**Zeitschrift:** Tec21
**Herausgeber:** Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein
**Band:** 137 (2011)
**Heft:** 5-6: Energien bilanzieren

**Artikel:** Graue Energie : wo optimieren?
**Autor:** Gugerli, Heinrich / Züger-Fürer, Yvonne
**DOI:** https://doi.org/10.5169/seals-131558

**Nutzungsbedingungen**
Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

**Conditions d'utilisation**
L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

**Terms of use**
The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

**Download PDF:** 20.07.2025

**ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch**

# GRAUE ENERGIE: WO OPTIMIEREN?

**Je niedriger der Betriebsenergiebedarf eines Gebäudes ist, umso mehr fällt die für die Erstellung eingesetzte Energie in einer Lebenszyklusbetrachtung ins Gewicht. Damit rückt die Optimierung dieser sogenannten grauen Energie ins Blickfeld. Welche Parameter eines Gebäudes dabei den stärksten Ausschlag geben, zeigt ein Vergleich von drei Neubauten und vier instandgestellten Gebäuden der Stadt Zürich.**

**Titelbild**
**Integrierte Fotovoltaikanlage auf dem Flachdach des Plusenergiehauses in Münsingen (vgl. «Einfamilien-Wohnkraftwerk», S. 39)**
(Foto: Alexander Gempeler)

53 % der gesamten durch ein neues Wohngebäude bestimmten Treibhausgasemissionen entfallen gemäss Merkblatt SIA 2040 *SIA-Effizienzpfad Energie*[1] auf die Erstellung, lediglich 16 % auf die Betriebsenergie und 31 % auf die durch das Gebäude verursachte Mobilität (Abb. 11). Diese Richtwerte beziehen sich auf 2000-Watt-kompatible Gebäude. Betrachtet man anstelle der Treibhausgasemissionen die nicht erneuerbare Primärenergie, verschieben sich die Anteile, weil die Baustoffproduktion wesentlich mehr Treibhausgasemissionen je Energieeinheit verursacht als die Betriebsenergie. 25 % entfallen auf die Erstellung, 45 % auf die Betriebsenergie und 30 % auf die Mobilität. Ohne Optimierung der grauen Treibhausgasemissionen und der grauen Energie sind klimaverträgliche und ressourceneffiziente Häuser also kaum denkbar.

## HERAUSFORDERUNG FÜR DAS PLANUNGSTEAM

Trotz der immensen Bedeutung mangelt es jedoch an Vorgaben für die Erstellungsenergie von Gebäuden, ganz im Gegensatz zur Betriebsenergie, die durch eine Vielzahl von Normen und Vorschriften geregelt ist. Im SIA-Effizienzpfad Energie werden erstmals entsprechende Richtwerte für graue Energie und graue Treibhausgasemissionen festgelegt.[1]
Bei einer gesamtheitlichen Quantifizierung stellt sich die Frage, welcher Fachplaner damit beauftragt wird: die Architektin? Der Kostenplaner? Die Bauphysikerin? Davon unabhängig muss sichergestellt sein, dass der Gesamtleiter der Planung, also in der Regel die Architektin, die relevanten Parameter zur Optimierung der grauen Energie respektive der grauen Treibhausgasemissionen kennt. Diese Verantwortlichkeit ist insofern von Bedeutung, als der Erstellungsaufwand sehr stark vom Gebäudekonzept abhängig ist – also von der Form und der Kompaktheit eines Gebäudes, vom statischen Konzept und von der Materialisierung. Da mit einer zunehmenden Sensibilisierung von Bauherrschaften für dieses Thema zu rechnen ist, sind der Architekt und sein Fachplanungsteam gleichermassen gefordert.

## INSTANDSETZUNG ODER NEUBAU?

Aus energetischer Sicht kann die Frage, ob ein Ersatzneubau einer Sanierung vorzuziehen sei, nicht generell beantwortet werden. Zwar braucht die Instandsetzung nur rund die Hälfte an grauer Energie im Vergleich zum Neubau, weil der Aushub der Baugrube und die Primärstruktur des Gebäudes bereits als abgeschrieben gelten. Dies ist mit ein Grund, dass die 2000-Watt-Kompatibilität fallweise mit einer Instandsetzung günstiger erreicht werden kann als mit einem Neubau, obwohl die Betriebsenergie im sanierten Haus in der Regel grösser ist. Häufig halten sich aber bei einem Neubau der Mehraufwand an grauer Energie und der Minderaufwand im Betrieb gegenüber einer Instandsetzung die Waage. 2000-Watt-verträgliche Lösungen lassen sich demnach mit beiden Strategien verfolgen. Energieeffizienz

**01 Die Siedlung Paradies in Zürich Wollishofen, wie sie nach der Erneuerung aussehen soll**
(Visualisierung: ARGE Galli Rudolf/Halter)
**02 Der Eingangsbereich des Zentrums Dorflinde in Zürich Oerlikon nach der Erneuerung; das Altersheim ist Teil des Zentrums**
(Foto: Georg Aerni, Zürich)
**03 Das Schulhaus Milchbuck in Zürich Unterstrass nach der Erneuerung** (Foto: Walter Mair)
**04 Pavillons des Schulhauses Holderbach in Zürich Oerlikon nach der Erneuerung**
(Foto: Beat Bühler, Zürich)
**05 Der geplante Neubau des Altersheims Trotte in Zürich Höngg**
(Visualisierung: Enzmann + Fischer AG, Zürich)
**06 Das in Zürich Seebach ursprünglich geplante neue Altersheim Köschenrüti, das aber in veränderter Form realisiert werden wird**
(Visualisierung: Bob Gysin + Partner BGP, Zürich)
**07 Das neue Schulhaus Leutschenbach in Zürich Schwamendingen** (Foto: Hannes Henz, Zürich)

01

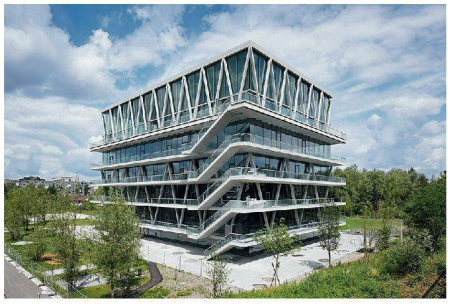
02

03

04

05

06

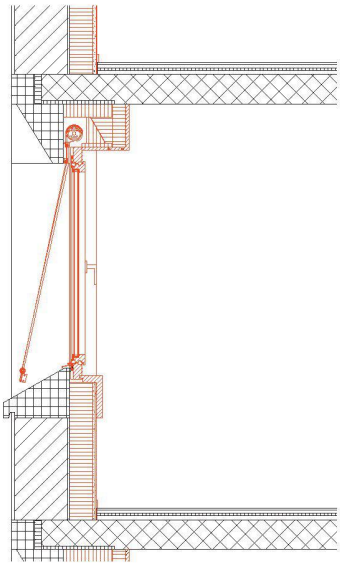


07

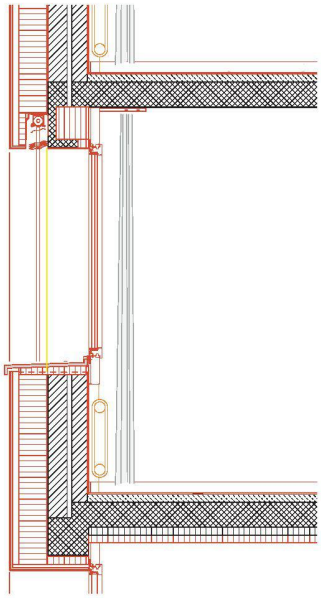
alleine kann daher kein Grund sein, ein Gebäude abzureissen. Ausschlaggebend für die Abwägung zwischen Ersatzneubau und Instandsetzung sind vielmehr die Gebrauchstauglichkeit, Grundrisse mit hoher Flexibilität und das Erweiterungspotenzial eines Objektes, mitunter auch baurechtliche Fragen, beispielsweise Grenzabstände.

## INSTANDSETZUNGEN: GEBÄUDETECHNIK SCHLÄGT ZU BUCHE

Das Amt für Hochbauten der Stadt Zürich hat von sieben städtischen Gebäuden – vier Instandsetzungen und drei Neubauten – den Erstellungs- respektive Instandsetzungsaufwand detailliert erhoben (Abb. 1 bis 7, 12).[2] Die Auswertung zeigt, dass die Baugrube und die Tragstruktur in einer Bilanz der Treibhausgase kräftig zu Buche schlagen. Bei den drei Neubauten entfallen gut ein Drittel bis knapp die Hälfte der Treibhausgasemissionen durch die Erstellung auf diese Positionen. Bei den Instandsetzungen sind diese Anteile naturgemäss sehr viel kleiner. Plausibel ist auch der Befund, dass der Aufwand für die Gebäudetechnik in ihrer absoluten Grösse weitgehend unabhängig davon ist, ob das Gebäude neu erstellt oder



08

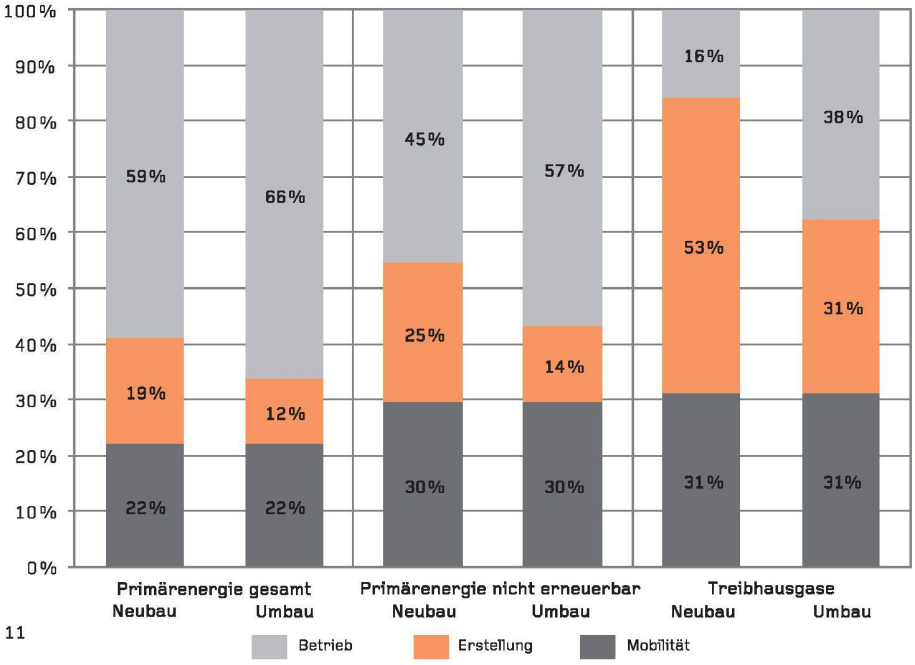


09

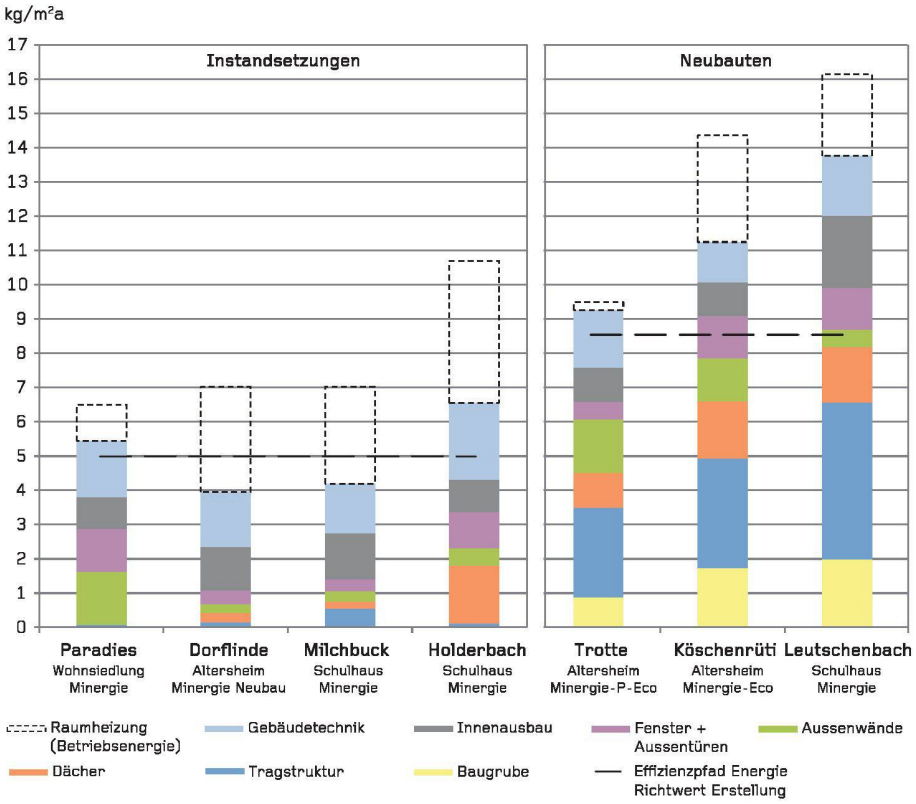
Graue Energie und Treibhausgasemissionen: Aussenwand

| | Altersheim Dorflinde Instandsetzung (vgl. Abb. 8) | Wohnsiedlung Paradies Instandsetzung (vgl. Abb. 9) |
|---|---|---|
| Pro m² Energiebezugsfläche AE: | | |
| Graue Energie | 2.2 MJ (4 %) | 17.3 MJ (23 %) |
| Graue Treibhausgasemissionen | 0.3 kg | 1.6 kg (29 %) |
| Ausmass des Bauteils | 0.33 m² (7 %) | 0.71 m² |
| Pro m² Bauteil: | | |
| Graue Energie | 7 MJ | 24 MJ |
| Graue Treibhausgasemissionen | 0.8 kg | 2.2 kg |

10




11




12

08 Detail der Aussenwand im Altersheim Dorflinde mit Innenwärmedämmung (14 cm Porenbeton) (Plan: Neff Neumann Architekten, Zürich)
09 Detail der Aussenwand in der Wohnsiedlung Paradies mit Aussenwärmedämmung (18 cm Steinwolle) (Plan: ARGE Galli Rudolf/Halter)
10 Vergleich von grauer Energie und grauen Treibhausgasemissionen zweier Wandkonstruktionen; Werte pro Jahr
(Tabelle: Amt für Hochbauten der Stadt Zürich)
11 Anteile der Primärenergie und der Treibhausgasemissionen für den Betrieb und die Erstellung von Gebäuden sowie für die durch Gebäude induzierte Mobilität; Richtwerte für ein 2000-Watt-kompatibles Wohngebäude
(Grafik: SIA Effizienzpfad Energie, in Vernehmlassung, 2010[1])
12 Treibhausgasemissionen von vier Instandsetzungen und drei Neubauten für die Erstellung sowie für die Raumheizung, umgerechnet auf ein Jahr
(Grafik: Amt für Hochbauten der Stadt Zürich)

instandgesetzt wird. Durch diese Übereinstimmung in den absoluten Grössen ergeben sich bei Instandsetzungen grosse Anteile für die gebäudetechnischen Installationen, wie die Beispiele Dorflinde und Milchbuck illustrieren. Im Altersheim Dorflinde entfallen über 40 % der grauen Treibhausgasemissionen auf diese Position. Erheblich sind auch die durch die Herstellung der Fenster und den Innenausbau verursachten Treibhausgasemissionen.

## GROSSE BEDEUTUNG VON AUSMASS UND MATERIALISIERUNG

Die Interpretation der Daten zeigt auch, dass die Materialisierung und das Ausmass der Bauteile, bezogen auf die Energiebezugsfläche, von grosser Bedeutung sind. Typisch dafür ist das Schulhaus Holderbach mit nur zwei Vollgeschossen, dessen Aussenbauteile, insbesondere das Dach, im Verhältnis zur Energiebezugsfläche ein grosses Ausmass haben. Das Objekt in der für die 1950er-Jahre typischen Pavillonbauweise ist wenig kompakt. Dass der Schulhaustrakt bei der Instandsetzung wiederum mit Aluminium eingedeckt wurde, akzentuiert diesen Effekt.

Der Stellenwert der Materialisierung – als Folge der gewählten Konstruktion – kommt auch in einem Vergleich der Aussenwände in der Wohnsiedlung Paradies und im Altersheim Dorflinde zum Ausdruck. Im «Paradies» fallen die Putzträgerplatten der hinterlüfteten Fassade und die Unterkonstruktion aus Aluminium ins Gewicht, während die 18 cm Steinwolle sich nur marginal auswirken. In der «Dorflinde» dagegen wird die Aussenwand raumseitig mit 14 cm Porenbeton nachgerüstet. Diese Lösung kommt ohne Verkleidung und Unterkonstruktion aus, was zu sehr tiefen Werten der grauen Energie führt (Abb. 8–10). Sofern die bauphysikalischen Bedingungen gegeben sind, erweist sich eine Innendämmung als vorteilhaft, umso mehr, als dadurch – wie im Fall «Dorflinde» – die Fassade keine grundlegenden Eingriffe erfährt und dadurch die architektonische Qualität erhalten bleibt.

Die Kompaktheit eines Gebäudes ist also einer der wichtigsten Faktoren bei der Optimierung des Erstellungsaufwandes. Die Daten zeigen aber auch, dass die im Effizienzpfad Energie dokumentierten Richtwerte bei Instandsetzungen – trotz grosser Eingriffstiefe – dank sorgfältiger Materialwahl erreicht werden können.[3]

## HILFSMITTEL ZUR BERECHNUNG

Mit dem Merkblatt 2032 hat der SIA für die Planung eine praxisgerechte Methode zur Berechnung der grauen Energie nach einheitlichen Grundsätzen geschaffen.[4] Mit den «Ökobilanzdaten im Baubereich» ist eine aktuelle Datengrundlage mit repräsentativen Daten für den schweizerischen Baustoffmarkt vorhanden.[5]

Den interessierten Planenden und Auftraggebern stehen mittlerweile geeignete Hilfsmittel zur Berücksichtigung von grauen Daten bei der Erstellung oder der Instandsetzung zur Verfügung, beispielsweise die ECO-BKP-Merkblätter für Instandsetzungen und Neubauten[6] sowie die Zertifizierung nach Minergie-Eco. Geeignet für die Berechnung sind das webgestützte Tool www.bauteilkatalog.ch sowie – für eine grobe Orientierung in Vorstudien oder Vorprojekten – der Anhang D des SIA-Merkblattes 2032 *Graue Energie von Gebäuden.* Wichtig ist dabei, dass die Datenerhebung und die Optimierung frühzeitig erfolgen. Bauten nach dem SIA-Effizienzpfad Energie, nach Minergie-Eco 2011 und nach dem neuen Standard Minergie-A, der Anfang März 2011 lanciert werden soll, bedingen ohnehin einen Nachweis der grauen Energie.

**Dr. Heinrich Gugerli,** dipl. Ing. ETH/SIA, Fachstelle Nachhaltiges Bauen, Amt für Hochbauten der Stadt Zürich

**Yvonne Züger-Fürer,** dipl. Architektin FH, Fachstelle Nachhaltiges Bauen, Amt für Hochbauten der Stadt Zürich

**Anmerkungen**

1 Merkblatt SIA 2040 *SIA-Effizienzpfad Energie,* in Vernehmlassung, Zürich 2010

2 Fürer, Yvonne; Heinrich Gugerli: Graue Energie und Graue Treibhausgasemissionen von Instandsetzungen. 16. Status-Seminar, 2. und 3. September 2010, ETH Zürich

3 Instandsetzung. Das Potenzial liegt im Bestand. Stadt Zürich, Hochbaudepartement, 2011. www.stadt-zuerich.ch/nachhaltiges-bauen

4 Merkblatt 2032 *Graue Energie von Gebäuden,* SIA, Zürich 2009

5 Empfehlung 2009/1 Ökobilanzdaten im Baubereich, KBOB, eco-bau, IPB, Bern 2009, www.kbob.ch

6 Eco-BKP 2009. Merkblätter zum ökologischen Bauen nach Baukostenplan BKP, Verein eco-bau, Bern 2009, www.eco-bau.ch

**Weitere Informationen:**
www.stadt-zuerich.ch/nachhaltiges-bauen