigender Masse möglich.

## Das Projekt SYGREN

Das Forschungsprojekt «Systemkennwerte Graue Energie Gebäudetechnik» (SYGREN) des ZIG setzt an dieser Stelle an. Ziel ist es, aufzuzeigen, an welchem Punkt der Planer zu Beginn eines Projekts Einfluss auf die Reduktion der Grauen Energie nehmen kann. Initiator von SYGREN ist das Bundesamt für Energie, welches das Forschungsprojekt massgeblich unterstützt. Abgesehen von der Hochschule Luzern beteiligen sich an der Finanzierung auch das Amt für Hochbau Zürich und das Architekturbüro Aardeplan AG in Baar (ZG). Die Federführung über das Gemeinschaftsprojekt obliegt dem ZIG. «Für uns war zentral», meint hierzu Settembrini, «dass wir Beteiligte aus möglichst vielen Fachrichtungen gewinnen konnten, um deren Know-how abzurufen. Wir führen im Rahmen des Projekts regelmässige Workshops

durch. Wir treffen uns dabei unter anderem mit Fachplanern der Gebäudetechnik, Bauphysikern, Erdsondenspezialisten und IT-Experten. Wichtig war auch, innerhalb der für das Projekt zusammengestellten Arbeitsgemeinschaft neben einem Spezialisten für Ökobilanzen von der Zürcher Hochschule für Angewandte Wissenschaften ein Architekturbüro mit an Bord zu haben, denn Architekten fällen sehr viele Entscheidungen am Anfang eines Bauprojekts. Hier am ZIG verfügen wir insbesondere über die Kompetenzen im spezifischen Bereich der Gebäudetechnik.»

Settembrini ist sich sicher, dass in der Gebäudetechnik ein hohes Energieeinsparpotenzial brachliegt. Sein Team will Defizite bei der Berechnung aufzeigen und wo möglich neue Kennwerte erstellen. Der Architekt nennt das Beispiel der Batterie-speicherung von Sonnenenergie in Gebäuden. Obwohl das Thema zunehmend an Bedeutung gewinne, lägen hier noch keine allgemein anwendbare Daten vor. Als «klassisch» in der gesamtenergetischen Betrachtungsweise bezeichnet Settembrini ausserdem das Beispiel der Erdwärmesonden. Um Graue Energie einzusparen, kann man kürzere Sonden wählen. Dies wiederum hat zur Folge, dass die zugehörige Wärmepumpe weniger effizient arbei-



**Der Experimentalbau «2226» des Architekturbüros Baumschlager Eberle im vorarlbergischen Lustenau kommt gänzlich ohne Heizungs-, Lüftungs- und Kühlungsanlagen aus. Einzige Heizquelle ist die Wärmeabstrahlung von Gebäudenutzern und elektrischen Geräten.**



**Gianrico Settembrini, Leiter der Forschungsgruppe Nachhaltiges Bauen und Erneuern am Zentrum für Integrale Gebäudetechnik der Hochschule Luzern.**

tet und dadurch mehr Betriebsenergie benötigt. Planer, so folgert der Forscher, müssten demnach stets die Wechselwirkungen zwischen Herstellungs- und Betriebsaufwänden im Auge behalten.

### Erste Erkenntnisse

Untersuchungen im Rahmen des Forschungsprojekts zeigen, dass für die Erstellung von Erdsonden in der Regel über die Hälfte der Umweltbelastungspunkte (UBP) nur für die bei der Bohrung notwendige Dieselmenge aufgewendet wird. Und bei Elektroanlagen sind rund 70 Prozent der UBP für die Herstellung von Kupfer nötig. Bei Lüftungsrohren hat das Forschungsteam festgestellt, dass allein der mengenmässig kleine Zinkanteil für über 60 Prozent der UBP verantwortlich ist. Mit analoger Methodik will das Team von Settembrini all jene Gebäudetechnikkomponente eruieren, die in der Bilanz relevant, variant oder beeinflussbar sind. Auf diese Weise wollen die Forscher Fragen zum Erstellungsaufwand beantworten, die im Rahmen einer Planungsaufgabe anstehen. Mit neuen Bezugsgrössen soll es etwa möglich sein, zu ermitteln, ob es in einem Gebäude sinnvoller ist, beispielsweise eine zentrale oder dezentrale Lüftungsanlage zu bauen. Ferner möchten sie wissen, in

welchen Situationen ein Hightech- und wann ein Lowtech-Ansatz zielführend ist.

### Hightech versus Lowtech

Grundsätzlich bestehen bei der Optimierung der Gesamtenergiebilanz zwei entgegengesetzte Lösungswege: Entweder man steckt mehr Mittel in die Gebäudetechnik, beispielsweise zur Ausnutzung von erneuerbaren Energiequellen, um den Anteil an schädlichen Emissionen und damit die Graue Energie der Gebäudehülle zu senken, oder aber man investiert in eine Gebäudehülle mit sehr guten Dämmwerten und entsprechend hohem Erstellungsaufwand, um den Heizwärmebedarf des Gebäudes und die dafür notwendige Technik zu reduzieren.

Gianrico Settembrini stellte in seinem Referat am 13. ZIG-Planerseminar von vergangem März in Horw konzeptionell unterschiedliche Ansätze anhand zweier Beispiele aus einer Studie gegenüber. Im Minergie-P-Eco-zertifizierten Bürogebäude des Bundesamtes für Raumentwicklung in Ittigen bei Bern zum Beispiel steckt vergleichsweise viel Technik. Der Bürokomplex verfügt über ein konventionelles Lüftungssystem und eine effiziente Grundwasser-Wärmepumpe, die in Kombination mit Solarkollektoren für die Wärmeerzeugung sorgt. Beim Erstellungsaufwand entfällt daher allein auf die Gebäudetechnik nahezu die Hälfte der Umweltbelastungspunkte (46 Prozent). Demgegenüber nimmt sich der entsprechende Anteil von 31 Prozent für die Gebäudetechnik des Experimentalbaus «2226» von Baumschlager Eberle vergleichsweise bescheiden aus. Der Massivbau des österreichischen Architekturbüros in Lustenau bei Bregenz kommt gänzlich ohne herkömmliche Heizungs-, Lüftungs- und Kühlungsanlage aus. Deshalb steht er exemplarisch für Lowtech. Denn gute Dämmwerte und die grosse Speichermasse garantieren konstante Innenraumtemperaturen zwischen 22 und 26 Grad Celsius.

Das in einem Gewerbegebiet unweit der Schweizer Grenze errichtete Gebäude dient den Architekten als Firmensitz. Der sechsgeschossige, weiss verputzte Bau wirkt massiv und monumental. Das Gebäude konzipierten die Architekten bewusst als Antithese zum typischen Büro- und Gewerbebau aus Metall, Beton und Glas. Die 76 Zentimeter dicken Aussenwände aus Ziegelmauerwerk isolieren die Innenräume so gut gegen Witterungseinflüsse, dass auch ohne Heizung ganzjährig ein komfortables Innenraumklima herrscht. Die Aussenwände weisen einen Wärmedurchgangskoeffizienten von 0,14 W/m<sup>2</sup>K auf und die Fenster sind dreifach verglast. Eine automatisierte Klappen- ▶



## eNet

Die smarte Funklösung für Ihr Zuhause **JUNG**



**eNet von JUNG – einfach installiert, schnell konfiguriert und kinderleicht in der Anwendung**

Egal ob in der Wohnung oder unterwegs – über verschiedene Bediengeräte können etwa das Licht oder die Storen komfortabel gesteuert werden.

Das bidirektionale System gewährleistet eine sichere Übertragung mit direktem Feedback.



Komfortable Steuerung mit Wand- oder Handsender



**Visualisierung eNet Home:** intuitiv, benutzerfreundlich, individuell anpassbar



**eNet App:** mobile Bedienung ohne Programmierungsaufwand

- Neuinstallation oder nahtlose Ergänzung bestehender Installationen
- Szenen, Gruppen und Automatisierungen für Licht und Storen
- flexible Bedienmöglichkeiten
- Aktuell und zukunftssicher durch Updates und Kompatibilität zu anderen Systemen

ZidaTech AG, Tel. 062 209 60 30  
e-center@zidatech.ch, www.zidatech.ch

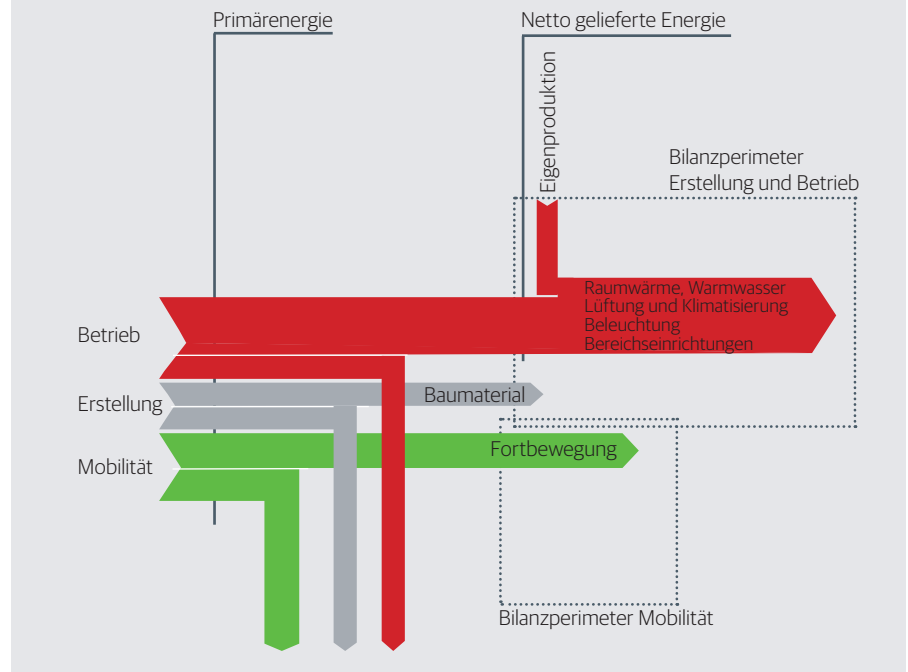
► Lüftung mit schmalen Lüftungsflügeln in der Fassade sorgt für die notwendige Frischluftzufuhr. Gleichzeitig verhindert sie ein Auskühlen des Gebäudes im Winter und ein Überhitzen im Sommer. Das Haus wurde mit hochwertigen Baustoffen hergestellt und ist auf eine Lebensdauer von 200 Jahren ausgelegt.

Im Lowtech-Gebäude wurde zwar bei der Gebäudetechnik sehr viel gespart. Wegen des massiven Fassadenaufbaus musste man dafür aber mehr in die Baustoffe investieren. Das Gebäude hat nach Angaben seiner Benutzer bisher die Vorgaben hinsichtlich Innenraumklima eingehalten – und das mit ganz wenig Technik. Trotzdem möchte Gianrico Settembrini bei der Beurteilung von High-tech versus Lowtech keinen klaren Sieger festmachen. Stets gelte es, situativ abzuwägen. Das Resultat müsse man in der Summe betrachten. Denn wichtig sei am Ende eine gute Gesamtbilanz.

## Ökobilanz von Altbauten

Wie aber steht es mit Altbauten? Schneiden sie gegenüber Neubauten hinsichtlich Grauer Energie nicht viel besser ab? Settembrini bestätigt: «Ein hundertjähriges Gebäude weist nur noch einen minimalen Anteil Grauer Energie auf, weil es grösstenteils amortisiert ist. Die von der SIA vorgesehene Amortisationszeit der Tragstruktur beträgt 60 Jahre. Saniert man ein Objekt, wird die Graue Energie der neuen Teile berücksichtigt. Für Sanitäranlagen ist bei-

## Energiefluss von der Primärenergie bis zum Nutzen



spielsweise eine Amortisationszeit von 30 Jahren vorgesehen.» In der energetischen Optimierung würden die Gebäudeform respektive das verdichtete Bauen oft nicht ausreichend berücksichtigt, gibt der Nachhaltigkeitsexperte weiter zu bedenken. «Ungedämmte Altbauten, bei denen eine Brandmauer gleichzeitig von zwei aneinander liegenden Gebäuden genutzt wird,

können in einer Gesamtbetrachtung besser abschneiden als ein hochmodernes Einfamilienhaus auf dem Land, in dem aber drei Familienangehörige täglich mit dem Auto in die Stadt zur Arbeit fahren. Selbst wenn noch eine Solaranlage auf dem Dach steht», ergänzt Settembrini abschliessend, «kann die Berücksichtigung der Menge an Energie, die für dessen Herstellung aufgewendet wurde und für die Mobilität benötigt wird, dazu führen, dass es hinsichtlich der Gesamtenergiebilanz schlechter abschneidet als ein über 300 Jahre altes, denkmalgeschütztes Gebäude in der Stadt mit einer alten Kachelofenheizung.»

Hauptaufgabe des von Settembrini geleiteten Projekts ist die Überführung bestehender Sachbilanzdaten in anwendergerechte Systemkennwerte der Grauen Energie für sämtliche Gebäudetechnikgewerke. Zielgruppe der Anwendung sind Architekten, Bauphysiker und Haustechniker. Die Ergebnisse sollen die vorhandenen Ökobilanzdaten vervollständigen. Bereits diesen Sommer steht ein erster Meilenstein an. Aus dem Projekt sollen entscheidende Inputs in die anstehende Revision des Merkblatts SIA 2032 «Graue Energie von Gebäuden» einfließen. Wie am Planerseminar in Horw von fachkundiger Seite angeregt wurde, könnte schliesslich die im Rahmen des Projekts geleistete Vorarbeit zu den Systemkennwerten der Gebäudetechnik in einem Nachfolgeprojekt mit der Gebäudedatenmodellierung informationstechnisch verknüpft werden und so zu einer weiteren anwenderorientierten Vereinfachung der Planung führen. ■

## Focus

### Graue Energie

Die Graue Energie entspricht der Gesamtmenge nicht erneuerbarer Primärenergie, die für alle vorgelagerten Prozesse, vom Rohstoffabbau über Herstellungs- und Verarbeitungsprozesse bis zur Entsorgung, inklusive der dazu notwendigen Transporte und Hilfsmittel, erforderlich ist. Als nicht erneuerbar gelten die fossilen und nuklearen Energien. Ebenfalls Teil der Kenngrösse ist der Aufwand für den Rückbau. Als Bilanzperimeter gilt in aller Regel die Grundstücksgrenze bzw. Aussenabmessung der einzelnen Gebäudeteile. Bei der Berechnung einzelner Bauteile werden die Abmessungen mit den Werten spezifischer Kennwertlisten herangezogen. Diese Kennwerte werden in der Praxis von offiziellen Datensammlungen entnommen. In der Schweiz hat sich die sogenannte Ecoinvent-Datenbank etabliert, die unter Federführung der Materialprüfanstalt Empa und diverser Bundesämter erarbeitet worden ist. Sie enthält Angaben zum kumulierten Energieaufwand, zu den Treibhausgasemissionen und weiteren umweltbezogenen Bewertungsgrössen von Energieträgern, Energieumwandlungstechnologien, Werkstoffen, Produkten und Dienstleistungen unterschiedlicher Wirtschaftszweige. Aus dieser Datensammlung erarbeitete die Koordinationskonferenz der Bau- und Liegenschaftsorgane der öffentlichen Bauherren (KBOB) eine Zusammenfassung für Baustoffe. Hinzu kommt schliesslich noch der elektronische Bauteilkatalog – ein für Planer und Systemanbieter hilfreiches Werkzeug zur vereinfachten Berechnung der Grauen Energie und der grauen Treibhausgasemissionen von Gebäuden. (Quelle: SIA-Merkblatt 2032, Zürich 2010)