

Dokumentation

D 0200

sia

## SNARC

Systematik zur Beurteilung der Nachhaltigkeit von  
Architekturprojekten für den Bereich Umwelt

schweizerischer  
ingenieur- und  
architektenverein

société suisse  
des ingénieurs  
et des architectes

società svizzera  
degli ingegneri  
e degli architetti

swiss society  
of engineers  
and architects

SNARC

# SNARC

Systematik zur Beurteilung der Nachhaltigkeit von  
Architekturprojekten für den Bereich Umwelt

schweizerischer  
ingenieur- und  
architektenverein

société suisse  
des ingénieurs  
et des architectes

società svizzera  
degli ingegneri  
e degli architetti

swiss society  
of engineers  
and architects

selnaustrasse 16  
ch 8039 zürich  
[www.sia.ch](http://www.sia.ch)

**sia**

Schweizerischer Ingenieur- und  
Architekten-Verein  
Selnaustrasse 16, Postfach, 8039 Zürich

Umschlagbild: Jörg Hamburger, Dietikon

Druck: Bühler Druck AG, Zürich  
Auflage: 1500 Exemplare

ISBN 3-908483-78-6  
Dokumentation SIA D 0200  
SNARC – Systematik zur Beurteilung der Nachhaltigkeit  
von Architekturprojekten für den Bereich Umwelt  
Copyright © 2004 by SIA Zurich

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

### **Projektteam Forschungsprojekt**

Walter Ramseier, Architekt BSA/SIA, ZHW (Projektleitung)

Prof. Werner Dubach, Architekt BSA/SIA, ZHW

Ueli Kasser, dipl. chem. Ökologe SVU, ZHW

Severin Lenel, Architekt HTL/Umwelt Ing. NDS HTL, Hochbauamt des Kantons St. Gallen

Claude Vaucher, Architekt SIA/SWB, ZHW

Martin Vogel, Architekt SIA/ETH, Hochbauamt des Kantons Bern

Beat Wüthrich, Dr. sc. nat. ETH, Hochbauamt des Kantons Zürich

Judith Wydler, Architektin HTL, ZHW

Edith Zulauf-Blarer, Architektin HTL, ZHW

Prof. Hansruedi Preisig, Architekt SIA, ZHW (Projektbegleitung)

### **Projektteam Testphase**

Prof. Hansruedi Preisig, Architekt SIA, ZHW (Projektleitung)

Werner Biotto, Architekt BSA, Vertreter Schweizer Ingenieur- und Architekten-Verein, Wettbewerbskommission SIA 142

Elisabeth Boesch, Architektin BSA/SIA, Vertreterin Bund Schweizer Architekten

Max Bosshard, Architekt BSA/SIA, Vertreter Bund Schweizer Architekten

Martin Hitz, Architekt ETH/SIA, Stadtbaumeister St.Gallen, Vertreter Projektpartner

Katrin Pfäffli, Architektin ETH/SIA (Assistenz Projektleitung)

### **Projektpartner**

#### **Hochbauämter**

Baudepartement des Kantons Aargau - Baden Stadt, Planung und Bau - Etat de Vaud, Service des bâtiments - Hochbauamt Basel-Landschaft - Hochbau- und Planungsamt Kanton Basel-Stadt - Hochbauamt des Kantons Bern - Hochbauamt des Kantons Graubünden - Baudirektion des Kantons Glarus - Hochbauamt des Kantons Schaffhausen - Hochbauamt der Stadt Schaffhausen - Hochbauamt des Kantons St. Gallen - Hochbauamt der Stadt St. Gallen - Hochbauamt des Kantons Thurgau - Hochbauamt des Kantons Zug - Hochbauamt des Fürstentum Liechtensteins - Stadt Zug, Stadtökologie - Hochbauamt des Kantons Zürich - Amt für Hochbauten der Stadt Zürich

#### **Bundesämter**

Bundesamt für Wohnungswesen BWO - Bundesamt für Energie BFE

#### **Verbände**

Schweizerischer Ingenieur und Architekten-Verein SIA - Schweizerische Zentralstelle für Baurationalisierung CRB

#### **Private**

Göhner Merkur AG Zürich - ABB Immobilien AG Baden

#### **Hochschulen**

ZHW Zürcher Hochschule Winterthur, Zentrum Nachhaltiges Gestalten, Planen u. Bauen

### **Kontakt / download**

Prof. Hansruedi Preisig, e-mail: [preisig@hansruedipreisig.ch](mailto:preisig@hansruedipreisig.ch)

download als pdf-Dokument unter [www.nachhaltiges-bauen.ch/forschung/snarc](http://www.nachhaltiges-bauen.ch/forschung/snarc) oder unter [www.eco-bau.ch](http://www.eco-bau.ch)

<b>Vorwort</b>	<b>7</b>
<b>Nachhaltigkeit</b>	<b>8</b>
<b>Zusammenfassung</b>	<b>10</b>
<b>I / SNARC im Wettbewerbsverfahren</b>	<b>13</b>
<b>1. Grundsätze Methode SNARC</b>	<b>13</b>
<b>2. Vorbereitung</b>	<b>14</b>
2.1 Wettbewerbsart	14
2.2 Programm	14
2.3 Einzureichende Unterlagen	15
<b>3. Vorprüfung</b>	<b>16</b>
3.1 Umfang / Ablauf	16
3.2 Anwendung der Kriterien	16
3.3 Zusammenfassung und Kommunikation	16
<b>4. Beurteilung</b>	<b>17</b>
<b>II / Kriterien</b>	<b>19</b>
Zusammenstellung	19
Kommentar	20
<b>1. Grundstück</b>	<b>21</b>
1.1 Grünflächen	21
1.2 Wasserhaushalt	22
<b>2. Ressourcenaufwand Erstellung und Betrieb</b>	<b>23</b>
2.1 Ressourcenaufwand für Baugrube und Terraingestaltung	23
2.2 Ressourcenaufwand für den Rohbau	24
2.2.1 Neubauten	24
2.2.2 Sanierungen	26
2.3 Ressourcenaufwand für den Betrieb	27
<b>3. Funktionstüchtigkeit</b>	<b>28</b>
3.1 Tragwerk	28
3.2 Haustechnik-Medien	28
3.3 Gebäudehülle	29
3.4 Sommerlicher Wärmeschutz	29
3.5 Lärmschutz	30

<b>III / Hintergrund</b>	<b>31</b>
<b>1. Lebenszyklusmodell</b>	<b>31</b>
<b>2. Zeitlicher Rahmen</b>	<b>33</b>
<b>3. Kennwerte für die Kriterienanwendung</b>	<b>34</b>
3.1 Indikator Graue Energie	34
3.2 Erstellung	36
3.2.1 Ressourcenaufwand für Baugrube und Terraingestaltung	36
3.2.2 Ressourcenaufwand für den Rohbau	36
3.2.3 Ressourcenaufwand für den Betrieb	40
<b>4. Weitere Kennwerte</b>	<b>41</b>
4.1 Innenausbau	41
4.2 Fassadensanierung	41
4.3 Umnutzungen	41
4.4 Haustechnik	42
<b>IV / Tabellarischer Anhang</b>	<b>43</b>
<b>1. Vorbemerkungen</b>	<b>43</b>
<b>2. Neubau</b>	<b>43</b>
<b>3. Sanierungen</b>	<b>50</b>

## **Hinweis der Kommission SIA 142**

Die SIA-Kommission für Architektur- und Ingenieurwettbewerbe anerkennt, dass mit der Überarbeitung von SNARC eine wesentliche Vereinfachung der Methode erreicht werden konnte und damit heute ein sinnvolles Instrument für die vergleichende Beurteilung von Projekten in der Konzeptphase zur Verfügung steht.

Ein vorrangiges Ziel der Kommission ist jedoch die Förderung des 'schlanken' Wettbewerbs - eine Notwendigkeit, um das Instrument des Architekturwettbewerbs praktikabel zu erhalten. Sie hat auch nach der Überarbeitung Bedenken, dass die Anwendung der Methode bei Projektwettbewerben zu einem erhöhten Aufwand für die Teilnehmenden und für die Veranstalterin führt. Sie fordert Preisrichterinnen und Preisrichter deshalb auf, bei der Anwendung von SNARC in Architekturwettbewerben die dafür vorgesehenen Kriterien auf die Aufgabe bezogen kritisch zu überprüfen und die erforderlichen Berechnungen im Rahmen der Vorprüfung erstellen zu lassen.

SIA-Kommission für Architektur- und Ingenieurwettbewerbe  
Zürich, September 2004

## Vorwort

Die Methode SNARC, Systematik zur Beurteilung der Nachhaltigkeit von Architekturprojekten für den Bereich Umwelt, ist das Ergebnis einer angewandten Forschung an der Zürcher Hochschule Winterthur. Sie wurde von öffentlichen Bauherren, privaten Investoren sowie dem SIA und dem CRB mitgetragen und begleitet. Die Kommission für Technologie und Innovation des Bundes (KTI) hat sie finanziert.

Nach dem Vorliegen des ersten Gesamtentwurfes im Sommer 2001 haben sich die beiden Planerverbände SIA und BSA gegenüber dem Vorhaben kritisch geäußert. Es wurde befürchtet, dass durch die Anwendung der Methode bei Architekturwettbewerben städtebaulich und architektonisch gute Lösungen durch Forderungen der Nachhaltigkeit verhindert und der durch die Teilnehmenden zu leistende Arbeitsaufwand unnötig vergrößert würden. Aus diesem Grunde ging die ursprüngliche Version von SNARC in eine zweijährige, durch Vertreter des ursprünglichen Projektteams und der beiden Planerverbände begleitete Testphase.

In der zweijährigen Testphase sind im Rahmen von mehr als 30 Wettbewerben und Studienaufträgen etwa 200 Konzepte von Architekturprojekten nach SNARC vorgeprüft worden. Dabei hat sich das Instrument als hilfreich erwiesen. Weder die Vielfalt der Lösungen, noch die kreativen Spielräume sind beeinträchtigt worden. Es hat sich aber auch gezeigt, dass das Instrument in einzelnen Punkten überarbeitet und gestrafft werden sollte.

Das Projektteam der Testphase hat das Instrument überarbeitet mit dem Ziel, nur Kriterien aufzuführen, die in der Konzeptphase von Bedeutung sind und die sich mit den zu diesem Zeitpunkt vorhandenen Unterlagen beurteilen lassen. Die Anzahl der Kriterien wurde stark reduziert und Kriterien im Ermessensbereich nicht mehr quantitativ, sondern qualitativ erfasst.

Mit dieser Ueberarbeitung steht nun ein taugliches und bewährtes Instrument zur Prüfung der Umweltaspekte der Nachhaltigkeit zur Verfügung, das sich für Architekturprojekte in der Konzeptphase eignet. In dieser frühen Phase sind der Handlungsspielraum und der Einfluss auf die Umweltauswirkungen von Gebäuden am grössten. SNARC vermag bei der Vorprüfung von Architekturwettbewerben und Studienaufträgen und allgemein beim Vergleich von Architekturprojekten verbindliche und nachvollziehbare Aussagen zu machen.

Der Projektleiter Prof. Hansruedi Preisig  
Winterthur, September 2004



## Nachhaltigkeit

Der Anspruch auf eine systematische Beurteilung von Nachhaltigkeitsaspekten ist ausgesprochen hoch. Obwohl der Begriff der Nachhaltigkeit viel gebraucht und diskutiert wird, lässt er sich nicht mit genügender Schärfe definieren. Oft gilt ein Entscheid als nachhaltig, wenn soziale, ökonomische und ökologische Faktoren der drei Bereiche Gesellschaft, Wirtschaft und Umwelt gegeneinander abgewogen werden.

Am Erdgipfel in Rio de Janeiro 1992 haben 181 Signaturstaaten die Erklärung von Rio und das Programm zur Umsetzung, die Agenda 21 "Wege zu einer nachhaltigen Entwicklung", unterzeichnet. Die Forderungen in der Agenda 21 richten sich hauptsächlich an Politiker und an die internationale Politik (zum Beispiel Kampf gegen die Armut). Die Einflussmöglichkeiten der Bauherrschaften oder Architektinnen und Architekten auf die Umsetzung der Forderungen sind auf die Erhaltung der Ressourcen und die Biodiversität beschränkt. In diesem Bereich gibt es klare Zusammenhänge zu der Erstellung und dem Betrieb eines Gebäudes. Mit den sozialen und ökonomischen Forderungen werden Problemkreise zwischen Nord und Süd, Minderheits-, Verteilungs- und Partnerschaftsfragen im nationalen und internationalen Kontext tangiert. Im sozialen und ökonomischen Bereich der Agenda 21 können höchstens die beiden Forderungen nach einer Änderung des Konsumverhaltens und des Schutzes der menschlichen Gesundheit im Rahmen einer Bauaufgabe umgesetzt werden. Mit der Art und Weise, wie man ein Gebäude in der Schweiz erstellt, kann man die Partnerschaft mit den indigenen Völkern nicht stärken, wiewohl dies in der Agenda 21 auch gefordert wird<sup>1)</sup>.

Deshalb ist auch bei einem Architekturwettbewerb die Umsetzung der Nachhaltigkeitsforderungen in diesem ursprünglichen Sinne nur in sehr beschränktem Masse möglich. Trotzdem beanspruchen wir den Begriff für die vorliegende Beurteilungsmethode:

- SNARC beschreibt Kriterien aus dem Umweltbereich, soweit sie zum Zeitpunkt von Wettbewerben anwendbar sind, umfassend, systematisch und präzise.
- Die Anwendung der Methode ermöglicht einen Vergleich der Projekte hinsichtlich ihrer Nachhaltigkeit im Bereich Umwelt. Letzten Endes ist es jedoch das Beurteilungsgremium, das die schwierige Aufgabe der gesamtheitlichen Beurteilung zu erfüllen hat.

Die Ausgestaltung der Kriterien beruht auf den folgenden Prinzipien:

- Die SNARC-Methode enthält ausschliesslich gebäudenaher Kriterien. Sie erlauben es Wettbewerbsveranstaltern und -teilnehmenden, sich auf die herkömmlichen architektonischen Aufgaben zu konzentrieren. Die Kenntnisse der Zusammenhänge, wie sie in Teil II / Kriterien beschrieben werden, sind ausreichend.

---

1) U. Kasser, H.R. Preisig: Nachhaltigkeit - vom globalen Programm zur Individualformel, tec21, 47/2000

- Die SNARC-Methode soll Teilnehmerinnen und Teilnehmern eines Wettbewerbs bzw. eines Studienauftrags keinen zusätzlichen Aufwand für Nachweise zur Beurteilung ihrer Lösung verursachen. Die Beurteilung der Kriterien ist weitgehend auf der Basis herkömmlicher Pläne und Unterlagen, die für Projektwettbewerbe verlangt werden, möglich.
- Die SNARC-Methode enthält ausschliesslich Kriterien, die in einem direkten und analytisch fassbaren Zusammenhang zu den Umweltauswirkungen stehen. Beispielsweise ist der Abbau von Chrom in Südamerika mit erheblichen Gewässerbelastungen und Bodenkontaminationen verbunden. Dieser Zusammenhang kann im Rahmen des Wettbewerbs nicht hergestellt werden und ist darüber hinaus in seiner Bedeutung auch noch zu wenig erfasst.
- Die SNARC-Methode beschränkt sich auf Kriterien, die im Rahmen eines Projektwettbewerbes beurteilt werden können. Beispielsweise ist die Entsorgung eines Gebäudes zweifellos ein umweltrelevanter Faktor. Nur ist es praktisch unmöglich, die Trennbarkeit und die Entsorgung von Materialien eines Gebäudes, das sich noch in der Projektierungsphase befindet, zu bestimmen. Der Aufwand ist viel zu gross, und viele Materialien sind noch nicht definiert. Ähnliches gilt auch für die Belastung des Innenraums mit Schadstoffen. Sie kann im Rahmen von Wettbewerben nicht beurteilt werden, weil sie von der spezifischen Produktwahl und von der Sorgfalt bei der Ausführung abhängt.
- Die SNARC-Kriterien sind so konzipiert, dass sie sich mit Blick auf die Gesamtbewertung nicht überschneiden. Beispielsweise zielen die Kompaktheit des Gebäudes und die Ressourcenintensität der Bauhülle auf dieselbe Art von Umweltbelastung. Würde man beide Kriterien verwenden, käme es zu einer Doppelbewertung.
- Die SNARC-Kriterien beziehen sich auf einen Lebenszyklus von 30 Jahren. Das mag für den Rohbau eines Gebäudes als eine zu kurze effektive Lebensdauer angesehen werden, ist jedoch in Bezug auf das Vorsorge- und Verursacherprinzip gerechtfertigt. Die Bauherrschaft als Verursacherin übernimmt die Hauptverantwortung für die mit dem Projekt verbundene Umweltbelastung und soll sie nicht an zukünftige Generationen weiter reichen (Teil III / Hintergrund, Kap. 2).
- Die SNARC-Methode ist so konzipiert, dass die bei Projektwettbewerben beabsichtigte Vielfalt von Lösungen so wenig wie möglich beeinträchtigt wird.

## Zusammenfassung

SNARC richtet sich an alle Beteiligten von Architekturwettbewerben und Studienaufträgen, die im Rahmen der gestellten Aufgabe einen Beitrag zur nachhaltigen Entwicklung im Bereich Umwelt leisten möchten. Das Wettbewerbswesen in der Schweiz kann auf eine lange und reiche Tradition zurückblicken und hat für die Kriterien Städtebau, Architektur, Funktionalität und Wirtschaftlichkeit die Beurteilungsmethoden und Instrumente weit entwickelt und verfeinert. Für das relativ junge Kriterium Nachhaltigkeit, das die Bereiche Gesellschaft, Wirtschaft und Umwelt umfasst, besteht ein Defizit. SNARC deckt den umwelttechnischen Teil, auch Ökologie genannt, ab. Dahinter steht das Prinzip eines beständigen Gebäudes, das durch sein Konzept, seine Flexibilität und Infrastruktur wenig Ressourcen beansprucht und minimale Umweltbelastungen verursacht.

### Teil I / SNARC im Wettbewerbsverfahren

Dieser Teil dient dem Verständnis der Kriterien, der Vorbereitung, Durchführung, Prüfung und Beurteilung von Projektwettbewerben und Studienaufträgen, die nach SNARC vorgeprüft werden. Die Kriterien zielen auf einen schonungsvollen Eingriff in den Naturhaushalt auf dem Grundstück, einen minimalen Stoff- und Energiefluss während des Lebenszykluses eines Gebäudes und auf eine hohe Funktionalität. Die SNARC-Systematik ist auf den Projektwettbewerb bzw. den Studienauftrag ausgerichtet; sie kann grundsätzlich für alle üblichen Gebäudenutzungen verwendet werden. Leserinnen und Leser finden Vorschläge, wie die Kriterien im Rahmen des Wettbewerbsprogramms formuliert werden können und wie bei der Vorprüfung vorzugehen ist. Für Teilnehmerinnen und Teilnehmer von Wettbewerben und Studienaufträgen, die nach SNARC geprüft werden, sind die Konsequenzen für ihre Aufgabe kommentiert. Schliesslich soll auch das Beurteilungsgremium darauf vorbereitet werden, den Bereich Umwelt nach der vorliegenden Systematik zu bewerten und zu beurteilen.

### Teil II / Kriterien

Dieser Teil enthält als Kernstück 10 Kriterien, die nach einem einheitlichen Raster beschrieben sind. Sie sind zu den drei Kriteriengruppen 'Grundstück', 'Ressourcenaufwand Erstellung und Betrieb' und 'Funktionstüchtigkeit' zusammengefasst. Jedes Kriterium enthält einleitend die notwendigen Begriffsklärungen und Systemabgrenzungen. In wenigen Sätzen wird die Bedeutung des Kriteriums erläutert. Alle Kriterien beinhalten eine klare Anleitung mit grafischer Unterstützung, wie das Ergebnis der Überprüfung zu erfassen ist. Aus den beiden Kriterien der Gruppe 'Grundstück' resultiert ein Flächenanteil in %, die drei Kriterien der 'Gruppe Ressourcenaufwand Erstellung und Betrieb' werden als Energieeinheiten in GJ und die restlichen fünf der Gruppe 'Funktionstüchtigkeit' als qualitative Wertung erfasst. Die Kriterien sind so dargestellt, dass sie sowohl Teilnehmerinnen und Teilnehmer eines Wettbewerbs bzw. eines Studienauftrages wie auch die Vorprüfungsinstanz anwenden können.

### **Teil III / Hintergrund**

In diesem Teil sind für die interessierte Leserin und den interessierten Leser einige Hintergrundinformationen aufbereitet. Hinter den quantitativen Kriterien steckt ein Gebäude-Lebenszyklusmodell. Damit eine einfache Beurteilung von Architekturprojekten im Rahmen des Lebenszyklusmodelles möglich ist, braucht es repräsentative Kennwerte. Die Entwicklung dieser Kennwerte beruht auf umfassenden Gebäudeanalysen und wird für jedes Kriterium beschrieben. Die Kennwerte berücksichtigen den Energieverbrauch für die Erstellung (Abbau, Transport und Herstellung der Baumaterialien) und für den Betrieb (Heizenergiebedarf in Primärenergie) in den ersten 30 Jahren. Als Indikator für die Umweltbelastung wird die Graue Energie verwendet. Sie bewertet alle Materialien und Energieträger sowie die damit verbundenen Umweltbelastungen pauschal. Es ist möglich, die Umweltbelastungen durch Unterhalt infolge Fassadensanierungen und Umnutzungen ebenfalls in die Lebenszyklusbetrachtung mit einzubeziehen. Im vorliegenden Modell ist dies jedoch nicht explizit vorgesehen.

### **Teil IV / Tabellarischer Anhang**

Der tabellarische Anhang dient als Nachschlagewerk für Graue Energiewerte und soll der Vorprüfung Plausibilitätsüberlegungen ermöglichen. In speziellen Fällen können Kennwerte individuell berechnet werden. Wer differenziertere Berechnungen durchführen will, muss über genauere Kenntnisse der Konstruktionen verfügen.



# I / Snarc im Wettbewerbsverfahren

## 1. Grundsätze Methode SNARC

Die Anwendung von SNARC erfordert keine speziellen Fachkenntnisse. SNARC orientiert sich an gebäudenahen Kriterien. Jeder Projektierende kann sein Projekt selber beurteilen und eine Standortbestimmung vornehmen. Die SNARC-Methode verursacht für Wettbewerbsteilnehmende keinen zusätzlichen Zeitaufwand. Es sind die besonderen Fähigkeiten der Architektinnen und Architekten gefordert, nebst den entwurfsspezifischen Aspekten auch die komplexen Zusammenhänge zwischen Gebäudeform, Orientierung, innerer Organisation und Aussenraum aus ökologischer Sicht zu erkennen und diese auf eine bestimmte Aufgabe hin zu optimieren. Die Erfahrung der Testphase hat gezeigt, dass mit dem Wissen der Kriterien nach SNARC weder die mit Wettbewerben und Studienaufträgen beabsichtigte Vielfalt von Lösungen noch die kreativen Spielräume beeinträchtigt werden. Es ist möglich, dass SNARC-Kriterien mit entwurfsspezifischen Kriterien divergieren. Beispielsweise ist eine optimale Tageslichtnutzung nicht immer mit einer kompakten Gebäudeform vereinbar. Eine gute ökologische Lösung besteht in Optimierungen, die die aufgabenspezifische Bedeutung der Kriterien und ihrer Abhängigkeiten berücksichtigen.

Die Kriterien der SNARC-Methode zielen - in absteigender Priorität - auf Nutzungsintensität, Niedrigenergiebauweise und eine kompakte Gebäudeform mit flexibler Struktur und Organisation:

1. Mit der Nutzungsintensität erreicht man verschiedene ökologische Kriterien. Je weniger Fläche und Volumen für eine bestimmte Aufgabe oder Nutzung in Anspruch genommen werden, desto kleiner ist die Baumaterialmenge, der Heizwärmebedarf, die erforderliche Beleuchtungsleistung und anderes mehr. Eine nutzungsintensive Lösung wirkt sich in vielen Bereichen positiv auf die Umwelt aus.
2. Hinter der Niedrigenergiebauweise steht die Erkenntnis aus verschiedensten Untersuchungen, dass der Energieverbrauch für den Betrieb (Beheizung) im gesamten Lebenszyklus eines Gebäudes in der Regel die grösste Umweltbelastung verursacht und vor allem bei Sanierungen durch die Planung entscheidend beeinflusst werden kann.
3. Bei Neubauten ist es die Herstellung der Baumaterialien und des Gebäudes, die Graue Energie und die damit verbundenen Umweltbelastungen, die in der Lebenszyklusbetrachtung von 30 Jahren einen ebenso gewichtigen Beitrag leisten. Je kompakter ein Gebäude, d.h. je kleiner die Aussenhüllfläche für ein bestimmtes Volumen, umso geringer die Graue Energie.
4. Die Flexibilität und die konzeptionelle Trennung von Bauteilen unterschiedlicher Lebenserwartung beruhen auf der Tatsache, dass Gebäude immer häufiger umgenutzt werden. Niemand kann heute die baulichen Konsequenzen von ändernden Technologien oder Bedürfnissen bezüglich Arbeiten und Wohnen abschätzen. Ein Gebäude, das sich nur mit grossem Aufwand umnutzen lässt, verursacht entsprechend höhere Umweltbelastungen.

## 2. Vorbereitung

### 2.1 Wettbewerbsart

Die Beurteilungskriterien nach SNARC sind primär für den Projektwettbewerb nach der Ordnung für Architektur- und Ingenieurwettbewerbe SIA 142 bzw. für den analogen Studienauftrag anwendbar. Es ist möglich, ausgewählte Kriterien von SNARC bereits beim Ideenwettbewerb mit Vorprojektcharakter einzusetzen. Für Gesamtleistungswettbewerbe werden a priori detailliertere Untersuchungen verlangt, die SNARC nicht mehr abzudecken vermag.

Bei den Nutzungsarten (Gebäudekategorien) wurde eine möglichst breite Anwendung angestrebt. Insbesondere die Nutzungen, die durch die öffentlichen und professionellen Bauherren ausgelobt werden, können anhand der vorliegenden Kriterien beurteilt werden. Dazu gehören Neubauten und Sanierungen von Büro- und Verwaltungsgebäuden, Schulbauten, Sport-, Mehrzweck- und Ausstellungshallen, Werkhöfen, Gefängnissen, Feuerwehrdepots, Kulturgebäuden, Spitälern, Alters- und Pflegeheimen, aber auch Wohnbauten. Für Spezialbauten wie Hallenbäder sind die SNARC-Kriterien entsprechend anzupassen.

In Grenzfällen müssen Wettbewerbsveranstalter in Zusammenarbeit mit dem Beurteilungsgremium von Fall zu Fall beurteilen, ob die SNARC-Kriterien für die entsprechende Aufgabe hinreichend präzise sind und die Umweltauswirkungen genügend abdecken. Selbstverständlich sind nicht alle Kriterien für jede Aufgabe relevant. Die Auswahl richtet sich nach der jeweiligen Projektierungsaufgabe. Die Kriterien sind zu Beginn des Verfahrens durch die Wettbewerbsveranstalter zusammen mit dem Beurteilungsgremium zu bestimmen.

Es ist denkbar, dass Wettbewerbsveranstalter im Rahmen des vorliegenden Konzeptes eigene, der Aufgabe speziell angepasste Kriterien entwickeln und hinzufügen.

### 2.2 Programm

Gemäss der SIA Ordnung 142 für Architektur- und Ingenieurwettbewerbe haben die Veranstalterin und der Veranstalter neben der Wettbewerbsaufgabe auch die "zu bearbeitenden Fachgebiete" anzugeben. Dazu gehören auch Zielvorgaben im Umweltbereich. Im Sinne des vorliegenden Konzeptes sind sie als gebäudenaher Ziele zu formulieren. Formulierungen wie "es sind nur umweltfreundliche Materialien zu verwenden" oder "das Gebäudekonzept muss nachhaltig sein" sind zu vermeiden. Wettbewerbsteilnehmer können solche Formulierungen nicht interpretieren und umsetzen.

Nach SIA Ordnung 142 sind auch die Beurteilungskriterien aufzuführen. Wird die SNARC-Methode angewendet, sind folgerichtig auch für diesen Bereich Kriterien zu beschreiben. Im Folgenden sind für die Zielvorgabe und die Beurteilung Textvorschläge präsentiert, die jeweils an die konkrete Aufgabe angepasst werden müssen.

Es ist eine Ermessensfrage, wie detailliert die Anforderungen bezüglich Umweltbereich in einem Wettbewerbsprogramm beschrieben werden sollen. Geht man allzu sehr ins Detail, riskiert man Einschränkungen bei der Lösungsvielfalt und allenfalls Probleme bei der Vorprüfung. Verfasst man den Text in kurzer und allgemeiner Form, läuft man Gefahr nicht richtig verstanden zu wer-

den. Der hier vorgeschlagene Text kann beliebig vertieft werden. Jedes Kriterium sollte fallweise geprüft werden, inwiefern es relevant, von geringer oder grösserer Bedeutung ist. Der Text zu den Kriterien mit grösserer Bedeutung ist zu präzisieren. Eine Übernahme des Textes ohne Anpassung an die Aufgabe ist nicht sinnvoll.

Sollen Vorgaben für den Heizwärmebedarf (Kriterium 2.3, Betrieb) verwirklicht werden, sind bereits im Wettbewerbsprogramm Minimalanforderungen festzulegen. Wird der Minergie- oder sogar der Minergie-P-Standard verlangt, empfiehlt es sich, nebst der Vorgabe des Heizwärmebedarfes ein Konzept für die Leitungsführung der Bedarfslüftung (Kriterium 3.2, Haustechnik-Medien) zu verlangen. Damit ist die Basis gegeben um den gewünschten Standard zu erreichen.

---

**Textvorschlag für das Fachgebiet "Nachhaltigkeit, Bereich Umwelt"**

Die eingereichten Projekte werden nach SNARC vorgeprüft. Die Aspekte lassen sich für die vorgesehenen Aufgaben wie folgt zusammenfassen:

Mit einer hohen Nutzungsintensität ist der Landverbrauch sowie der Ressourcenaufwand für Bau und Betrieb des Gebäudes zu minimieren. Kompakte Gebäudeformen und ein niedriger Energieverbrauch sind weitere Voraussetzungen für ressourcenschonendes Bauen. Konzeptionelle und technische Massnahmen im Bereich Tragwerk, Haustechnik-Medien und Gebäudehülle schaffen die Voraussetzung für eine hohe Funktionstüchtigkeit. Ein konzeptioneller Sonnen- und Lärmschutz ist wichtig für eine gute Behaglichkeit. Es wird ein umnutzungsfreundliches Gebäude erwartet. Bei divergierenden Zielvorgaben ist im Sinne eines überzeugenden Gesamtkonzeptes zu gewichten.

**Textvorschlag für die Beurteilungskriterien**

Für die Beurteilung von Projekteingaben im Umweltbereich der Nachhaltigkeit gelten allgemein die Regeln der Baukunde und im Speziellen die folgenden SNARC-Kriterien:

.....  
.....

---

**2.3 Einzureichende Unterlagen**

Die für die Beurteilung nach SNARC notwendigen Unterlagen sind in Teil II / Kriterien, Tab. II/1 aufgeführt. Es handelt sich um Unterlagen, die sich im Rahmen der Testphase als sinnvoll erwiesen haben und die Bestandteil einer Projektierungsaufgabe sind. Spezielle rechnerische Nachweise sind nicht prioritär. So hat sich gezeigt, dass Berechnungen des Heizwärmebedarfes  $Q_h$  sowie Nachweise des Minergiestandards häufig falsch und kaum nachvollziehbar sind. Hingegen sind qualitative Aussagen zur Erreichung des Standards, die einen nachvollziehbaren Projektbezug haben, äusserst aussagekräftig.



## 3. Vorprüfung

### 3.1 Umfang / Ablauf

Es ist sinnvoll, die in der engeren Wahl stehenden Projekte einer SNARC-Vorprüfung zu unterziehen. Eine SNARC-Vorprüfung von mehr als 10 Projekten ist mit einem erheblichen Aufwand verbunden. Bei der Auswahl der Projekte in die engere Wahl ist es von Vorteil, wenn bereits eine erste Wertung im Umweltbereich vorgenommen und in die Diskussion des Beurteilungsgremiums eingebracht wird. Am sinnvollsten geschieht dies durch die Fachperson, die für die SNARC-Vorprüfung bestimmt worden ist.

Die Vorprüfung nach SNARC geschieht in der Regel zwischen dem ersten und dem zweiten Beurteilungstag. In dieser Zeitspanne werden oft noch weitere Abklärungen wie die Kostenerfassung durchgeführt. Um eine sorgfältige Vorprüfung durchführen zu können, sollte diese Zeitspanne nicht zu knapp bemessen sein.

### 3.2 Anwendung der Kriterien

Vor der eigentlichen Prüfung ist die Plausibilität der Flächenangaben sicherzustellen. Fehlen sie oder sind sie nicht verlangt worden, müssen die Flächen aufgrund der Planunterlagen ermittelt werden. Die Anwendung der Kriterien ist in Teil II ausführlich beschrieben. Es empfiehlt sich, jedes Kriterium im Quervergleich zu allen Projekten anzuwenden. Auf diese Weise wird am ehesten sichergestellt, dass die gleichen Massstäbe angesetzt werden und die relativen Unterschiede der einzelnen Projekte gut zum Ausdruck kommen.

### 3.3 Zusammenfassung und Kommunikation

Der weitaus anspruchsvollste Teil der Vorprüfung besteht in der Zusammenfassung der Ergebnisse und der Kommunikation von Informationen an das Beurteilungsgremium. Die Ergebnisse sind in einem Bericht zusammenzufassen; dieser ist dem Beurteilungsgremium mündlich zu erläutern.

Die Kriterien der Bereiche 'Grundstück' und 'Ressourcenaufwand Erstellung und Betrieb' werden quantitativ erfasst. Es resultieren %- und GJ-Angaben (Gigajoule), die in Satzform zu interpretieren und darzulegen sind. Die Kriterien des Bereiches 'Funktionstüchtigkeit' werden qualitativ erfasst; diese Bewertung ist ebenfalls in Worten zu formulieren. Ein Zusammenfassen dieser drei Bereiche zu einer einzigen Wertung ist nicht sinnvoll; zu unterschiedlich sind die Massstäbe und Merkmale der einzelnen Kriterien.

## 4. Beurteilung

Das Beurteilungsgremium muss eine Gesamtbeurteilung für jedes Projekt erarbeiten, die sich aus der Zusammenfassung und Synthese von Teilaspekten ergibt. Mit dem Resultat aus dem Umweltbereich der Nachhaltigkeit muss bei dieser Synthese analog zu anderen Aspekten der Vorprüfung (zum Beispiel der Kosten) vorgegangen werden.

Der Umweltbereich soll im Beurteilungsgremium durch eine Fachperson vertreten sein. Diese sollte mit den Details der SNARC-Methode vertraut sein, den Zusammenhang zwischen den Ergebnissen und den Projekten auf plausible Art darstellen und erklären können sowie über Erfahrung bei der Gewichtung verfügen. Damit kann die Berücksichtigung der Umweltaspekte im Beurteilungsgremium sichergestellt werden. Bewährt hat sich das Modell, bei dem die Fachperson, welche die SNARC Vorprüfung durchgeführt hat, im Beurteilungsgremium als Experte dabei ist.

Die Fachperson für den Bereich Umwelt hat die anspruchsvolle Aufgabe, die Unterschiede zwischen den Projekten darzustellen und zu gewichten. Das Beurteilungsgremium soll darauf hingewiesen werden, dass sich Umweltaspekte in einem späteren Stadium des Planungsverfahrens nicht oder nur noch in begrenztem Masse berücksichtigen lassen. Das Beurteilungsgremium stellt auch im Bereich Umwelt wichtige Weichen. Für die Weiterbearbeitung ist es hilfreich, wenn im Rahmen der Beurteilung Hinweise für das mögliche Potential aus Sicht der Nachhaltigkeit gegeben werden.



# II / Kriterien

## Zusammenstellung

	Kriterien	Erfassung/Beurteilung	Auswirkungen	Unterlagen
<b>1</b>	<b>Grundstück</b>			
1.1	Grünflächen	Quantitativ als Anteil in % vom Grundstück	Schaffung und Erhaltung von Biodiversität und minimale Eingriffe in den Wasserhaushalt	Keine
1.2	Wasserhaushalt			
<b>2</b>	<b>Ressourcenaufwand Erstellung und Betrieb</b>			
2.1	Baugrube und Terraingestaltung	Quantitativ als Herstellungsenergie von Gebäude und Baustoffen anhand von Kennwerten.	Alle direkt oder indirekt mit der Nutzung von nicht erneuerbaren und beschränkt verfügbaren Energieträgern verbundenen Umweltbelastungen	Geschossfläche GF nach Norm SIA 416* Fassadenbereich Schnitt und Ansicht im Masstab 1:20 evtl. 1:50
2.2	Rohbau			
2.3	Betrieb	Quantitativ als Betriebsenergie des Gebäudes basierend auf dem Heizwärmebedarf, umgerechnet auf Primärenergie während 30 Jahren		
<b>3</b>	<b>Funktionsstüchtigkeit</b>			
3.1	Tragwerk	Qualitativ als Beurteilung der Funktionsstüchtigkeit basierend auf Vorgaben des Vorprüfers	Schaffung von Voraussetzungen für eine geringe Ressourcenintensität	Tragwerkkonzept
3.2	Haustechnik - Medien			Schachtkonzept
3.3	Gebäudehülle			Fassadenbereich Schnitt und Ansicht im Masstab 1:20 evtl. 1:50
3.4	Sommerlicher Wärmeschutz		Schaffung von Voraussetzungen für eine gute Behaglichkeit	
3.5	Lärmschutz			Keine

**Tab. II/1** Erfassungsart, Umweltauswirkungen und Unterlagen der Kriterien

\* Flächenberechnungen mittels Schemata nachvollziehbar dargestellt

\*\* Die Aussagen mit nachvollziehbarem Projektbezug

## Kommentar

Definitionen, Bedeutung und Erläuterungen der Kriterien sind in Teil II / Kriterien detailliert beschrieben und in Tab. II/1 zusammengefasst. Die Kriterien mit ähnlichen Zielwerten sind gruppiert. Die SNARC-Kriterien sind auf verschiedene, gegeneinander nur sehr subjektiv abwägbar Wertegruppen ausgerichtet. Die Kriterien der Bereiche 'Grundstück' und 'Ressourcenaufwand Erstellung und Betrieb' erfüllen die Forderung der Reproduzierbarkeit. Die Kriterien des Bereiches 'Funktionstüchtigkeit' sind objektabhängig; die Basis für die Bewertung wird durch die Vorprüfenden in Zusammenarbeit mit dem Beurteilungsgremium fallspezifisch festgelegt.

### **Bereich Grundstück**

Das Projekt soll gute Voraussetzungen für ein Grundstück mit hoher Biodiversität schaffen und bereits bestehende, wertvolle Lebensgemeinschaften von Pflanzen und Tieren erhalten. Es handelt sich um wichtige Umweltpostulate, die teilweise bereits in einer sehr frühen Planungsphase entschieden werden und mit fortschreitender Planung nicht mehr beeinflussbar sind.

### **Bereich Ressourcenaufwand Erstellung und Betrieb**

Die Erstellung des Bauwerkes und der Betrieb sollen mit möglichst wenig Ressourcen erfolgen. Als Mass für die Ressourcenintensität dient der Energieaufwand. Dazu gehört auch die Herstellung aller für die Erstellung des Gebäudes erforderlichen Materialien ab Rohstoffabbau sowie deren Verarbeitung. Damit werden indirekt alle, mit der Energienutzung verbundenen Umweltauswirkungen wie Treibhauseffekt, Luftverschmutzung, erhöhtes Abfallaufkommen, Rohstoffverbrauch etc. pauschal erfasst.

Die für die Erstellung des Bauwerkes notwendigen Ressourcen haben im Rahmen der Lebenszyklusbetrachtung eine grosse Bedeutung und können durch Planerinnen und Planer direkt beeinflusst werden. Der Aufwand für Terraingestaltung und Innenausbau ist in der Regel deutlich geringer als für den Rohbau des Gebäudes. Die Faktoren für die Erstellung des Bauwerkes lassen sich mit Kennwerten im Allgemeinen gut quantifizieren und werden zu einem grossen Teil bereits durch die Gebäudeform bestimmt.

Die Betriebsenergie ist der massgebende ökologische Faktor. Als Kriterium formuliert sind nur die durch die Planung in ausgeprägtem Masse beeinflussbaren Aufwände, basierend auf dem Heizwärmebedarf  $Q_h$ . Die Betriebsenergie lässt sich zuverlässig quantifizieren und ist auch noch in fortgeschritteneren Planungsphasen beeinflussbar.

### **Bereich Funktionstüchtigkeit**

Das Projekt soll gute Voraussetzungen für eine hohe Funktionstüchtigkeit schaffen. Davon betroffen sind das Tragwerk, die Haustechnik-Medien, die Gebäudehülle, der Sonnen- und der Lärmschutz. Ein funktionsgerechtes Tragwerk, eine funktionale Ver- und Entsorgung mit den Haustechnikmedien sowie eine funktionierende Gebäudehülle helfen, die Ressourcenintensität gering zu halten. Ein funktionierender Sonnen- und Lärmschutz schafft gute Voraussetzungen für eine hohe Benutzerqualität und gute Behaglichkeit.

## 1. Grundstück

### 1.1 Grünflächen

Als Grünflächen gelten alle nicht versiegelten Flächen mit Begrünungsmöglichkeit. Auch natürliche und künstliche, als Biotop gestaltete Gewässer sind zu den Grünflächen zu zählen. Nicht dazu gehören Wege und Plätze mit durchlässigen Belägen wie Rasengittersteine und Kies. Begrünte Dächer und Grünflächen auf unterirdischen Bauten werden nur halb gezählt.

#### **Bedeutung**

Das Grünflächen-Kriterium zielt auf optimale Voraussetzungen für eine grosse Artenvielfalt auf dem zukünftigen Grundstück. Eine vielfältige Pflanzen- und Tierwelt ist für die Stabilität der Ökosysteme äusserst wichtig. Diese kann im Rahmen von Wettbewerben in den allermeisten Fällen noch nicht beurteilt werden. Viele Grünflächen schaffen aber grundsätzlich gute, wenige schaffen schlechte Voraussetzungen für eine grosse Biodiversität. Auf Dächern und unterirdischen Bauten sind die Voraussetzungen weniger gut.

#### **Erfassungsgrössen**

Die Grünflächen werden normalerweise als %-Anteil am gesamten Grundstück erfasst. Sie können je nach Bedeutung und verfügbarer Zeit grob abgeschätzt oder anhand der Pläne ausgemessen werden. Bei sehr grossen Grundstücken und kleinen Gebäudeflächen, kann das Kriterium auch in m<sup>2</sup> oder % auf einen Extrem- oder Mittelwert der eingereichten Projekte bezogen werden.

---

**Anteil Grünflächen am gesamten Grundstück in %**

---

## 1.2 Wasserhaushalt

Versickerung und Regenwasserretention tragen zur Erhaltung eines natürlichen Wasserhaushaltes bei. Als Versickerungsflächen gelten alle Flächen, von denen die Niederschläge durch den Boden ins Grundwasser gelangen können. Diese werden weder in die Kanalisation noch in ein Oberflächengewässer geleitet. Grünflächen, aber auch alle nicht bebauten Flächen, die sickertauglich sind, wie Kieswege und Parkflächen mit Rasengittersteinen gelten als Versickerungsflächen. Für die Dachflächen (inkl. begrünte Dächer) sowie für Strassen und Plätze mit wasserundurchlässigen Belägen braucht es eine Versickerungsanlage, um die Niederschläge dem Grundwasser zuleiten zu können.

### **Bedeutung**

Nach der Gesetzgebung darf Regenwasser nicht in die Kanalisation geleitet werden und Massnahmen zur Retention von Regenwasser müssen auf dem Grundstück getroffen werden, sofern eine natürliche Versickerung nicht möglich ist. Dieses Kriterium zielt auf die Erhaltung der Grundwassersubstanz, die Vermeidung von Überschwemmungen und die Entlastung von Abwasserreinigungsanlagen (ARA). Alle drei Ziele haben heute in der Gewässerschutzpolitik eine hohe Priorität. Durch Versickerungsmassnahmen auf dem Grundstück können diese drei Ziele ganz oder teilweise erreicht werden. Versickerung und Retention werden gleich bewertet und sind Alternativen, wenn die eine Möglichkeit aus aufgaben- oder standortspezifischen Gegebenheiten ausgeschlossen ist.

Andere Massnahmen wie die Nutzung von Regenwasser für die WC-Spülung, Kühlung oder andere technische Einsätze, sind zwar sinnvoll für die Einsparung von Trinkwasser, ihre Retentionswirkung ist jedoch, wie auch jene von extensiv begrünten Dächern, beschränkt. Die entsprechenden Flächen werden nicht eingerechnet.

### **Erfassungsgrösse**

Die Summe der Versickerungsflächen wird als %-Anteil der gesamten Grundstücksfläche erfasst. Je nach Bedeutung und verfügbarer Zeit kann dieses Kriterium grob abgeschätzt oder anhand der Pläne ausgemessen werden.

---

**Anteil der Versickerungsfläche am gesamten Grundstück in %.**

---

## 2. Ressourcenaufwand Erstellung und Betrieb

### 2.1 Ressourcenaufwand für Baugrube und Terraingestaltung

Der Aufwand für die Erstellung der Baugrube, für den Bau von Strassen und befahrbaren Plätzen, für Stützmauern und für besondere Massnahmen bei Baugruben im Grundwasser wird mit diesem Kriterium quantitativ erfasst. Als Erdverschiebungen gelten alle erforderlichen Aushubvolumina ab gewachsenem Terrain inkl. Böschungen und Terrainanpassungen. Der Aufwand für andere Tiefbauarbeiten sowie Spezialsituationen wird in Form von Zuschlägen erfasst.

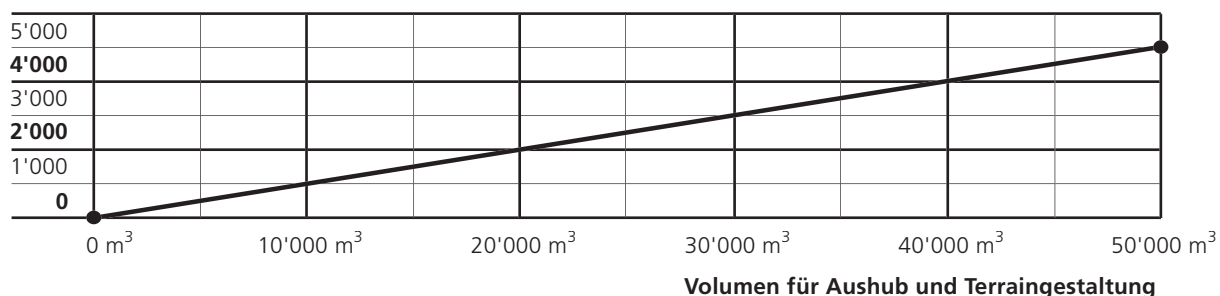
#### Bedeutung

Dieses Kriterium beschreibt den energetischen Aufwand für die Erstellung der Baugrube sowie für andere Bauvorhaben ausserhalb des Gebäudes. Bei den angegebenen Kennzahlen handelt es sich um Durchschnittswerte für den maschinellen Aushub und Transport auf die Deponie sowie für die Baugrubensicherung und ähnliche Vorkehrungen. Die Bedeutung hängt von der spezifischen Bauaufgabe ab und kann direkt mit den anderen quantitativen Kriterien verglichen werden. Bei Hochbauten mit einem Untergeschoss ohne aufwändige Terrainverschiebung und Baugrubensicherung spielt das Kriterium im Rahmen der Lebenszyklusbetrachtung eine untergeordnete Rolle.

#### Erfassungsgrösse

Die Erfassung basiert auf dem effektiven Volumen für Aushub und Erdbewegungen mit Zuschlägen für besonders aufwändige Tiefbauarbeiten gemäss der untenstehenden Tabelle. Je nach gewünschter Bearbeitungstiefe werden die Zahlen geschätzt oder anhand der Pläne ausgemessen und über das gewichtete Volumen in den energetischen Aufwand umgerechnet.

#### GJ Ressourcenaufwand für Baugrube und Terraingestaltung



	Effektive Masseinheit	Gewichtetes Volumen
Aushub inkl. Böschungen und Erdverschiebungen	1 m <sup>3</sup>	1 m <sup>3</sup>
Baugrubensicherung (Rühl-, Spund- und Schutzwände)	1 m <sup>2</sup>	4 m <sup>3</sup>
Gebäudevolumen im Grundwasser (Zuschlag)	1 m <sup>3</sup>	3 m <sup>3</sup>
Strassen und befahrbare Plätze	1 m <sup>2</sup>	2 m <sup>3</sup>
Stützmauern (Zuschlag)	1 m <sup>2</sup>	5 m <sup>3</sup>

Berechnungsbeispiel:

Für 170 m<sup>2</sup> Strasse sind zum Aushub noch 340 m<sup>3</sup> Volumenaquivalente zu addieren.



## 2.2 Ressourcenaufwand für den Rohbau

### 2.2.1 Neubauten

Der Rohbau umfasst die gesamte Tragstruktur, bestehend aus Fundamenten, Aussen- und Innenwänden, Böden und Decken. Der Ressourcenaufwand umfasst alle Rohstoffe und Energieträger die zur Herstellung des Rohbaus erforderlich sind.

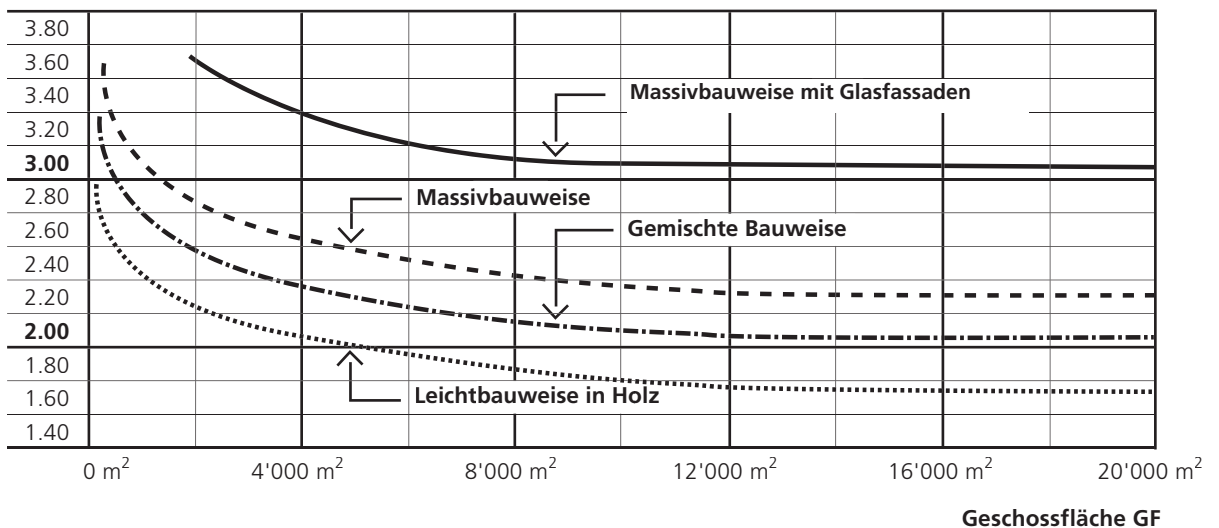
#### Bedeutung

Zur Produktion der Baustoffe braucht es Rohstoffe aus der Natur sowie Energie für den Abbau dieser Rohstoffe, deren Transport, Herstellungsprozess und Verarbeitung. Als Indikator für diesen Ressourcenaufwand wird die Graue Energie verwendet. Die für die Herstellung aller Baustoffe notwendige Energie (Graue Energie) eines Gebäudes entspricht etwa derjenigen Energie, die zur Beheizung eines gut wärme gedämmten Gebäudes während 30 bis 40 Jahren notwendig ist.

#### Erfassungsgrösse

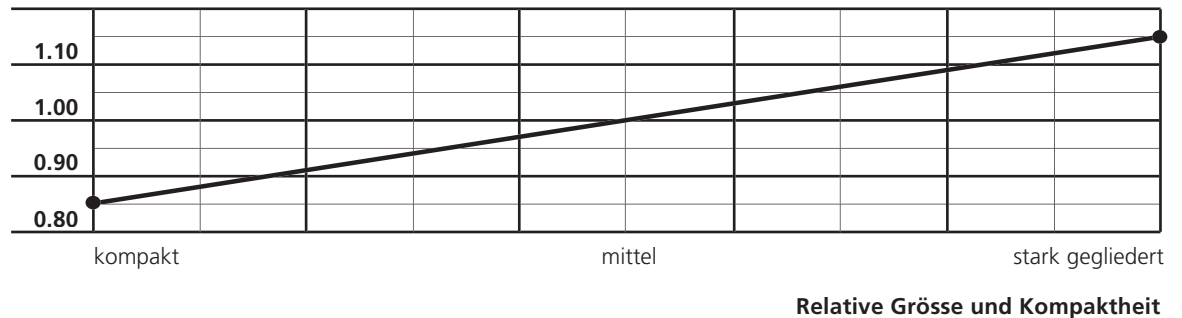
Die Erfassung der Grauen Energie erfolgt anhand der vier wichtigsten Einflussfaktoren gemäss den nachfolgenden Tabellen (Bauweise, Gebäudeform, Fensterart und Fensterfläche). Zuerst wird anhand der Geschossfläche GF und der Bauweise ein Kennwert bestimmt. Je nach gewünschter Bearbeitungstiefe wird die Geschossfläche geschätzt oder anhand der Pläne ausgemessen. Bei mehreren Gebäuden ist die gesamte Fläche massgebend. Als Leichtbau gilt ein reiner Holzelementbau, bei dem nur das Untergeschoss massiv ist. Die Massivbauweise umfasst Betondecken und Wände aus Beton oder Mauersteinen. Dazwischen steht eine Bandbreite verschiedener Abstufungen zur Verfügung. Die separat ausgewiesene Massivbauweise mit Glasfassaden weist einen Verglasungsanteil von > 65 % aus.

**GJ/m<sup>2</sup> Graue Energie in Abhängigkeit der Bauweise und Geschossfläche**



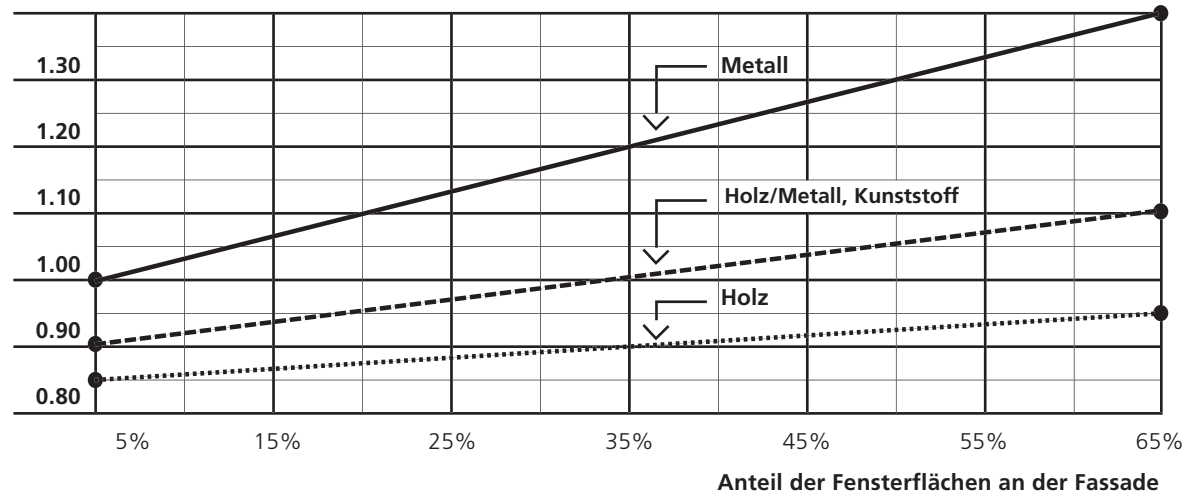
Die Gebäudeform und die Gebäudevolumen haben einen grossen Einfluss auf die Graue Energie. Grosse Volumen mit einer kompakten Gebäudeform brauchen am wenigsten Graue Energie in der Erstellung. Gebäudeform und -volumen werden gemäss untenstehendem Schema mit einem Korrekturfaktor  $K_g$  berücksichtigt. Den besten Faktor  $K_g = 0.85$  erhalten Gebäude mit grossen Volumen, die kompakt sind, das heisst nahezu die Form eines Würfels aufweisen.

#### Faktor **Korrekturfaktor für die Gebäudeform $K_g$**



Abgesehen von Gebäuden in Massivbauweise mit Glasfassaden sind die oben angegebenen Kennwerte für Gebäude gerechnet, deren Fensterfläche etwa 35% der gesamten Fassadenfläche beträgt. Ferner wurde die Graue Energie eines Holz-Metallfensters mit durchschnittlichem Rahmenanteil den Berechnungen zu Grunde gelegt. Da die Fensterfläche einen signifikanten Einfluss auf die Graue Energie des Gebäudes hat, muss für grössere Abweichungen der in der folgenden Tabelle angegebene Korrekturfaktor  $K_f$  berücksichtigt werden. Ist das Rahmenmaterial nicht bekannt, sollten für alle Projekte Holz-Metall-Fensterrahmen angenommen werden. Gebäude in Massivbauweise mit Glasfassaden erfordern keinen Fensterkorrekturfaktor  $K_f$  mehr.

#### Faktor **Korrekturfaktor für die Fensterart und -flächen $K_f$**



### 2.2.2 Sanierungen

Bei den Sanierungen ist die Schätzung des Ressourcenaufwandes für den Rohbau arbeitsintensiver. Grundsätzlich gibt es zwei Möglichkeiten.

Die erste geht von Kennwerten für bestimmte Sanierungsarbeiten aus, die auf die gesamte Geschossfläche bezogen sind. Für ein mittelgrosses Gebäude mit mehreren Geschossen ergibt dies die Werte in der Tabelle. Anhand dieser Kennwerte kann nach dem Baukastenprinzip der Ressourcenaufwand für die Sanierung grob abgeschätzt werden. Dabei gelten die Werte immer für den 100%-igen Ersatz der entsprechenden Bauteile auf der gewählten Geschossfläche. Werden beispielsweise nur 2/3 der Fenster oder 1/2 des Daches ersetzt, so sind die entsprechenden Anteile zu wählen.

Die zweite Möglichkeit geht von den effektiven Flächen der renovierten Bauteile aus, die im Detail auszumessen sind. Die Kennwerte für Sanierungsarbeiten bezogen auf die effektiven Flächen finden sich im Teil IV / Tabellarischer Anhang, Tab. IV/3, Tab. IV/10 und Tab. IV/11.

<b>Sanierungsarbeiten</b>	<b>GJ / m<sup>2</sup> GF</b>
Flachdach sanieren	1.00 *
Steildach sanieren	0.50 *
Kellerdecke sanieren	0.70 *
Innenwände Massivbau ersetzen	0.35
Innenwände Leichtbau ersetzen	0.25
Heruntergehängte Decken ersetzen	0.25
Bodenbelag inkl. Unterlagsboden ersetzen	0.35
Bodenbelag ohne Unterlagsboden ersetzen	0.10
Fassade sanieren	0.50
Aussenwand ersetzen	0.80
Fenster ersetzen	1.55
Glasfassade ersetzen	3.50

\* Die Werte müssen durch die Anzahl Geschosse geteilt werden

## 2.3 Ressourcenaufwand für den Betrieb

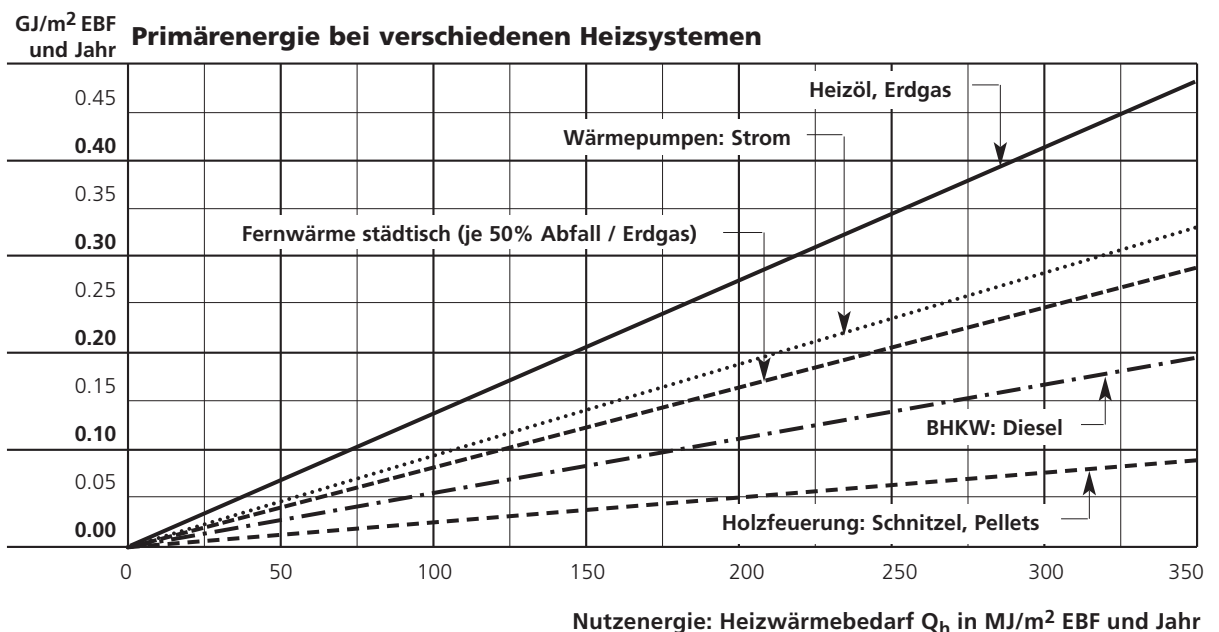
Der Heizwärmebedarf  $Q_h$  gemäss SIA Norm 380/1 ist ein Mass für die erforderliche Wärme in beheizten Räumen bei Standardannahmen. Er zielt auf eine gute Gebäudehülle mit möglichst geringen Transmissions- und Lüftungsverlusten sowie hohen solaren Wärmegewinnen. Damit ist die Basis für energieeffiziente Gebäude gegeben. Die Primärenergie ist diejenige Energieform, wie sie in der Natur, vor der Bearbeitung und Veränderung durch den Menschen, vorliegt. Sie ist die umweltrelevante Grösse. Zwischen dem Wärmebedarf  $Q_h$  (Nutzenergie) und der erforderlichen Primärenergie besteht ein Zusammenhang: der Wert für die Primärenergie ist vom Wirkungsgrad, vom Energieträger und vom Energieproduktionssystem abhängig.

### Bedeutung

Der Verbrauch von Primärenergie zur Deckung des Wärmebedarfs eines Gebäudes gehört bei einer Lebenszyklusbetrachtung zu den wichtigsten Umweltfaktoren. Er erreicht, hochgerechnet auf 30 Jahre, dieselbe Grössenordnung wie der Ressourcenaufwand für den Rohbau (nach II/2.2).

### Erfassungsgrösse

Der Heizwärmebedarf  $Q_h$  wird unter Berücksichtigung des Lüftungssystems durch Abschätzung oder Rechnung erfasst. Nicht erfasst werden allfällige Gewinne durch Sonnenkollektoren und Fotovoltaikanlagen; diese sind in bei Ideen- und Projektwettbewerben nicht von primärer Bedeutung. Der Heizwärmebedarf  $Q_h$  sollte im Wettbewerbsprogramm vorgegeben werden, zum Beispiel als Zielwert nach SIA 380/1 oder als Komponente des Minergie- bzw. Minergie-P-Standards.  $Q_h$  wird mit Hilfe der Tabelle, in Abhängigkeit des in der Regel vorgegebenen Heizenergiesystems, in Primärenergie umgerechnet und mit der Energiebezugsfläche (EBF) auf den Primärenergiebedarf während des ganzen Lebenszyklus (nach SNARC 30 Jahre) hochgerechnet.



\* Werte abgeleitet und vereinfacht aus ecoinvent Data v1.01, R. Frischknecht, ESU-services.

## 3. Funktionstüchtigkeit

### 3.1 Tragwerk

Ein funktionsgerechtes Tragwerk gewährleistet eine effiziente Lastableitung unter optimalem Materialeinsatz. Es ermöglicht zukünftige Umnutzungen, ohne dass dabei das System verändert werden muss und sich grosse bauliche Veränderungen des Tragwerkes ergeben.

#### **Bedeutung**

Ein funktionsgerechtes Tragwerk zielt auf einen geringen Material- und Energieaufwand sowohl bei der Erstellung wie bei zukünftigen Umnutzungen. Es geht dabei um die Ressourcenintensität, die sich jedoch im Rahmen von Projektwettbewerben infolge noch nicht vorhandener Datenlage nicht quantifizieren lässt. Tragsysteme, die die Flexibilität einschränken, wirken sich auf Umnutzungen hinderlich aus und haben einen grossen Ressourcenaufwand zur Folge.

#### **Beurteilung**

Die Funktionalität des Tragwerkes wird qualitativ beurteilt. Die Qualifikation erfolgt objektspezifisch. Erforderlich ist ein aus Plänen oder speziellen Darstellungen ersichtliches Tragwerkkonzept.

---

#### **Objektspezifische, qualitative Beurteilung**

---

### 3.2 Haustechnik-Medien

Bei diesem Kriterium geht es um die Ver- und Entsorgung der Gebäude mit den Haustechnik-Medien (Sanitär, Heizung, Lüftung und Elektro) durch kurze und einfache Leitungs- und Kanalführungen in Haupteinschlusszonen. Diese sind gut zugänglich und lassen auf einfache Art und Weise Kontrollen, Ersatzvornahmen und Nachrüstungen zu.

#### **Bedeutung**

Dieses Kriterium zielt auf bauliche Voraussetzungen, die eine einfache Ver- und Entsorgung mit den Haustechnik-Medien ermöglichen. Negativ bewertet werden Konzepte, die im Betrieb für Kontrollen, Ersatzvornahmen und Nachrüstungen komplizierte bauliche Massnahmen bedingen. Somit geht es vor allem um die Unterhalts- und Erneuerungskosten aber auch um die Ressourcenintensität. Das Kriterium lässt sich nicht quantifizieren.

#### **Beurteilung**

Die Funktionalität der Ver- und Entsorgung der Gebäude mit den Haustechnik-Medien wird qualitativ beurteilt. Die Qualifikation erfolgt objektspezifisch. Für die Beurteilung erforderlich ist ein Schachtkonzept mit den baulichen Komponenten wie Schächte für die vertikale und horizontale Ver- und Entsorgung.

---

#### **Objektspezifische, qualitative Beurteilung**

---

### 3.3 Gebäudehülle

Es werden materialtechnische und konstruktive Faktoren der Gebäudehülle, im speziellen der Fassadenkonstruktion, hinsichtlich ihrer Beständigkeit beurteilt. Eine reduzierte Beständigkeit kann durch einen unzureichenden Witterungsschutz, durch nicht witterungsbeständige Materialien oder durch eine risikoreiche Fassadenkonstruktion bedingt sein.

#### **Bedeutung**

Eine reduzierte Beständigkeit bewirkt einen höheren Sanierungsbedarf. Es entstehen zusätzliche Abfallmengen und ein erhöhter Bedarf an Baustoffen innerhalb einer Lebenszyklusbetrachtung. Somit geht es um die Ressourcenintensität, die sich jedoch im Rahmen von Ideen- und Projektwettbewerben nicht quantifizieren lässt.

#### **Beurteilung**

Die Funktionalität der Gebäudehülle wird qualitativ beurteilt. Die Qualifikation erfolgt objektspezifisch. Für die Beurteilung erforderlich ist ein relevanter Bereich der Fassade, dargestellt in einer Schnitt- und Ansichtzeichnung im Massstab 1:20 evtl. 1:50.

---

#### **Objektspezifische, qualitative Beurteilung**

---

### 3.4 Sommerlicher Wärmeschutz

Ein guter sommerlicher Wärmeschutz gewährleistet eine hohe Behaglichkeit durch bauliche, d.h. sogenannten passive Massnahmen. Dadurch lässt sich eine aktive Kühlung bei Gebäuden mit normalen inneren Wärmelasten vermeiden. Massgeblich sind ein funktionsgerechter Sonnenschutz, ein reduzierter Glasanteil und eine wärmespeichernde Bauweise.

#### **Bedeutung**

Ein schlechter sommerlicher Wärmeschutz führt zu überwärmten, unbehaglichen Räumen, die das Wohlbefinden unzulässig stark beeinträchtigen können. Eine aktive Kühlung darf nicht zur Kompensation eines schlechten sommerlichen Wärmeschutzes verwendet werden. Das Kriterium lässt sich nicht quantifizieren.

#### **Beurteilung**

Der sommerliche Wärmeschutz wird qualitativ beurteilt. Die Qualifikation erfolgt objektspezifisch. Für die Beurteilung erforderlich ist ein relevanter Bereich der Fassade, dargestellt in einer Schnitt- und Ansichtzeichnung im Massstab 1:20 evtl. 1:50.

---

#### **Objektspezifische, qualitative Beurteilung**

---

### **3.5 Lärmschutz**

Bei diesem Kriterium geht es einerseits um den Schutz vor äusseren Lärmquellen durch Situierung und Ausrichtung des Gebäudes auf dem Grundstück oder geschickte volumetrische Gestaltung und andererseits um den Schutz vor inneren Lärmquellen durch sinnvolle Anordnung von Räumen aufgrund ihrer Lärmempfindlichkeit. Technische Massnahmen am Objekt bzw. am Bauteil selbst wie beispielsweise Schallschutzfenster gegen Verkehrslärm oder andere Lärmquellen fallen nicht unter den konzeptionellen Lärmschutz.

#### **Bedeutung**

Dieses Kriterium zielt auf eine hohe Behaglichkeit und Nutzungsqualität durch konzeptionelle Massnahmen. Andererseits werden damit technisch aufwändige Einzelmassnahmen (ausserhalb eines Konzeptes) zum Lärmschutz negativ bewertet. Somit geht es bis zu einem gewissen Masse auch um die Ressourcenintensität. Das Kriterium lässt sich nicht quantifizieren.

#### **Beurteilung**

Der Lärmschutz wird qualitativ beurteilt. Die Qualifikation erfolgt objektspezifisch.

---

#### **Objektspezifische, qualitative Beurteilung**

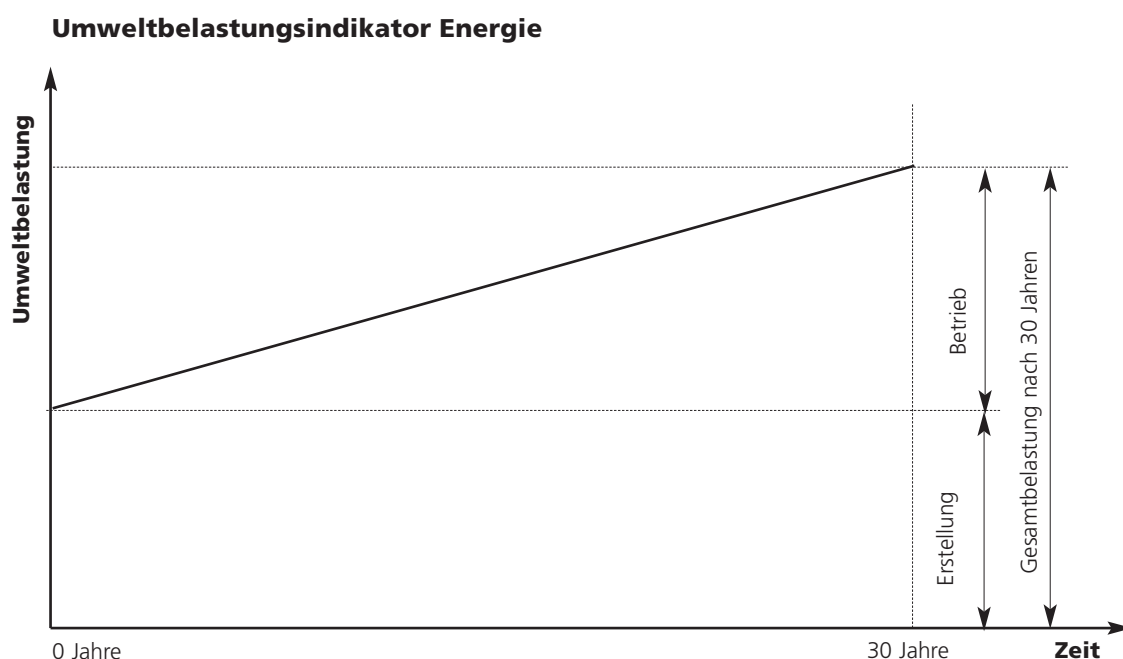
---

# III / Hintergrund

## 1. Lebenszyklusmodell

Das Beurteilungsmodell von SNARC beruht auf drei Prinzipien:

1. Es werden alle Betrachtungen auf einen Lebenszyklus von 30 Jahren bezogen. Dieser umfasst die Herstellung aller Baustoffe, die Vorbereitung und Gestaltung des Grundstücks sowie den Betrieb (Heizwärmebedarf) während 30 Jahren.
2. Als stofflicher Umweltbelastungsindikator wird die Graue Energie verwendet.
3. Die Kriterien 2.1 Ressourcenaufwand für Baugrube und Terraingestaltung, 2.2 Ressourcenaufwand für den Rohbau sowie 2.3 Ressourcenaufwand für den Betrieb stehen in einem direkten Zusammenhang zu einer stofflichen Umweltbelastung; sie sind quantifizierbar.



**Abb. III/1** Schematische Darstellung der wesentlichen Umweltbelastungen im Lebenszyklusmodell nach SNARC

Das Lebenszyklusmodell ist in Abb. III/1 dargestellt. Die Bedeutung der Umweltbelastung durch die Herstellung eines Gebäudes wird heute zunehmend erkannt. Eine Gewichtung im Verhältnis zur Betriebsphase wird jedoch selten vorgenommen. Mit der Gesamtenergiebetrachtung nach SNARC wird dies möglich. Die Graue Energie wird im Wesentlichen durch vier Faktoren bestimmt: Bauweise (Materialien für den Rohbau), Gebäudegröße, Gebäudeform und Fensterfläche. Deshalb lässt sie



sich auch schon in einer frühen Planungsphase, vor der eigentlichen Materialisierung, grob abschätzen. Es wird mit Durchschnitts- und Erfahrungswerten gerechnet; eine differenzierte Berechnung der Grauen Energie von Gebäuden im Rahmen von Projektwettbewerben ist nicht möglich. Die Herstellung des Gebäudes ist im Rahmen der Lebenszyklusbetrachtung ein wesentlicher Faktor, der umso bedeutender ist, je kleiner die Betriebsenergie des Gebäudes wird. In Abb. III/1 ist die Umweltbelastung durch die Erstellung des Bauwerks schematisch als Vertikale zum Zeitpunkt Null aufgezeichnet.

Im Gegensatz zur Erstellung erfolgt die Umweltbelastung während der Betriebsphase abgesehen von Sanierungen kontinuierlich. Dazu gehört die Energie für Heizung, Lüftung und Klima und der Stromverbrauch für die Beleuchtung und den Betrieb elektrischer Apparate. Bei SNARC wird nur derjenige Teil der Betriebsenergie betrachtet und quantifiziert, der von den Beteiligten in der Phase des Projektwettbewerbes direkt und unmittelbar beeinflusst werden kann. Es geht dabei hauptsächlich um die Energie für die Erzeugung der Raumwärme (Heizwärmebedarf).

In der Abbildung III/1 nicht dargestellt sind punktuell anfallende Umweltbelastungsereignisse wie Sanierungen und Umnutzungen. Sie lassen sich durch die Planung beeinflussen. Man geht davon aus, dass eine nichtbeständige Gebäudehülle, insbesondere eine nicht beständige Fassade, vorzeitig saniert werden muss. Weiter geht man davon aus, dass ein heute erstelltes Gebäude innerhalb der ersten 30 Jahre mindestens einmal umgenutzt wird. Dies entspricht einem Trend in der heutigen Zeit, in der Reorganisationen, Strukturwandel und Technologieentwicklung im Kommunikationsbereich zu einer beschleunigten Veränderung von Arbeitsplätzen, Schulen und vielen öffentlichen Gebäuden führen. Gebäude mit einer reduzierten Flexibilität sowie solche mit einer nichtbeständigen Gebäudehülle haben eine zusätzliche Umweltbelastung zur Folge, die im dargestellten Modell allerdings quantitativ nicht erfasst wird. Eine qualitative Beurteilung erfolgt objektspezifisch nach den Kriterien 3.1 Tragwerk und 3.3 Gebäudehülle.

## 2. Zeitlicher Rahmen

Grundsätzlich lässt sich die Dauer des Lebenszyklus frei wählen. Es ist jedem Anwender von SNARC freigestellt, was für eine Betrachtungszeit bzw. auf welche "Lebensdauer" er seine Beurteilung ausrichten will. Die entsprechenden Zahlen lassen sich ohne grösseren Aufwand anpassen. Bei der Entwicklung der SNARC-Systematik hat man sich bewusst auf einen verhältnismässig kurzen Lebenszyklus von 30 Jahren festgelegt. Es wird empfohlen, keine längeren Betrachtungsperioden anzuwenden, ohne dass besondere Umstände dafür sprechen.

Die Lebensdauer von Gebäuden und die Nutzungszeiten von Bauteilen hängen von einer Vielzahl von Faktoren ab. Häufig stehen materialtechnische und konstruktive Aspekte im Vordergrund. Heute werden Gebäude aus vielen anderen Gründen saniert oder abgerissen: ökonomische Motive, Strukturwandel in der Wirtschaft, technologische Änderungen in den Arbeitsabläufen, Modeerscheinungen, veränderte Lebensgewohnheiten oder ästhetische Ansprüche. Auf die meisten Faktoren hat man in der Planungsphase wenig Einfluss.

Die konstruktiven Aspekte werden im Rahmen von SNARC beurteilt, soweit dies bei einem Wettbewerb möglich ist. Die materialtechnischen Aspekte können in der Wettbewerbsphase nicht beurteilt werden. Man muss sich auf die Erfahrungen grösserer, professioneller Bauherren stützen<sup>1)</sup>. Verwendet man solche Nutzungszeiten von Bauteilen im Rahmen einer Gesamtenergiebetrachtung, ergeben sich durchschnittliche materialtechnische Amortisationszeiten von Gebäuden. Sie liegen zwischen 35 und 50 Jahren und sind vor allem von den Baustoffen für den Rohbau abhängig. Die Nutzungszeit von Gebäuden, d.h. die Periode bis zu einer umfassenden Neustrukturierung, bewegt sich zwischen 20 (Industrie) und 60 Jahren (Wohnen) .

Bei der SNARC-Betrachtung kommt neben diesen Faktoren ein weiterer hinzu. Der schonungsvolle Umgang mit Ressourcen wird auch aus Verantwortung gegenüber zukünftigen Generationen gepflegt. Verwendet man beispielsweise Nutzungszeiten von 50 bis 80 Jahren, ist die Betriebsenergie viel bedeutender als die durch die Herstellung des Materials bereits verbrauchte Graue Energie. Damit wird eine heute verursachte Umweltbelastung buchhalterisch an die zwei bis drei nächsten Generationen weitergegeben. Das widerspricht dem Vorsorgeprinzip im Umweltschutzgesetz. Jene, die eine Umweltbelastung verursachen, sollten in der Lage sein, dieses Risiko auch selber zu tragen. Davon sollte nur ein kurzer und überschaubarer Zeitraum betroffen sein, zumal das Risiko bei einem späteren Verkauf eines Gebäudes ja ohnehin nicht weitergegeben wird. Ein Betrachtungszeitraum von einer Generation (30 Jahre) scheint gerechtfertigt und sinnvoll.

---

1) Amt für Bundesbauten; standardisierte Nutzungszeiten von Gebäuden und Bauteilen; Hrsg.: Bundesamt für Bauten und Logistik, Postfach, 3003 Bern, Januar 1997.

## 3. Kennwerte für die Kriterienanwendung

### 3.1 Indikator Graue Energie

Die Energie ist als Schlüsselgrösse in den Konzepten einer nachhaltigen Entwicklung allgemein erkannt und beschrieben.<sup>2)</sup> In der modernen Industriegesellschaft sind die zeitlich und örtlich überall verfügbaren und kostengünstigen fossilen Energieträger sowie der elektrische Strom eine absolute Voraussetzung für das Funktionieren der Wirtschaft. Ohne Energie lässt sich kein Rohstoff abbauen, transportieren oder bearbeiten. Die energetisch nutzbaren Rohstoffe gehören zu den wichtigsten Produktionsfaktoren in der modernen Wirtschaft.

---

#### Definition Graue Energie

Bei der Grauen Energie im Sinne der vorliegenden Publikation handelt es sich um eine ökologische Bewertungsgrösse. Sie stützt sich auf physikalisch messbare Grössen (Energieeinheiten), berücksichtigt jedoch nicht alle Energieformen. Sie umfasst die Summe aller nicht erneuerbaren Primärenergieträger und energetisch nutzbaren fossilen Rohstoffe sowie der Wasserkraft eines bestimmten Systems. Erneuerbare Rohstoffe und Recyclate sind nicht enthalten. Die Bewertungskriterien umfassen Erneuerbarkeit, Verfügbarkeit und die direkten Umweltauswirkungen beim Abbau, bei der Umwandlung und Nutzung. Die Graue Energie ist eine analoge Grösse zu wirkungs- und schadensorientierten Bewertungsgrössen von Ökobilanzen.

---

Der Energieverbrauch und seine Umweltauswirkungen sind mehr und mehr aus dem direkten Erfahrungsbereich des modernen Menschen verschwunden. Diesem Verlust an Unmittelbarkeit der Energie im Alltag steht ein weltweit steigender Verbrauch und die zunehmende Erkenntnis gegenüber, dass ein grosser Teil der Umweltprobleme direkt oder indirekt mit den Energienutzungstechniken zusammenhängt. Viele bekannte Gefahren der Biosphärenübernutzung sind auf den Verbrauch von Energieträgern zurückzuführen. Grosse Anteile der Luftbelastung, insbesondere Stickoxide, Schwefeldioxide und Treibhausgase, werden durch die Verbrennung fossiler Energieträger verursacht. Die Risiken der Kerntechnologie hängen mit dem Verbrauch von elektrischem Strom zusammen.

Aufgrund der wirtschaftlichen und ökologischen Bedeutung der Energie, liegt es nahe, sie als Bewertungsgrösse für Produkte und Dienstleistungen zu verwenden. Sie lässt sich aus dem kumulierten Primärenergieverbrauch zum Zeitpunkt der Betrachtung für ein bestimmtes Produkt oder eine Dienstleistung berechnen. Sie ermöglicht eine vergleichende, quantitative Beurteilung und wertet zahlreiche, mit der Energienutzung verbundene Umweltprobleme sowie den Verbrauch nicht erneuerbarer und weniger gut verfügbarer Ressourcen pauschal.<sup>3)</sup>

---

2) Interdepartementaler Ausschuss Rio (IDARio); Nachhaltige Entwicklung in der Schweiz; Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft, Bern 1996.

3) Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft; Ökologische Bewertung mit Hilfe der Grauen Energie; Schriftenreihe Umwelt Nr. 307, Bern 1999.

Die Idee zur Verwendung der Grauen Energie als einfache und vergleichsweise pauschale Bewertungsgrösse ist aus den Erkenntnissen im Umgang mit der Ökobilanzierung entstanden. Die Primärenergieträger sind in vielen Fällen der bedeutendste und zuverlässigste Bestandteil der Sachbilanz. Demzufolge sind Energiedaten besser verfügbar und in der Regel zuverlässiger und repräsentativer als Emissionsdaten. Die Energie ist diejenige Schlüsselgrösse, anhand derer sich Zulässigkeitsüberlegungen von Systemabgrenzungen, Plausibilitätsüberlegungen, Sensitivitätsanalysen und Relevanzbeurteilungen durchführen lassen. Insbesondere für die Beurteilung gewisser Merkmale von Gebäuden im Rahmen von Wettbewerben eignet sich die Graue Energie hervorragend, da Wettbewerbseingaben in der Regel noch wenig Angaben über die Materialisierung enthalten.

## 3.2 Erstellung

### 3.2.1 Ressourcenaufwand für Baugrube und Terraingestaltung

Bei einem Gebäude mit einem Untergeschoss im flachen Gelände spielt der Ressourcenaufwand für den Aushub und den Abtransport im Vergleich zur Grauen Energie des Gebäudes eine untergeordnete Rolle. Beim Aushub von Tiefgaragen, bei Niveauveränderungen des Geländes oder bei Bauarbeiten im Grundwasser kann die erforderliche Energie und das Material, verglichen mit der Erstellung des Gebäudes, von Bedeutung sein. Bei den angegebenen Kennwerten handelt es sich um Durchschnittswerte. Der Kennwert von  $100 \text{ MJ/m}^3$  setzt sich aus dem Treibstoff für den Bagger ( $40 \text{ MJ/m}^3$ ) und für den Abtransport von Aushubmaterial ( $60 \text{ MJ/m}^3$ ) zusammen. Der Primärenergieverbrauch von Baggern, Dozern und Dumpfern beträgt je nach Grösse (3 - 47 t) und Leistung (10 - 200 kW) zwischen 250 - 1'200 MJ pro Std.; bei durchschnittlichen Lastfaktoren.<sup>4)</sup> Rechnet man mit einer Leistung von  $20 \text{ m}^3$  pro Stunde, sind für den Aushub und die Beladung des Lastwagens ca.  $40 \text{ MJ pro m}^3$  erforderlich. Der spezifische, auf den  $\text{m}^3$  bezogene Energieverbrauch ist bei grösseren Maschinen eher kleiner als bei Kleinbaggern mit geringerer Leistung. Der Transport benötigt  $4 \text{ MJ/km und m}^3$ , was eine durchschnittliche Distanz von 15 km für Hin- und Rückfahrt zur Deponie, resp. zur Zwischenlagerung ergibt. Diese Zahlen können im Einzelfall erheblich abweichen, lassen sich jedoch auch ohne weiteres an spezielle Situationen anpassen. Das Gleiche gilt für die anderen Materialaufwendungen und Umgebungsarbeiten, die bei Kriterium 2.1 aufgeführt und wegen der einfacheren Handhabung auf den Pauschalwert von  $100 \text{ MJ/m}^3$  bezogen sind.

### 3.2.2 Ressourcenaufwand für den Rohbau

Die Quantifizierung des Ressourcenaufwandes beruht auf komplexen Zusammenhängen verschiedener Merkmale von Gebäuden. Die Basis bildet eine umfassende Auswertung von Gebäuden im Rahmen verschiedener Forschungsvorhaben und Diplomarbeiten an der Zürcher Fachhochschule Winterthur ZHW.<sup>5)</sup> Für die vorliegende Forschungsarbeit wurden die Erkenntnisse und Daten aus diesen Projekten ausgewertet und im Rahmen einer Gebäudesimulationsrechnung verallgemeinert. Es mussten diejenigen Parameter identifiziert werden, die die Graue Energie eines Gebäudes massgeblich beeinflussen und mit Hilfe derer sich die Graue Energie eines Gebäudes auf einfache und rasche Art abschätzen lässt.

4) Kasser, U., Pöll, M.; Graue Energie von Baustoffen; Büro für Umweltchemie, Zürich 1998

5) Kasser, U.; Gebäude gesamtenergetisch beurteilt; Schweizer Ingenieur und Architekt, Nr.13/1998, Zürich

Gebäudegrösse	Kompakte Formen	Mittlere Auflösung	Aufgelöste Formen
< 500 m <sup>2</sup>	1 Gebäude mit 2 Geschossen, 1 UG; quadratischer Grundriss	1 Gebäude mit 2 Geschossen, 1 UG; abgewinkelter Grundriss	2 Gebäude mit 2 Geschossen, 1 UG; rechteckiger Grundriss, auskragendes OG
<b>HF / GF</b>	<b>1.7</b>	<b>2.1</b>	<b>2.4</b>
500 - 1'000 m <sup>2</sup>	1 Gebäude mit 4 Geschossen, 1 UG; quadratischer Grundriss	1 Gebäude mit 3 Geschossen, 1 UG; abgewinkelter Grundriss mit Dachaufbauten	3 Gebäude mit 2 Geschossen, 1 UG; rechteckiger Grundriss
<b>HF / GF</b>	<b>1.3</b>	<b>1.5</b>	<b>2.0</b>
1'000 - 5'000 m <sup>2</sup>	1 Gebäude mit 5 Geschossen, 1 UG; rechteckiger Grundriss	2 Gebäude mit 4 Geschossen, 1 UG; abgewinkelter Grundriss und Dachaufbauten	3 Gebäude mit 3 Geschossen, 1 UG; abgewinkelter Grundriss und Dachaufbauten
<b>HF / GF</b>	<b>1.0</b>	<b>1.3</b>	<b>1.7</b>
5'000 - 10'000 m <sup>2</sup>	1 Gebäude mit 6 Geschossen, 1 UG; rechteckiger Grundriss	1 Gebäude mit 4 Geschossen, 1 UG; Hofstrukturen	2 Gebäude mit 3 Geschossen, 1 UG; abgewinkelter Grundriss und Dachaufbauten
<b>HF / GF</b>	<b>0.8</b>	<b>1.0</b>	<b>1.1</b>
10'000 - 15'000 m <sup>2</sup>	1 Gebäude mit 8 Geschossen, 1 UG; abgewinkelter Grundriss und Dachaufbauten	2 Gebäude mit 4 und 6 Ge- schossen, 1 UG; abgewinkelter Grundriss und Dachaufbauten	4 Gebäude mit 3 Geschossen, 1 UG; abgewinkelter Grundriss
<b>HF / GF</b>	<b>0.7</b>	<b>0.9</b>	<b>1.2</b>
15'000 - 20'000 m <sup>2</sup>	1 Gebäude mit 6 Geschossen, 1 UG; abgewinkelter Grundriss und Innenhof	2 Gebäude mit 5 Geschossen, 1 UG; E-förmige Grundrisse	17 Gebäude mit 4 Geschossen, 1 UG; rechteckiger Grundriss
<b>HF / GF</b>	<b>0.6</b>	<b>0.9</b>	<b>1.2</b>

**Tab. III/2** Gebäudegrösse und Gebäudeform für die Simulationsrechnung

HF / GF ist das Verhältnis der gesamten Hüllfläche inkl. UG zu Geschossfläche eines Gebäudes.

Je kleiner die Verhältniszahl, desto kompakter ein Gebäude.

Für sechs Gebäudegrössen wurden je drei verschiedene Gebäudeformen entwickelt (Tab. III/2). Das ergibt 18 verschiedene Gebäudetypen. Sie wurden aus Beispielen abgeleitet und vereinfacht, wobei darauf geachtet wurde, dass die Grundrisse in Bezug auf Anordnung und Licht sinnvolle Lösungen erlauben. Die Variation reicht von einem zweigeschossigen kompakten Gebäude mit 300 m<sup>2</sup> Geschossfläche bis zu einer Überbauung mit 17 Einzelgebäuden und einer gesamten Geschossfläche von nahezu 20'000 m<sup>2</sup>.

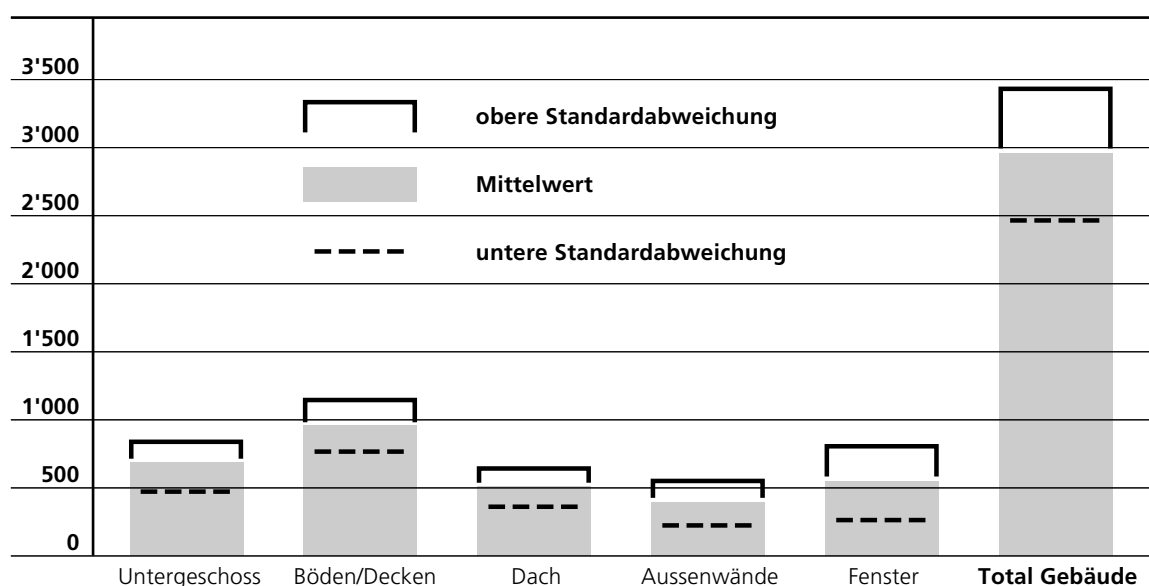
Als weiterer wichtiger Parameter wurde die Bauweise variiert. Dazu wurden vereinfachende Annahmen über die kumulierte Herstellungenergie (Graue Energie) von Gebäudeteilen getroffen. Es wurden Durchschnittswerte einer Vielzahl verschiedener Konstruktionen und Beanspruchungen angenommen (Tab. III/3). Diese Werte entsprechen dem üblichen Informationsstand über die Materialisierung von Projekten zum Zeitpunkt von Wettbewerben. Die einzelnen Bauweisen unterscheiden sich durch Aussenwände, Dach- und Deckenkonstruktionen. Bei allen Bauweisen wurden Untergeschoss und Decke über dem Untergeschoss als Massivkonstruktion gerechnet. Die Durchschnittsbildung aus den einzelnen Konstruktionen kann im Tabellarischen Anhang nachvollzogen werden. Alle 18 Gebäudetypen aus Tab. III/2 wurden in den vier verschiedenen Bauweisen mit den entsprechenden Werten in Tab. III/3 berechnet.

Bauteile Alle Angaben in MJ/m <sup>2</sup>	Massivbauweise	Gemischte Bauweise	Leichtbauweise in Holz	Massivbauweis mit Glasfassaden
Boden UG	1'200	1'200	1'200	1'200
Wände UG ungedämmt	1'000	1'000	1'000	1'000
Wände UG gedämmt	1'500	1'500	1'500	1'500
Decke über UG	1'200	1'200	1'200	1'200
Decken	1'000	800	600	1'000
Geschlossene Aussenwände	900	750	600	900
Fenster je nach Rahmenmaterial	variabel 1'050 - 4'500	variabel 1'050 - 4'500	variabel 1'050 - 4'500	5'200
Dach	2'000	1'425	850	2'000

**Tab. III/3** Graue Energiewerte von Gebäudeteilen in Abhängigkeit der Bauweise für die Gebäudesimulationsrechnungen.

In verschiedenen Untersuchungen wurde festgestellt, dass die Fenster für die Graue Energie eines Gebäudes eine wichtige Rolle spielen können. Ein mittelgrosses Metallfenster mit 50 % Flügelanteil und einem Wärmeschutzglas erfordert pro Flächeneinheit rund viermal mehr Herstellungsenergie als eine geschlossene Aussenwand (vgl. Tab. III/3 und im Anhang Tab. IV/2 und IV/4). Für alle Gebäudetypen wurde deshalb die Fläche der Fenster und das Rahmenmaterial variiert.

#### MJ/m<sup>2</sup> EBF Graue Energie im Gebäudemodell



**Tab. III/4** Mittelwerte und Standardabweichungen der Grauen Energie aus über 1000 verschiedenen Modellgebäuden in Abhängigkeit der Bauteile (als Energiebezugsfläche EBF wurde vereinfachend die Geschossfläche ohne UG verwendet).

Die Variation der beschriebenen Parameter (Grösse, Form, Bauweise, Fensterfläche und Rahmenmaterial) ergibt über 1'000 simulierte Einzelgebäude, die statistisch ausgewertet und analysiert wurden. Das Ergebnis ist in Tab. III/4 dargestellt. Es sind die Mittelwerte mit Standardabweichungen der wichtigsten Gebäudeteile und der gesamten Gebäude angegeben. Die Standardabweichung ist eine statistische Grösse, die 95 % der gegen oben oder unten vom Mittelwert abweichenden Werte umfasst. Die 5 % Extremwerte sind in der Standardabweichung nicht enthalten. Man spricht vom 95 %-Vertrauensbereich. Es sind Rohbauten ohne Innenwände und ohne Innenausbau dargestellt. Bei der Fensterfläche beträgt die Variationsbreite 5–65 % der gesamten Fassade. Beim Rahmenmaterial wurden drei Materialgruppen unterschieden: Holz, Holz-Metall und Kunststoff, Metall.

Aufgrund dieser Berechnungen darf festgestellt werden, dass die auf den m<sup>2</sup> Geschossfläche bezogene Graue Energie von Gebäuden nicht derart variiert, wie man dies aufgrund der beschriebenen Parametervariation annehmen könnte. Für den Rohbau der Modellgebäude beträgt die Standardabweichung lediglich 15 %; für die meisten der aufgezeichneten Gebäudeteile deutlich weniger. Zudem ist die Graue Energie bei weitem nicht nur von der Materialwahl abhängig, wie dies gemeinhin angenommen wird. Gebäudeform und Gebäudegrösse sind ebenso wichtige Faktoren. Je grösser und kompakter ein Gebäude, desto geringer die auf die Geschossfläche bezogene, kumulierte Herstellungsenergie. In jedem Gebäude beträgt die im Untergeschoss und der Aussenhülle vorhandene Graue Energie zwischen 60–70 % der gesamten Grauen Energie. Je kleiner das Verhältnis von Hüllfläche zu Geschossfläche, desto geringer ist der Ressourcenaufwand für die Gebäudeherstellung. Eine Sonderstellung nimmt die Graue Energie der Fenster ein. Trotz relativ wenig Fläche, verglichen mit anderen Gebäudeteilen, ist die Graue Energie relevant und variiert in Abhängigkeit von Fläche und Rahmenmaterial verhältnismässig stark. Die Standardabweichung beträgt deutlich mehr als 50 %.

Gebäudegrösse, Bauweise, Gebäudeform und Fenster (Rahmenmaterial und Fläche) sind die entscheidenden und wichtigsten Einflussgrössen der Grauen Energie von Gebäuden. Auf dieser Erkenntnis beruht die Schnellmethode zur Abschätzung der Grauen Energie, wie sie in Teil II unter dem Kriterium 2.2 beschrieben ist. Kennt man diese vier Faktoren eines Projektvorschlags, kann man mit den aus den Simulationsrechnungen abgeleiteten Zahlen innerhalb von wenigen Minuten die Graue Energie eines Gebäudes abschätzen.

Um die Richtungssicherheit und die Aussagekraft der Simulationsrechnungen zu überprüfen, wurden die Ergebnisse mit der Grauen Energie von existierenden Gebäuden, die anhand von exakten Mengenangaben und Materialspezifikationen gerechnet wurden, verglichen. Die Ergebnisse dürfen für die Gebäudetypologie, wie sie in Tab. III/3 umschrieben ist, als hinreichend richtungssicher bezeichnet werden. Für die Graue Energie spezieller Gebäude wie beispielsweise Hochhäuser oder Tiefgaragen kann die SNARC-Schnellmethode nicht verwendet werden. Auch die Leichtbauweise in Stahl lässt sich auf diese Weise nicht beurteilen, weil dazu noch zu wenig Erfahrungen und Beispiele vorhanden sind.



Für die Berechnung der Ressourcenintensität bei Sanierungen konnte keine einfache, allgemein gültige Faustregel oder Methode hergeleitet werden. Jedes Umbau- oder Sanierungsprojekt muss individuell berechnet werden. Dazu müssen mindestens die von der Sanierung betroffene Geschossfläche sowie die wichtigsten Sanierungsarbeiten bekannt sein. Damit lässt sich der Sanierungsaufwand anhand der in Teil II aufgeführten Kennwerte (Kriterium 2.2.2, tabellarische Zusammenfassung) grob abschätzen. Etwas ausführlichere Graue Energiewerte für verschiedene Sanierungsarbeiten sind im Anhang Tab. IV/10 und IV/11 aufgeführt und beschrieben. Allerdings spielt die Graue Energie bei Sanierungen im Rahmen der Gesamtenergiebetrachtung in der Regel eine deutlich geringere Rolle als bei Neubauten.

### **3.2.3 Ressourcenaufwand für den Betrieb (Raumwärme)**

Damit die Graue Energie des Gebäudes mit der Betriebsenergie verglichen werden kann, ist der in der Haustechnik gebräuchliche Heizwärmebedarf nach Norm SIA 380/1 in Primärenergie umzurechnen. Der Heizwärmebedarf ist die sog. Nutzenergie, d.h. diejenige Energiemenge, die im Raum in Form von Wärme bereit gestellt werden muss. Die Differenz zwischen Nutz- und Endenergie besteht aus Verlusten des Wärmeproduktionssystems und der Verteilung. Alle Energieträger im Gebäude vor der Umwandlung zu Wärme sind Endenergieformen (beispielsweise Heizöl im Tank, Erdgas beim Grundstück und Strom ab Steckdose). Für die Bereitstellung dieser Energieformen müssen Primärenergieträger wie das Natururan, das Erdöl oder die Schwerkraft des Wassers im Stausee umgewandelt, abgebaut, transportiert, aufbereitet und veredelt werden. Die Differenz zwischen der Primärenergie und der Endenergie bewertet den Aufwand dieser Bereitstellung. Die Umrechnung ist in der Grafik im Teil II / Kriterien unter 2.3 enthalten. Es handelt sich um Durchschnittswerte, eine grössere Differenzierung ist im Rahmen von Wettbewerben nicht sinnvoll.

## 4. Weitere Kennwerte

Bei allen folgenden Kennwerten handelt es sich um sehr pauschale Werte, die jederzeit mit Extrembeispielen relativiert werden können. Mit Hilfe der Angaben im Anhang lassen sich die Kennwerte bei Bedarf an die konkrete Situation anpassen.

### 4.1 Innenausbau

Der Ressourcenaufwand für den Innenausbau bewegt sich zwischen 5–15 % der gesamten Grauen Energie eines Gebäudes. Er lässt sich nur bei fortgeschrittener Planung abschätzen. In der Phase des Projektwettbewerbs ist er nicht von primärer Bedeutung. Bauweise, Gebäudegrösse und Form haben keinen Einfluss. Massgebend sind der Ausbaustandard und bis zu einem gewissen Masse die Raumgrösse. Der Innenausbau von Böden und Decken ist direkt proportional zur Geschossfläche resp. Gebäudenutzfläche, während der Innenausbau von Wänden auch noch durch die Raumgrösse bestimmt wird. In einem 20 m<sup>2</sup> grossen Raum ist der Anteil der Wandflächen etwa doppelt so gross wie die Bodenfläche. Dieser Faktor wurde für die Kennwerte von Innenausbaustandards, wie sie in Tab. IV/9 detailliert aufgeführt sind, verwendet.

### 4.2 Fassadensanierung

Eine der wichtigsten Erkenntnisse aus den Gebäudesimulationsrechnungen und statistischen Auswertungen ist die Tatsache, dass die in Tab. III/3 dargestellten auf Fläche pro Bauteil bezogene Werte nicht so stark variieren, wie man das aufgrund der beschriebenen Variablen annehmen könnte. Deshalb ist es auch zulässig, Kennwerte für bestimmte Kriterien unabhängig vom Gebäudetyp festzulegen. Man darf also davon ausgehen, dass die geschlossene Aussenwand in den meisten Fällen im Bereich von 200 - 500 MJ/m<sup>2</sup> Energiebezugsfläche EBF liegt.<sup>6)</sup> In der Regel machen bei einer vorgehängten Fassade die Bauteile mit Tragfunktion etwa 60 %, die Bauteile mit Dämm- und Schutzfunktion sowie die notwendigen Unterkonstruktionen etwa 40 % der Grauen Energie einer geschlossenen Aussenwand aus.

### 4.3 Umnutzungen

Die Innenwände sind in sehr geringem Masse von der Gebäudegrösse, der Bauweise oder der Gebäudeform abhängig. Bei einem normalen Grundriss beträgt die Graue Energie für Innenwände in der Regel zwischen 200 - 300 MJ/m<sup>2</sup> Geschossfläche GF. Der Innenausbau kann in hohem Masse variieren (vgl. oben Kap. 4.1). Bei durchschnittlichem Ausbau ohne Doppelböden und heruntergehängten Decken beträgt die Graue Energie etwa 400 MJ/m<sup>2</sup> GF. Bei einer geringen Flexibilität geht man davon aus, dass innerhalb der Lebenszyklusbetrachtung die Hälfte der Innenwände und ein Teil des Innenausbaus ersetzt werden müssen. Das ergibt einen durchschnittlichen Kennwert von etwa 300 MJ/m<sup>2</sup> GF

---

6) Als Bezugsgrösse wird die Energiebezugsfläche EBF verwendet. In den Simulationsrechnungen wurde sie vereinfacht als Geschossfläche GF ohne Untergeschoss und ohne Höhenkorrekturen eingesetzt.

Muss bei einer Umnutzung die Tragstruktur verändert werden, so sind diese Eingriffe meistens deutlich grösser. Es bedeutet in der Regel, dass tragende Innenwände durch Stützen ersetzt werden, oder dass die Innenwände und meistens der ganze Innenausbau erneuert werden müssen. Eine differenziertere, situationspezifischere Betrachtung ist praktisch nicht möglich. Diese Arbeiten sind mit rund 1000 MJ/m<sup>2</sup> GF machbar. Damit lassen sich neben dem Innenausbau auch Stützen mit grossen Lastaufnahmen und Innenwände erneuern (vgl. tabellarischer Anhang).

#### **4.4 Haustechnik**

Leitungsinstallationen für Elektro, Sanitär und Heizung werden während der Lebensdauer eines Gebäudes mindestens ein- bis zweimal erneuert (neue horizontale und vertikale Erschliessung). Nicht flexible Leitungsinstallationen haben einen entsprechenden Ressourcenaufwand zur Folge. Die Graue Energie der Haustechnik ist noch wenig untersucht. Aus Deutschland ist eine systematische und umfassende Studie verfügbar.<sup>7)</sup> Danach beträgt, selbst bei aufwändiger Haustechnik mit Sonnenkollektoren und Wärmepumpe, der Anteil im Vergleich zum gesamten Gebäude höchstens 5 - 15 %. Davon entfallen wiederum höchstens 30 % auf die Verteilung von Wärme, Wasser und Strom. Der Zuschlag von 200 MJ/m<sup>2</sup> GF ist deshalb für den Ersatz der Verteilungsinfrastruktur inkl. Systemzubehör repräsentativ.

---

7) Geiger, B., Fleissner, Th.; Stoffliche und energetische Lebenszyklusanalysen in Wohngebäuden; VDI Berichte 1328; Düsseldorf 1997.

# IV / Tabellarischer Anhang

## Kennwerte für Bauteile und Gebäudeteile

### 1. Vorbemerkungen

Der tabellarische Anhang dient als Nachschlagewerk für Grauenergiewerte und soll der Vorprüfung Plausibilitätsüberlegungen ermöglichen. In speziellen Fällen können Kennwerte individuell berechnet werden. Wer differenziertere Berechnungen durchführen will, muss über genauere Kenntnisse der Konstruktionen verfügen. Da jedoch diese Angaben insbesondere im Planungsstadium zum Zeitpunkt des Wettbewerbs noch nicht vorhanden sind, reichen Durchschnittswerte normalerweise aus.

Die Werte der Konstruktionen und Bauteile sind in Abhängigkeit der Materialisierung resp. Differenzierung angegeben. Es sind zwei Differenzierungsebenen aufgeführt. In der ersten Spalte sind die übergeordneten, bezüglich Material und Konstruktion wenig differenzierten Systeme angegeben; in der zweiten Spalte finden sich die Werte für genauere Materialspezifikationen. Die Durchschnittswerte wurden aufgrund der differenzierteren Ebene gebildet. Neben der arithmetischen Mittelwertbildung wurde auch die Häufigkeit der Konstruktionen berücksichtigt.

### 2. Neubau

#### **Dachkonstruktionen**

Die angegebenen Werte für Dachkonstruktionen beziehen sich auf die effektive Dachfläche. Sie umfassen alle Funktionen inkl. Tragstruktur.

<b>Tab. IV/1 Dachkonstruktionen MJ/m<sup>2</sup></b> (effektive Fläche)	Differenzierungen	
<b>Wärme gedämmte Systeme</b>		
Flachdach	1'800	
Kompaktdach		2'200
Foliendach		1'800
Kaltdach		1'200
Steildach	800	
Steildach mit Metalleindeckung		1'200
Steildach mit Tonziegeln oder Faserzement		600
<b>Nicht wärme gedämmte Systeme</b>		
Flachdach	1'100	
Steildach	700	
Steildach mit Metalleindeckung		1'100
Steildach mit Tonziegeln oder Faserzement		500

### Aussenwandkonstruktionen

Die Werte für die Aussenwände beziehen sich auf die effektiven Flächen. Sie umfassen alle Funktionen inkl. Tragstruktur, jedoch ohne innere Verkleidungen, Oberflächenbehandlungen oder Putze.

<b>Tab. IV/2 Geschlossene Aussenwände MJ/m<sup>2</sup></b> (effektive Fläche)	Differenzierungen	
<b>Aussenwände</b>	<b>800</b>	
Aussenwärmedämmung verputzt	750	
Vorgehängte Fassade	900	
Vorgehängte Fassade Metall		1'200
Vorgehängte Fassade Faserzement		850
Vorgehängte Fassade Glas		900
Vorgehängte Fassade Holzschalung		500
Vorgehängte Fassade Sperrholz		650
Vorgehängte Fassade Naturstein/Kunststein		1'000
Zweischalenmauerwerk	1'100	
Beton/Mauerstein		1'250
Mauerstein/Mauerstein		1'000
Porenbetonmauerwerk verputzt	700	
Leichtmauerwerk verputzt	750	
Holzständerkonstruktion	600	
Sichtbeton innengedämmt	800	

### Glasfassaden

Die Graue Energie von Glasfassaden mit Tragfunktion (Tab. IV/3) ist deutlich höher als diejenige von üblichen Fenstern. Die Konstruktionsvielfalt von Glasfassaden ist gross. Die aufgeführten Beispiele sind daher nicht repräsentativ. Es gelten dieselben Faustregeln wie bei normalen Fenstern. Je höher der Anteil an metallischen Profilen, desto grösser die Graue Energie. Die Glaskonstruktion trägt verhältnismässig wenig zur Grauen Energie der Glasfassaden bei.

<b>Tab. IV/3 Glasfassaden MJ/m<sup>2</sup></b> (effektive Fläche)	Differenzierungen
<b>Glasfassaden</b>	<b>4'500</b>
Pfosten-Riegelkonstruktion aus Alu/Stahl mit Dreifachverglasung inkl. Befestigung an Decken, 60 % Flügelanteil inkl. Motorsteuerung, $U = 1.0 \text{ W/m}^2\text{K}$	5'200
Pfosten-Riegelkonstruktion aus Alu/Stahl mit Dreifachverglasung inkl. Befestigung an Decken, 30 % Flügelanteil inkl. Motorsteuerung, $U = 1.0 \text{ W/m}^2\text{K}$	3'750
Zweischalige Fassade mit Doppelverglasung innen, Einfachverglasung aussen, Konstruktion aus Holz (innen) resp. aus Alu/Stahl (ausen) mit 50 % Flügel/Türenanteil, inkl. Befestigungen und Gitterrost auf Deckenhöhe, $U = 0.86 \text{ W/m}^2\text{K}$	3'600
Zweischalige Fassade mit Doppelverglasung innen, hinterlüftete Lamellen aussen, Holz-Alu-Pfosten-Riegelkonstruktion mit 30 % Flügelanteil inkl. Motorensteuerung, Befestigungen und Gitterrost auf Deckenhöhe, $U = 0.86 \text{ W/m}^2\text{K}$	4'800

### Fenster

Die wichtigen Einflussgrössen auf die Graue Energie von Fenstern sind Grösse, Unterteilung und Flügelanteil (Rahmenanteil), das Rahmenmaterial und die Gasfüllung. Deshalb müssen die Werte in Tab. IV/4 differenziert werden. Die Abweichungen zwischen den einzelnen Fenstertypen sind relativ gross. Die Werte gelten für einen Glaswärmedurchgangskoeffizienten von  $U = 1.3 \text{ W/m}^2\text{K}$  und beziehen sich somit auf eine Argonfüllung. Mit Krypton oder Xenon gefüllte Gläser sind signifikant energieintensiver; Angaben über die Graue Energiewerte fehlen. Die Rahmenprofile weisen einen, dem Material entsprechend guten Wärmedurchgangskoeffizienten auf. Alle Angaben beziehen sich auf das Konstruktionslichtmass. Die Fenstergrösse wird über den Rahmenanteil definiert. Als gross gelten Fenster mit einem Rahmenanteil von  $\leq 15 \%$ , als klein solche mit einem Rahmenanteil von  $\geq 30 \%$ .

<b>Tab. IV/4 Fenster inkl. Rahmen und Glas MJ/m<sup>2</sup></b> (effektive Fläche)	Differenzierungen	
<b>Fenster</b>	<b>2'500</b>	
Holzfenster	1'050	
Holzfenster mit Flügel		1'150
Holzfenster mit Flügel gross		920
Holzfenster mit Flügel mittel		1'100
Holzfenster mit Flügel klein		1'400
Holzfenster ohne Flügel		1'000
Holzfenster ohne Flügel gross		760
Holzfenster ohne Flügel mittel		940
Holzfenster ohne Flügel klein		1'150
Holz-Aluminiumfenster	1'800	
Holz-Aluminiumfenster mit Flügel		2'200
Holz-Aluminiumfenster mit Flügel gross		1'650
Holz-Aluminiumfenster mit Flügel mittel		2'150
Holz-Aluminiumfenster mit Flügel klein		2'800
Holz-Aluminiumfenster ohne Flügel		1'500
Holz-Aluminiumfenster ohne Flügel gross		1'150
Holz-Aluminiumfenster ohne Flügel mittel		1'470
Holz-Aluminiumfenster ohne Flügel klein		1'900
Kunststofffenster	2'000	
Kunststofffenster mit Flügel		2'350
Kunststofffenster mit Flügel gross		1'770
Kunststofffenster mit Flügel mittel		2'300
Kunststofffenster mit Flügel klein		3'050
Kunststofffenster ohne Flügel		1'600
Kunststofffenster ohne Flügel gross		1'200
Kunststofffenster ohne Flügel mittel		1'550
Kunststofffenster ohne Flügel klein		2'030
Aluminiumfenster	4'500	
Aluminiumfenster mit Flügel		5'950
Aluminiumfenster mit Flügel gross		4'200
Aluminiumfenster mit Flügel mittel		5'750
Aluminiumfenster mit Flügel klein		7'900
Aluminiumfenster ohne Flügel		3'400
Aluminiumfenster ohne Flügel gross		2'400
Aluminiumfenster ohne Flügel mittel		3'250
Aluminiumfenster ohne Flügel klein		4'500

### Deckenkonstruktion

Die Decken sind ohne Verkleidung, Unterlagsböden oder Oberflächenbehandlungen gerechnet. Bei den Betondecken ist für die Höhe der Grauen Energie in erster Linie der Bewehrungsgrad massgebend. Dieser wiederum ist hauptsächlich von der Decken-Spannweite und von der erforderlichen Traglast abhängig. Die Unterschiede sind nicht ausgeprägt. In Tab. IV/5 sind die Werte für Decken, die auf Stützen aufgelegt sind, angegeben. Decken auf Wänden, sind bei den höheren Spannweiten ca. 100 - 200 MJ/m<sup>2</sup> weniger energieintensiv. Bei den Stahl- und Holzkonstruktionen handelt es sich ebenfalls um rohe Konstruktionen, die in der Regel noch einen erheblichen Aufwand für Brand- und Schallschutz erfordern.

<b>Tab. IV/5</b> <b>Decken MJ/m<sup>2</sup></b> (effektive Fläche)	Differenzierungen	
<b>Decken roh</b>	<b>750</b>	
Beton 20 cm auf Stützen	800	
Spannweite 5 Meter		550
Spannweite 6 Meter		700
Spannweite 7 Meter		850
Spannweite 8 Meter		1'000
Spannweite 9 Meter		1'200
Betonrippendecken 3 x 14 m vorfabriziert		700
Stahl/Holzkastenelemente	2'500	
Holzbalkendecken	500	
Holzkastenelemente	750	

### Untergeschoss

Die Graue Energie von Untergeschossen in Tab. IV/6 ist auf das Volumen bezogen. Man geht davon aus, dass die Untergeschosse relativ einheitlich aus bewehrtem Beton konstruiert sind. Den bedeutendsten Einfluss hat die Grösse, da der überwiegende Teil der Energie in der Bodenplatte und in den Aussenwänden steckt. Auch die Aussenwärmedämmung hat einen gewissen Einfluss.

<b>Tab. IV/6</b> <b>Untergeschoss MJ/m<sup>3</sup></b>	Differenzierungen	
<b>Untergeschosse</b>	<b>800</b>	
Ohne Decke, ungedämmt, inkl. Innenausbau (> 1000 m <sup>3</sup> )		600
Ohne Decke, ungedämmt, inkl. Innenausbau (< 1000 m <sup>3</sup> )		800
Ohne Decke, teilweise gedämmt, inkl. Innenausbau (> 1000 m <sup>3</sup> )		800
Ohne Decke, teilweise gedämmt, inkl. Innenausbau (< 1000 m <sup>3</sup> )		1'000
Garage UG mit Decke, inkl. Stützen (> 1000 m <sup>3</sup> )		700



## Stützen

Wie bei den Decken ist auch bei den Stützen der Bewehrungsgrad massgebend für die Graue Energie und direkt von den statischen Anforderungen abhängig. Die Werte in Tab. IV/7 sind Mittelwerte zwischen Ortbeton und vorgefertigten Stützen, wobei erstere für die gleiche statische Funktion einen etwas höheren Bewehrungsgehalt erfordern. Sie liegen ca. 10 % über, die vorgefertigten Stützen ca. 10 % unter den angegebenen Werten. Die K-Zahl in der Tabelle ist das Produkt aus Anzahl Geschossen, Spannweite längs und Spannweite quer.

**Tab. IV/7 Stützen MJ/Stk.** (Länge 3 Meter)

	Differenzierungen
<b>Stützen</b>	<b>3'000</b>
Stahlträger verkleidet	2'000
Betonstützen	3'500
K = 567 (7 Geschosse x 9 x 9 Meter Spannweite) 50 x 50 cm	11'500
K = 486 (6 Geschosse x 9 x 9 Meter Spannweite) 45 x 45 cm	9'000
K = 384 (6 Geschosse x 8 x 8 Meter Spannweite) 40 x 40 cm	7'200
K = 294 (6 Geschosse x 7 x 7 Meter Spannweite) 35 x 35 cm	5'500
K = 180 (5 Geschosse x 6 x 6 Meter Spannweite) 30 x 30 cm	3'500
K = 100 (4 Geschosse x 5 x 5 Meter Spannweite) 25 x 25 cm	2'000
K = 48 (3 Geschosse x 4 x 4 Meter Spannweite) 20 x 20 cm	1'000

## Innenwände

Bei den Innenwänden sind die Unterschiede gering, wobei die statische Funktion für die Graue Energie entscheidender ist als das Material. Mit einem Durchschnittswert für Innenwände von 500 MJ/m<sup>2</sup> hat man einen repräsentativen Wert für alle Funktionen und Arten. Sind spezielle Schalldämmeigenschaften verlangt, kann der Wert schnell überschritten werden.

**Tab. IV/8 Innenwände MJ/m<sup>2</sup>** (effektive Flächen)

	Differenzierungen
<b>Innenwände</b>	<b>500</b>
Tragend	600
Einfaches Mauerwerk	550
Mauerwerk mit Schwersteinen	700
Mauerwerk mit Vorsatzschale	600
Sichtbeton normale Lasten und Spannweiten	550
Sichtbeton erhöhte Lasten und Spannweiten	600
Zweischaliges Mauerwerk	850
Nicht tragend	400
Leichtbauständerkonstruktionen	450
Gipswerkstoffe, > 50 dB bew. Schalldämmmass	550
Gipswerkstoffe, < 50 dB bew. Schalldämmmass	350
Holzständerkonstruktion	300
Mauersteine (12 cm)	400

### Innenausbau

Alle Beläge sind ab Rohbaustruktur gerechnet. Die Angaben beziehen sich auf die effektive Fläche. Da die einzelnen Konstruktionen und Materialspezifikationen oft erst kurz vor der Ausführung bestimmt werden, sind die Angaben nicht sehr differenziert. Es handelt sich um grobe Durchschnittswerte, die im Einzelnen erheblich abweichen können. Decken und Bodenbeläge lassen sich verhältnismässig einfach auf die Energiebezugsfläche umrechnen. Bei einer durchschnittlichen Raumgrösse von 20 m<sup>2</sup> beträgt das Verhältnis von Wand- zu Bodenfläche ca. 2.5. Damit lässt sich auch der Innenausbau für die Wände leicht auf die Energiebezugsfläche oder irgendeine andere Nutzfläche umrechnen.

<b>Tab. IV/9 Innenausbau MJ/m<sup>2</sup></b> (effektive Flächen)	Differenzierungen	
<b>Innenwände</b>	<b>300</b>	
Fugenlose	300	
Hartbetonbelag 2-schichtig		200
Steinholzboden 2-schichtig		200
Gussasphalt		500
Kunstharzfliesmörtelbelag auf Unterlagsboden		300
Kunstharzfliesbelag auf Unterlagsboden		350
Unterlagsböden mineralisch (d=6 cm)	175	
Zementunterlagsboden		200
Anhydritunterlagsboden		150
Bodenkonstruktionen	250	
Holzbodenbeläge auf Unterlagsboden		225
Elastische Beläge auf Unterlagsboden		250
Textile Beläge auf Unterbelagsboden		300
Doppelböden	500	
<b>Deckenkonstruktionen</b>	<b>150</b>	
Heruntergehängte Metalldecken	250	
Heruntergehängte Gips- oder Holzdecken, oder aus Holzwoollplatten	100	
Einfache Akustikdecken	100	
Deckenputze gestrichen	50	
<b>Wandbeläge</b>	<b>100</b>	
Anstrichssysteme	75	
Wanddispersionen		25
Blockfeste Lacke auf Holz/Metall u.a.		50
Tapeten gestrichen		100
Verkleidungen	150	
Wandputze gestrichen		50
Wandverkleidungen aus Holz gestrichen		100
Wandverkleidungen aus Gipswerkstoffen gestrichen		250

### 3. Sanierungen

#### Dachaufbau

In Tab. IV/10 sind die wichtigsten Dachaufbaukonstruktionen aufgeführt. Die Tragstrukturen sind in den Werten nicht enthalten. Den Werten liegt ein Mittelwert verschiedener gängiger Dämmstoffmaterialien mit 14 cm Dämmstoffdicke zu Grunde und sie gelten für die effektiven Flächen. Sie sind im Rahmen von Abschätzungen des ganzen Gebäudes entsprechend umzurechnen.

<b>Tab. IV/10</b>	<b>Dachaufbau MJ/m<sup>2</sup></b> (effektive Dachflächen)	Differenzierungen
<b>Dachsanierungen gedämmt</b>		<b>900</b>
Flachdach		1'000
Kompaktdach		1'300
Foliendach		900
Kaltdach		800
Steildach		800
Steildach mit Metalleindeckung		1'100
Steildach mit Tonziegeln oder Faserzement		500
<b>Dach nicht wärmegeklämt</b>		<b>750</b>
Flachdach		900
Steildach		600
Steildach mit Metalleindeckung		950
Steildach mit Tonziegeln oder Faserzement		400

### Aussenwandkonstruktionen

In der Tab. IV/11 sind Grauenergiewerte von typischen Fassadensanierungen ab Tragstruktur aufgeführt. Die Werte sind auf die Energiebezugsfläche bezogen. Sie gelten streng genommen nur für ein mittelgrosses (7'500 m<sup>2</sup>) Gebäude von relativer Kompaktheit. Je kleiner und je aufgelöster ein Gebäude ist, desto grösser wird der auf die Geschossfläche bezogene Anteil der Fassade.

**Tab. IV/11 Fassaden MJ/m<sup>2</sup> EBF\***

	Differenzierungen
<b>Sanierung Aussenwände</b>	<b>150</b>
Aussenwärmedämmung verputzt	100
Wärmedämmputz	300
Vorgehängte Fassaden	200
Vorgehängte Fassade Metall	350
Vorgehängte Fassade Faserzement	200
Vorgehängte Fassade Profilitglas	200
Vorgehängte Fassade Holzschalung	50
Vorgehängte Fassade Sperrholz	100
Vorgehängte Fassade Naturstein/Kunststein	250
Zweite Schale auf best. Konstruktion inkl. Dämmung	300
Beton	350
Mauerwerk	250

\* Die Werte sind auf die Energiebezugsfläche EBF bezogen. Vereinfacht kann sie als Geschossfläche ohne Untergeschoss gerechnet werden. Die Werte gelten für ein mittelgrosses Gebäude.