



Schweizerische Eidgenossenschaft  
Confédération suisse  
Confederazione Svizzera  
Confederaziun svizra

Eidgenössisches Departement für Umwelt, Verkehr, Energie und  
Kommunikation UVEK

Bundesamt für Energie BFE

## Anhang zum Schlussbericht 20. Januar 2012

---

# Systemnachweis MINERGIE-ECO

## Erweiterte Erprobungsphase

---



**Stadt Zürich**  
Amt für Hochbauten



**Auftraggeber:**

Bundesamt für Energie BFE  
Forschungsprogramm Energie in Gebäuden  
CH-3003 Bern  
[www.bfe.admin.ch](http://www.bfe.admin.ch)

**Kofinanzierung:**

Stadt Zürich Amt für Hochbauten, Lindenhofstrasse 21, Postfach, 8021 Zürich  
Verein eco-bau, c/o Naska GmbH, Röntgenstrasse 44, 8005 Zürich  
Verein MINERGIE, Geschäftsstelle, Steinerstrasse 37, 3006 Bern  
SIPAL, Place de la Riponne 10, 1014 Lausanne

**Projektbegleitung:**

BFE, Charles Filleux  
Energie Schweiz (BFE), Olivier Meile  
AHB Stadt Zürich & Eco-bau, Heinrich Gugerli  
HBA Kanton Zürich, Paul Eggimann  
Verein eco-bau, Barbara Sintzel  
Verein MINERGIE, Thomas Kühne  
ETH Zürich, Holger Wallbaum  
HBA Kanton St. Gallen, Jürg Schnyder  
BBL, Reinhard Friedli  
BAG, Roger Waeber  
SIA, Martin Lenzlinger  
CSD Bern, Urs-Thomas Gerber  
CRB, Paul Curschellas

**Auftragnehmer:**

Intep – Integrale Planung GmbH  
Dufourstr. 105  
8005 Zürich  
[www.intep.com](http://www.intep.com)

E4tech Sàrl  
Av. Juste-Olivier 2  
1006 Lausanne  
[www.e4tech.com](http://www.e4tech.com)

Etat de Vaud, Dpt des Infrastructures  
Service immeubles, patrimoine et logistique (SIPAL)  
Pl. de la Riponne 10  
1014 Lausanne  
[www.vd.ch/fr/autorites/departements/dinf/immeubles-patrimoine-et-logistique/](http://www.vd.ch/fr/autorites/departements/dinf/immeubles-patrimoine-et-logistique/)

Haute Ecole Spécialisée de Suisse Occidentale (HES-SO)  
Case postale  
1401 Yverdon-les-Bains  
[www.hes-so.ch](http://www.hes-so.ch)

**Autoren:**

Daniel Kellenberger, Intep – Integrale Planung GmbH, kellenberger@intep.com

Severin Lenel, Intep – Integrale Planung GmbH, lenel@intep.com

Madis Org, Intep – Integrale Planung GmbH, org@intep.com

Marc Grossmann, Intep – Integrale Planung GmbH, org@intep.com

Flavio Foradini, E4Tech, foradini@e4tech.com

Stéphane Citherlet, HES-SO, Stephane.Citherlet@heig-vd.ch

Didier Favre, HES-SO, didier.favre@heig-vd.ch

Yves Roulet, SIPAL, yves.roulet@vd.ch

Gregory Tornare, SIPAL, gregory.tornare@vd.ch

Markus di Paolantonio, Holliger Consult, m.dipaolantonio@holligerconsult.ch

**BFE-Bereichsleiter:** Andreas Eckmanns

**BFE-Programmleiter:** Charles Filleux

**BFE-Projekt- und Vertragsnummern:** SI/500516-01

SI/400326-04 (EnergieSchweiz)

Für den Inhalt und die Schlussfolgerungen sind ausschliesslich die Autoren dieses Berichts verantwortlich.



# MINERGIE-ECO 2011 Anhang zum Schlussbericht

Erweiterte Erprobungsphase

## Impressum

<b>Auftraggeber</b>	Bundesamt für Energie BFE Forschungsprogramm Energie in Gebäuden CH-3003 Bern
<b>Ansprechpartner</b>	Charles Filleux
<b>Auftragnehmer</b>	Intep Integrale Planung GmbH Dufourstrasse 105 8008 Zürich Tel +41 43 488 38 90 Fax +41 43 488 38 99 www.intep.com
<b>Hauptautoren</b>	Daniel Kellenberger    Dipl. Ing. ETH / Dipl. Umwelting. FH Severin Lenel            Dipl. Arch. FH/ Dipl. Umwelting. / EMBA HSG Marc Grossmann         M.Sc. Environmental Sciences ETH Madis Org                 M.Sc. Ing. ETH, M.Sc. Raumentwicklung
<b>Verteiler</b>	Auftraggeber / Kofinanzierer Projektteam / Begleitgruppe ZS MINERGIE-ECO
<b>Ort, Datum, Version</b>	Zürich, 20. Januar 2012, V 2.0

## Inhaltsübersicht

<b>A</b>	<b>Ablauf Antragstellung</b>	<b>5</b>
A.1	Das provisorische Zertifikat	6
A.2	Das definitive Zertifikat	7
<b>B</b>	<b>ECO-DLL</b>	<b>9</b>
<b>C</b>	<b>Lesosai</b>	<b>14</b>
<b>D</b>	<b>Bauteilkatalog</b>	<b>17</b>
<b>E</b>	<b>Excel-Nachweisinstrument für MINERGIE-ECO® 2011</b>	<b>18</b>
<b>F</b>	<b>Online Nachweisinstrument</b>	<b>24</b>
<b>G</b>	<b>Graue Energie der Innenwände in beheizten Zonen bei Neubauten</b>	<b>25</b>
<b>H</b>	<b>Graue Energie der Zwischendecken in beheizten Zonen bei Neubauten</b>	<b>37</b>
<b>I</b>	<b>Graue Energie der Bauteile in nichtbeheizten Zonen bei Neubauten</b>	<b>49</b>
<b>J</b>	<b>Graue Energie der Haustechnik bei Neubauten &amp; Modernisierungen</b>	<b>52</b>
<b>K</b>	<b>Die Graue Energie des Aushubs</b>	<b>56</b>
<b>L</b>	<b>Graue Energie von Innenwänden bei Modernisierungen</b>	<b>58</b>

<b>M</b>	<b>Graue Energie der Zwischendecken bei Modernisierungen</b>	<b>65</b>
<b>N</b>	<b>Fallbeispiele</b>	<b>67</b>
<b>O</b>	<b>Mustergebäude</b>	<b>72</b>
<b>P</b>	<b>Grenzwerte bei Neubauten</b>	<b>88</b>
<b>Q</b>	<b>Grenzwerte bei Modernisierungen</b>	<b>94</b>
<b>R</b>	<b>Anleitung Tageslicht-Tool MINERGIE-ECO®</b>	<b>104</b>
<b>S</b>	<b>Erweiterung des Vorgabenkataloges</b>	<b>110</b>
<b>T</b>	<b>Vorgabenkatalog Neubau</b>	<b>114</b>
<b>U</b>	<b>Vorgabenkatalog Modernisierung</b>	<b>115</b>
	<b>Literaturverzeichnis</b>	<b>116</b>

## A Ablauf Antragstellung

### Überblick

Die folgende Darstellung gibt dem Antragsteller einen Überblick über den Ablauf der Antragsstellung von der Projektierung bis zum definitiven ECO-Zertifikat. Die einzelnen Ablaufschritte (Nummern in Grafik = Kapitelnummern) stellen auch die Gliederung dieser Anleitung dar.

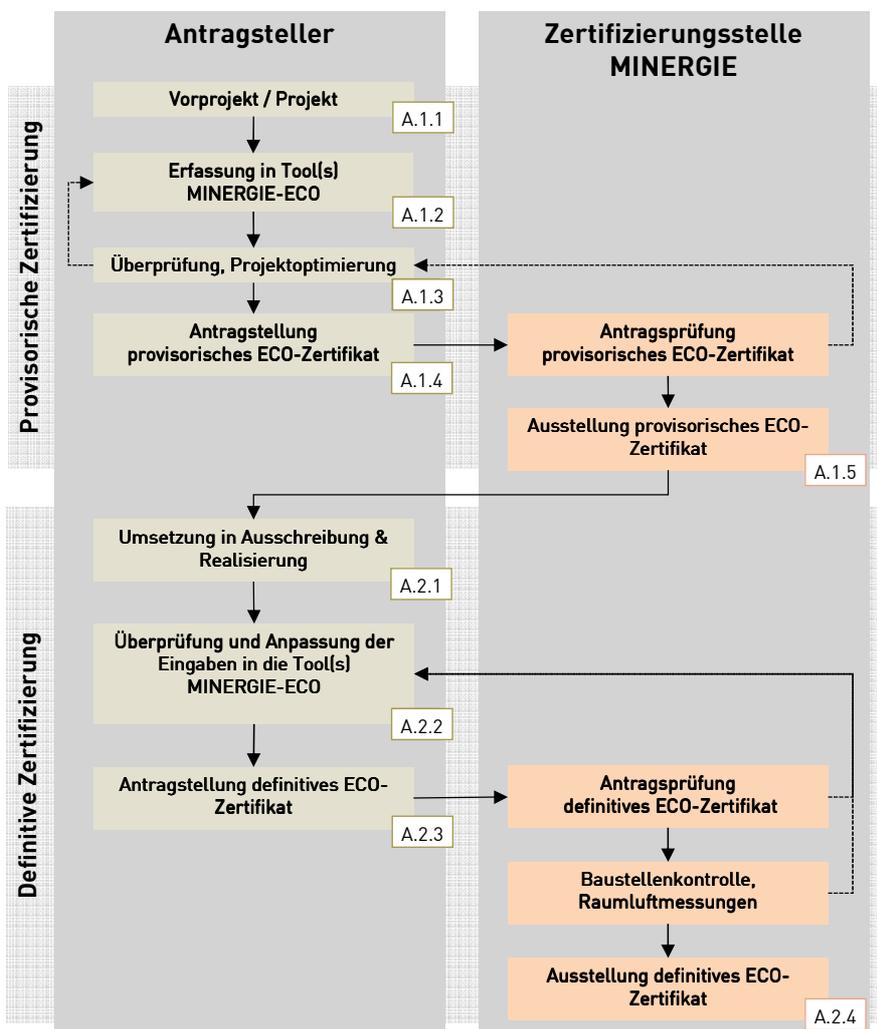


Abbildung 1: Schematischer Ablauf der Antragstellung.

Die Voraussetzung für eine Zertifizierung nach MINERGIE-(P-, A-)ECO® ist die Erfüllung der Anforderungen von MINERGIE®, MINERGIE-P® oder MINERGIE-A®. Deshalb reicht der Antragsteller die notwendigen Unterlagen an die zuständige Zertifizierungsstelle von MINERGIE® ein. Diese leitet das Dossier des ECO-Teils an die Zertifizierungsstelle MINERGIE-ECO® weiter. Die Zertifizierung von MINERGIE-ECO®-Gebäuden erfolgt – analog zu MINERGIE® – in zwei Stufen mit der Ausstellung eines:

- provisorischen Zertifikats
- definitiven Zertifikats

## A.1 Das provisorische Zertifikat

Das provisorische Zertifikat wird nach erfolgreicher Prüfung der eingereichten Unterlagen der Phase Vorprojekt/Projekt vergeben.

### A.1.1 Vorprojekt / Projekt

Der erste Schritt des Antragsstellers für eine MINERGIE-ECO® Zertifizierung ist die Erstellung eines Vorprojekts bzw. eines Bauprojektes, welches anschliessend mit Hilfe der zugelassenen Tools (siehe Abbildung auf nächster Seite) erfasst und optimiert werden kann.

### A.1.2 Erfassung in Tool(s) MINERGIE-ECO

Bereits während der Phase Vorprojekt/Projekt entscheidet sich der Antragsteller, welchen Weg er für die Berechnungen der notwendigen „Bausteine“ der ECO-Zertifizierung – Betriebsenergie, Tageslicht, Graue Energie, Vorgabenkatalog und die Bewertung/Resultate – für die Antragstellung gehen möchte.

### A.1.3 Überprüfung / Projektoptimierung

Aufgrund der Resultate aus einer ersten Bewertung sollte eine Projektoptimierung erfolgen. Die grafische Ergebnisdarstellung erlaubt das einfache Erkennen der Kriterien mit Optimierungsbedarf. Wichtig: bei einem knappen Resultat besteht die Gefahr, dass bei Korrekturen durch die Zertifizierungsstelle ein ungenügendes Ergebnis resultiert. Wir empfehlen deshalb, genügend „Spielraum“ einzuplanen.

### A.1.4 Antragstellung provisorisches ECO-Zertifikat

Falls das Nachweisinstrument die Erfüllung der Anforderungen anzeigt, kann der Antrag für das provisorische Zertifikat eingereicht werden. Folgende **Unterlagen** sind beizulegen:

- Antragsunterlagen aus dem Excel-basierten Nachweisinstrument (Wege II und III) oder aus der entsprechenden Software (Weg I) als pdf per Mail an: [eco-antrag@minergie.ch](mailto:eco-antrag@minergie.ch)
- Unterschriebener (!) Ausdruck der Antragsunterlagen per Post an die zuständige Zertifizierungsstelle mit folgenden Beilagen:
  - Für Wege II und III: Ausdruck der Berechnung Tageslichterfüllung aus dem Tageslicht-Tool MINERGIE-ECO® oder in Zukunft des SIA-eTool Licht
  - Für Wege II (Bauteilkatalog) und III: Ausdruck des Berichtes zur Berechnung des Projektwertes Graue Energie sowie der Grenzwerte
  - Situationsplan M. 1:1000 / 1:500
  - Grundrisse aller Geschosse M. 1:50/1:100
  - Schnitte M. 1:50/1:100
  - Ansichten M. 1:50/1:100
  - Grundriss Regelgeschoss HLKS M. 1:50/1:100
  - Grundriss Technikzentralen HLKS M. 1:50/1:100
  - Detailpläne der wichtigsten Konstruktionen M. 1:20 (Dach, Aussenwand über und unter Terrain, Zwischendecken, Sockel, Fundament)
  - Tageslicht-Tool MINERGIE-ECO® (Datei oder Ausdruck)

Des Weiteren wird aus dem Nachweisinstrument dynamisch eine Liste von weiteren notwendig einzureichenden Unterlagen erstellt. Diese Liste wird aus den Vorgaben, welche mit „Ja“ beantwortet wurden, generiert.

### **A.1.5 Zertifizierung**

Nach erfolgreicher Prüfung der eingereichten Unterlagen (Teil MINERGIE® und Teil ECO) wird das provisorische Zertifikat ausgestellt und die Zertifizierungsgebühr in Rechnung gestellt.

## **A.2 Das definitive Zertifikat**

In der Phase Ausschreibung/Realisierung geht es hauptsächlich um die Umsetzung der mit „Ja“ beantworteten Vorlagen aus dem provisorischen Zertifikat.

### **A.2.1 Umsetzung in Ausschreibung und Realisierung**

Alle im Nachweisinstrument mit „Ja“ beantworteten Vorgaben müssen in der Ausschreibungs- und Realisierungsphase entsprechend berücksichtigt werden.

Aus den in der provisorischen Zertifizierung bestätigten Vorgaben (mit „Ja“ beantwortet) wird für die Ausschreibungs- und Realisierungsphase automatisch eine **Checkliste** generiert, welche die für das definitive ECO-Zertifikat umzusetzenden Schritte beinhaltet. Sie enthält folgende Informationen:

- Bereit zu haltende Nachweise der Phase Ausschreibung/Realisierung
- Von der Vorgabe betroffene Gewerke (BKP-Nummer)
- Massnahmen, die in der Ausschreibung zu befolgen sind
- Massnahmen, die in der Realisierung zu befolgen sind

Diese Informationen helfen dem Antragsteller, die weitere Arbeit während der Ausschreibung und Ausführung zu koordinieren und kontrollieren.

### **A.2.2 Überprüfung und Anpassung der Eingaben in die Tool(s) MINERGIE-ECO**

Bei relevanten Änderungen im Projekt muss der Vorgabenkatalog aktualisiert, die Berechnung der Grauen Energie sowie der Grenzwerte ([www.bauteilkatalog.ch](http://www.bauteilkatalog.ch), Nachweisinstrument oder andere Software) und der Tageslichterfüllungsgrad neu berechnet werden. Diese Eingaben müssen mit aktualisierten Plänen erneut für die definitive Zertifizierung eingereicht werden (zurück zu Kapitel 2.4)

### **A.2.3 Antragstellung definitives ECO-Zertifikat**

Für die Antragstellung des definitiven ECO-Zertifikats müssen folgende Unterlagen eingereicht werden:

- Unterschriebener Ausdruck des Antrags zur definitiven Zertifizierung mit den bestätigten „Ja“-Vorgaben (entweder aus Nachweisinstrument (Weg II und III) oder aus der Software generiert (Weg I), siehe Schlussbericht MINERGIE-ECO 2011)
- Baubestätigung MINERGIE®
- Aktualisierte Gebäudepläne, falls die mit dem Antrag Vorstudie/Projektierung eingereichten Pläne nicht mehr gültig sind
- Mindestens 4 aktuelle Gebädefotos in digitaler Form
- Auf Verlangen der Zertifizierungsstelle (stichprobenartig) die in der Checkliste erwähnten Dokumente (Produkt-, Sicherheitsdatenblätter, Lieferscheine etc.)

Der Antrag für das definitive ECO-Zertifikat ist **spätestens 8 Wochen vor Abschluss der Bauarbeiten** einzureichen.

#### **A.2.4 Zertifizierung**

Nach erfolgreicher Prüfung wird das definitive Zertifikat ausgestellt und – falls zusätzliche Dienstleistungen der Zertifizierungsstelle verrechnet werden - die Schlussrechnung gestellt.

Es ist zu beachten dass die Zertifizierung erst abgeschlossen werden kann, wenn die Passivsammler für die Raumluftmessungen ausgewertet wurden und die Resultate den Anforderungen von Minergie-Eco entsprechen.

## B ECO-DLL

### Introduction

Durant son cycle de vie, un bâtiment engendre des impacts sur l'environnement. Ces impacts sont liés aux différents processus mis en œuvre, de la fabrication des matériaux nécessaires jusqu'à l'élimination des déchets résultant de la démolition du bâtiment. Il est dès lors important de choisir des matériaux peu nuisibles pour l'environnement.

Le but de ce projet consistait à:

- Développer une méthode pour calculer les impacts environnementaux d'un bâtiment neuf ou d'une rénovation conformément aux normes en vigueur.
- Implémenter cette méthode dans un moteur de calcul (dll-ECO).
- Intégrer ce moteur de calcul dans un outil de bilan thermique existant (Lesosai).
- Tester l'outil avec des études de cas afin de pouvoir définir des valeurs limites permettant de caractériser un bâtiment écologiquement bon.
- Implémenter l'évaluation de valeurs limites dans le moteur de calcul.

### Limites du système

L'écobilan réalisé par la dll-ECO prend en compte les éléments suivants:

- Matériaux de construction: enveloppe et éléments intérieurs
- Installations techniques:
  - Installations de production de chaleur
  - Installations de distribution de chaleur
  - Installations sanitaires
  - Installations électriques
  - Installations de ventilation
  - Installations solaires photovoltaïques
  - Installations solaires thermiques
- Excavations
  - Utilisation d'une pelleuse mécanique pour creuser puis remblayer
  - Transport du surplus de terre

### Cycle de vie

Les phases suivantes sont prises en compte pour les matériaux de construction et les installations techniques:

- Fabrication : cette phase concerne l'extraction des matières premières, leur transport jusqu'à l'usine ainsi que les processus mis en œuvre pour les transformer en produits finis.
- Remplacement : lorsque la durée de vie d'un composant est inférieure à celle du bâtiment, il est nécessaire de le remplacer une ou plusieurs fois. Les impacts de remplacement correspondent à la fabrication des matériaux de remplacement.
- Élimination : les déchets résultants de la démolition du bâtiment ou des composants remplacés doivent être transportés jusqu'à un site d'élimination afin d'être traités.

Les transports depuis l'usine de fabrication jusqu'au site de construction ne sont pas pris en compte pour des raisons d'équité économique liées aux accords bilatéraux signés par la Suisse.

Les impacts des combustibles ou de l'électricité consommée durant la phase d'utilisation du bâtiment (chauffage, eau chaude sanitaire, éclairage, etc.) sont également calculés mais les résultats ne sont fournis qu'à titre indicatif car ils ne rentrent pas dans le cadre d'un ecobilan Minergie ECO ou Minergie-A.

### **Données**

La dll-ECO utilise la version de janvier 2011 de la liste de recommandations du KBOB [1] en matière d'écobilans. Cette dernière répertorie environ 150 matériaux de construction et fournit des résultats d'impacts par kg de matériau produit ou éliminé. Elle regroupe également un certain nombre d'installations techniques pour lesquelles les impacts sont donnés par m<sup>2</sup> de surface de référence énergétique ou par m<sup>2</sup> de capteurs dans le cas d'installations solaires.

Quelques matériaux additionnels n'appartenant pas à la liste du KBOB [1] ont également été ajoutés. C'est le cas des maçonneries terre cuite ou silico-calcaires (mélange mortier + briques) et des bétons armés (béton + acier d'armature). Les outils de bilan thermique possèdent généralement ce genre de matériaux composés dans leur base de données locale. Il est donc nécessaire de trouver des matériaux équivalents dans la base de données d'impacts environnementaux, sans quoi les résultats risquent d'être faussés. Ces matériaux composés ont été créés de manière identique au Bauteilkatalog [2], en utilisant des données brutes provenant de la liste du KBOB auxquelles différents ratios ont été appliqués. Pour les bétons armés, la dll-ECO tient également compte de l'utilisation de panneaux de coffrage.

### **Indicateurs**

La dll-ECO fournit des résultats pour 4 indicateurs environnementaux. L'indicateur de référence permettant d'évaluer le bâtiment selon Minergie ECO ou Minergie-A est le NRE. Les autres indicateurs sont donnés à titre indicatif.

- CED: Cumulative Energy Demand. Cet indicateur représente l'énergie grise totale utilisée par un processus.
- NRE: Non renewable Energy. Il s'agit de la part non renouvelable de l'énergie grise (fossile, nucléaire et bois/biomasse provenant de forêts primaires).
- GWP : Global Warming Potential. Cet indicateur évalue la quantité d'émissions de gaz contribuant au réchauffement global de la planète (CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O, H<sub>3</sub>...). Le GWP n'est pas mesuré dans une unité absolue. Afin de l'évaluer, les émissions de CO<sub>2</sub> servent de référence. On additionne tous les gaz ayant un impact sur l'effet de serre en fonction de leur potentiel respectif. Le GWP s'exprime donc en kg de CO<sub>2</sub> noté [kg CO<sub>2</sub>-eq].
- UBP : Umwelt Belastung Punkten. Les UBP aussi appelés « Ecopoints » permettent de quantifier avec un unique indicateur les charges environnementales en tenant compte de différents paramètres comme l'effet de serre ou l'énergie grise.

### **Durée de vie des matériaux / installations techniques**

Les durées de vie des différents composants doivent être connues afin de pouvoir évaluer les impacts de remplacement. Les durées de vie suivantes ont été prises en compte pour les installations techniques :

Installations de production de chaleur	20 ans
Installations de distribution de chaleur	20 ans
Installations sanitaires	30 ans
Installations sanitaires	30 ans
Installations de ventilation	30 ans
Installations solaires photovoltaïques	30 ans
Installations solaires thermiques	20 ans

Tabelle 1: Duree de vie des materiaux / Installations techniques

La durées de vie des matériaux de construction de l'enveloppe et des éléments intérieurs est gérée en conformité aux directives de l'annexe C du cahier technique SIA2032 [4]. Ce dernier n'ayant pas été optimisé pour être utilisée de manière informatique, nous en avons extrait des règles essentielles que nous avons complétées selon les différents cas à traiter.

L'algorithme permettant de caractériser la durée de vie d'un matériau prend en compte les paramètres suivants:

- Le type d'élément de construction auquel le matériau est intégré (mur extérieur, toiture, plancher, mur intérieur, plancher intérieur).
- La situation de l'élément (contre extérieur, contre terre)
- La position du matériau dans l'élément
- Le rôle du matériau (structure porteuse du bâtiment, structure de l'élément).

### Structure de la DLL-ECO

Le moteur de calcul des impacts environnementaux se trouve dans une librairie appelé dll-ECO. Comme le montre la Figure 2, la dll-eco fonctionne de la manière suivante:

1. Elle reçoit en entrée les données concernant le bâtiment (matériaux, installations techniques et excavations) de la part du logiciel (GUI).
2. Elle effectue les calculs d'impacts pour l'écobilan du bâtiment en extrayant les valeurs d'impacts d'une base de données locale
3. Elle retourne les résultats calculés au logiciel (GUI).

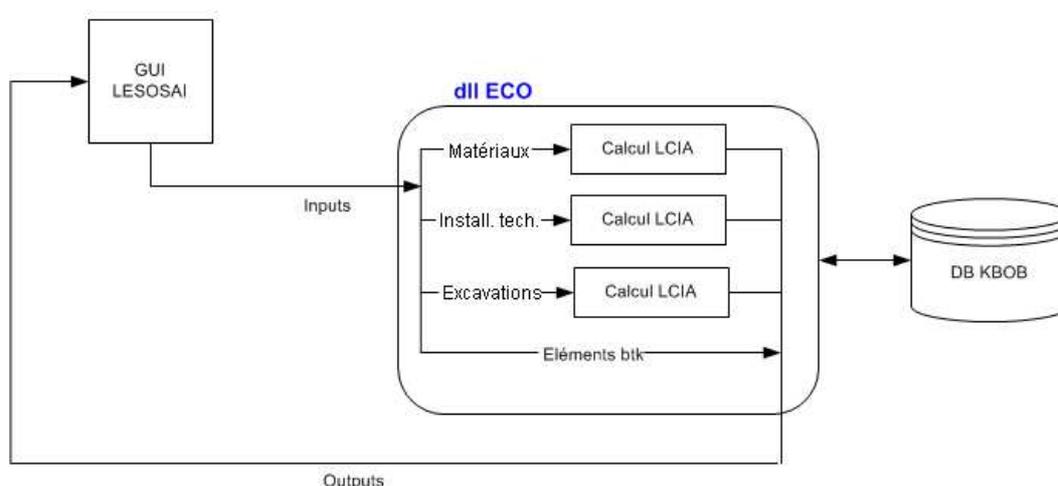


Abbildung 2: Structure de la dll-ECO

Le format des données d'entrées (inputs) et des résultats (outputs) est détaillé dans le manuel d'utilisation de la dll-ECO.

### **Intégration dans Lesosai**

Lesosai dispose d'une base de données de matériaux de construction très volumineuse. Il s'agit de matériaux génériques ou de produits spécifiques provenant de différents fabricants. Afin de pouvoir effectuer l'écobilan d'un bâtiment modélisé à l'aide de Lesosai, il était nécessaire de lier ces matériaux à ceux de la base de données d'impacts environnementaux. Dans certains cas, il n'a pas été possible de trouver de correspondances. En effet la liste du KBOB [1] est très limitée en ce qui concerne les isolants naturels ou les revêtements de sol. Lorsqu'on réalise un écobilan, il faut dès lors attacher un soin particulier à utiliser uniquement les matériaux pour lesquels on dispose de données environnementales. Les liens manquants pourront être ajoutés lorsque de nouvelles versions plus complètes de la liste du KBOB [1] verront le jour.

L'éditeur d'éléments de construction de Lesosai permet de définir les différentes couches ainsi que leur épaisseur. Les couches faisant partie de la structure porteuse de l'élément ou de la structure de l'élément doivent être spécifiées par l'utilisateur. Dans le cas de rénovations, les couches rénovées doivent également être spécifiées.

Les paramètres liés aux installations techniques peuvent être définis dans les modules HVAC liés à une zone (production et distribution de chaleur, ventilation), dans les propriétés du bâtiment (installations électriques) ou dans les propriétés des modules solaires thermiques et PV. Plus de détails concernant la saisie des données sont disponibles dans l'aide de Lesosai.

### **Affichage des résultats**

La dll-ECO fournit des résultats numériques globaux relatifs aux impacts des matériaux de construction, des installations techniques et des excavations. Le logiciel utilisant la dll-ECO est libre d'afficher ces résultats comme il le désire. Toutefois, afin de simplifier la tâche de ces logiciels, la dll-ECO fournit également une interface graphique permettant de visualiser rapidement l'essentiel des résultats, sous forme de tableaux ou de graphiques (Figure 3).

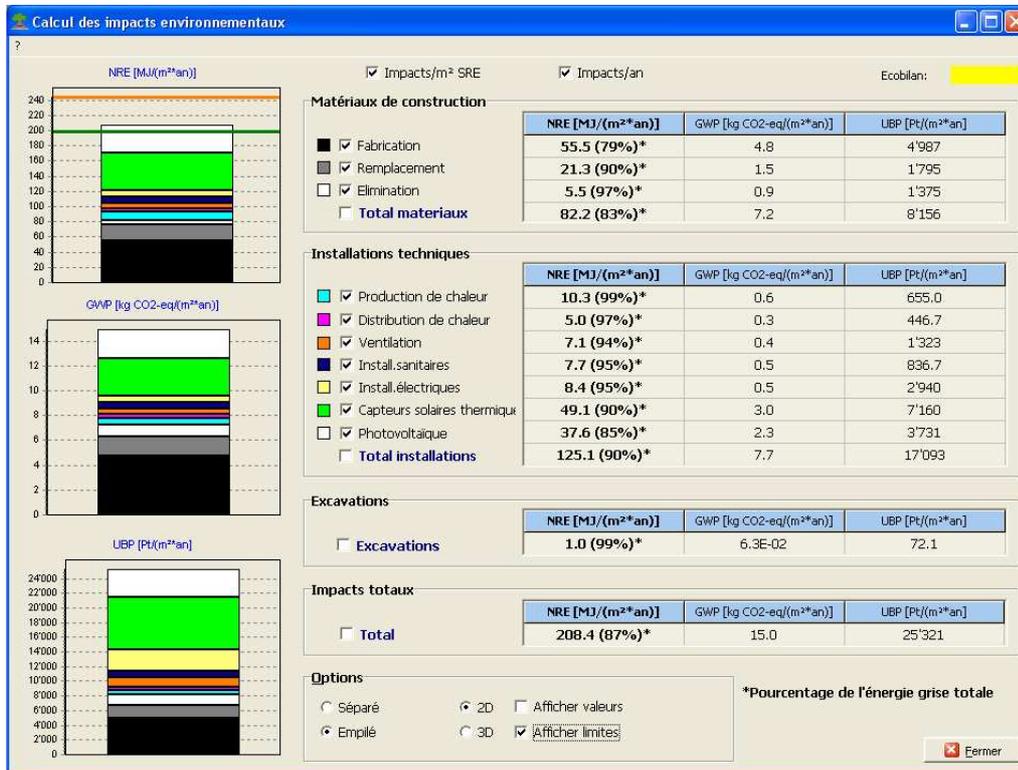


Abbildung 3: Affichage des résultats

La dll-ECO se charge également d'évaluer les valeurs limites permettant de caractériser un bâtiment bon ou acceptable au niveau de l'énergie grise. Ces limites sont dynamiques et dépendent de différents paramètres : type(s) d'affectation(s) du bâtiment et surface de chaque zone. Les projets de rénovation prennent également en compte la surface totale par type d'élément de construction (murs, planchers, etc.). La Figure 4 illustre l'énergie grise totale d'un bâtiment ainsi que les limites inférieures et supérieures telles qu'elles sont présentées dans le rapport Minergie ECO généré par Lesosai [5].

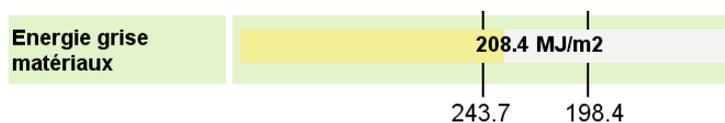


Abbildung 4: Rapport Minergie ECO

### Validation des résultats

Le bâtiment test „Mustergebäude“ élaboré par INTEP a été modélisé dans Lesosai [5]. La composition des éléments de construction, le volume des excavations ainsi que les installations techniques ont été paramétrés. Il a dès lors été possible de comparer les résultats obtenus par INTEP en calculant manuellement les impacts du bâtiment aux résultats fournis par la dll-ECO intégrée dans Lesosai. La différence entre l'énergie grise totale calculée par les deux méthodes était inférieure à 1% et peut être expliquée par des arrondis pris en compte lors du calcul manuel.

## C Lesosai

### Travaux effectués

Lesosai a été adapté aux besoins de MINERGIE-ECO® 2011. Le travail a été effectué en grosse partie en utilisant des fonds propres. Lesosai 7.1 [5] était prêt le 8 mars 2011 pour le lancement officiel du label à Lucerne.

Les travaux effectués ont été:

1. Intégration de la nouvelle liste du Vorgabenkatalog
2. Intégrer la méthode simplifiée de création des murs internes (compris les constructions prédéfinies):

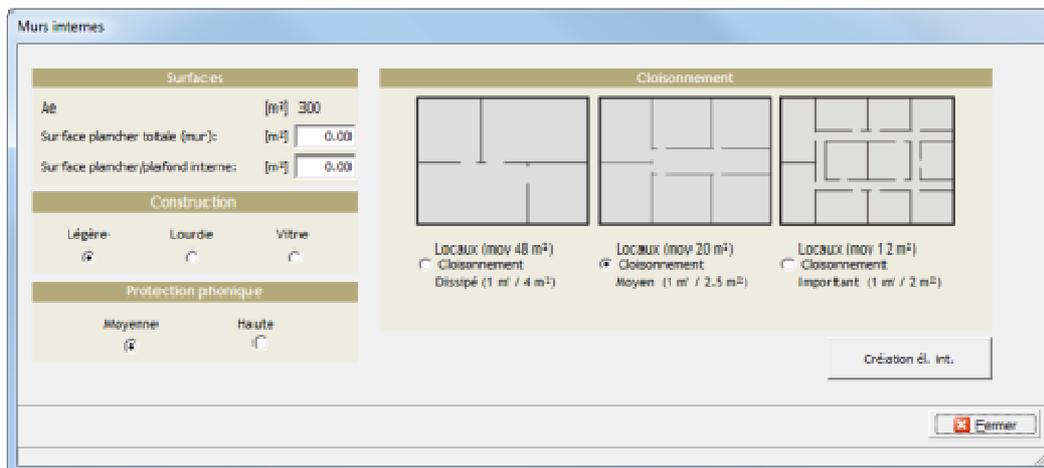


Abbildung 5: Vereinfachte Erfassung der Innenwände in Lesosai 7.1.

3. Complété les écrans des questions pour la demande de label: Adresses (architectes, planificateur CVC, facturation, surveillance des chantiers), les questions pour la demande de label
4. Adapté les calculs du module SIA380/4 [6] de Lesosai au "Tageslicht-Tool" de MINERGIE-ECO®
5. Intégrée la nouvelle DLL ECO qui est complètement compatible avec la SIA2032 [4] pour les nouveaux bâtiments et les rénovations.
6. Adapté les bases de données de Lesosai à la nouvelle liste du KBOB
7. Intégré et traduit dans 4 langues (Allemand, Italien, Français et Anglais) le rapport officiel:
8. Intégré l'exportation vers le fichier excel de certification de Minergie-ECO

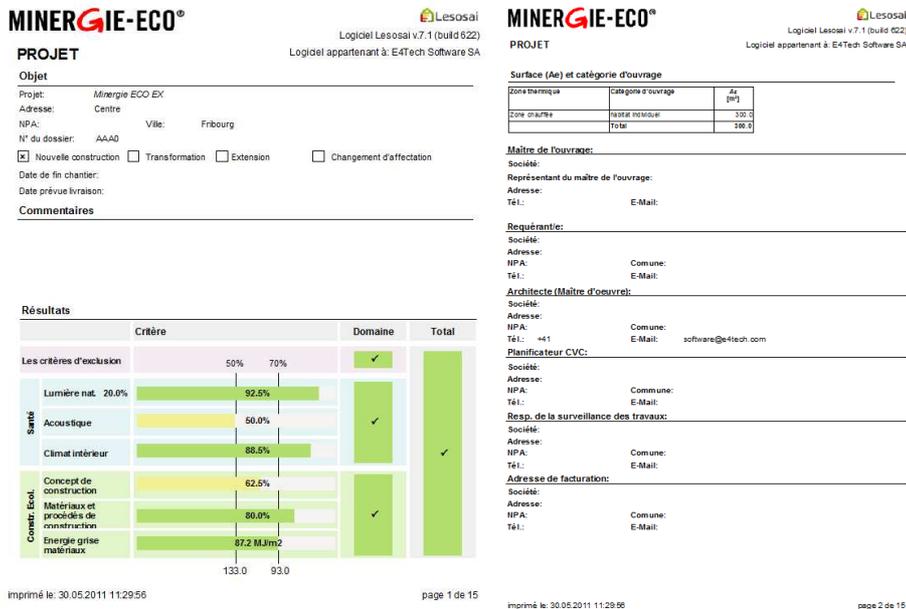


Abbildung 6: La version de Lesosai a utiliser pour le label MINERGIE-ECO® 2011 est la 7.1 ou plus nouvelle.

### Vorgehen in Lesosai

Die in Lesosai notwendigen Module für den Nachweis MINERGIE-ECO® 2011 sind:

- Basismodul
- Klimadaten-Modul SIA 2028 [7]
- Stündliches Modul & SIA 380/4 [6]
- Module ECO (nicht obligatorisch, aber notwendig um das Optimierungspotential der Materialien untersuchen zu können)

### MINERGIE® Nachweis

MINERGIE® bzw. MINERGIE-P® wird als Nachweismethode ausgewählt. Das Gebäude wird gemäss der Norm aufgebaut. Die Bauteile (Wände, Türen, etc.) müssen alle Materialschichten beinhalten.

Zudem müssen Innenwände und Bodenplatten eingegeben werden. Anschliessend wird der Bedarf an Grauer Energie und Heizenergie optimiert, indem die Abmessungen der Fenster und die Materialien der Wände geändert werden. Vergessen Sie nicht die tragende Schicht (siehe Beschreibung im Kapitel Lebenszyklus-Berechnung) und, im Fall einer Sanierung, die auszuwechselnden Schichten anzugeben.

### Berechnung des Tageslichtanteils

Schalten Sie das Programm auf SIA 380/4 [6] Beleuchtung, geben Sie die Raumaufteilung ein und weisen Sie die entsprechenden Fenster zu. Optimieren Sie den Tageslichtteil indem Sie die Fenster und das künstliche Licht anpassen. Der Grenzwert, um in den grünen Bereich zu gelangen, ist ein Deckungsgrad von 70%. Ab 50% gilt der gelbe Bereich. Maximal 35% der Geschossfläche darf weniger als 50% Tageslichtanteil aufweisen. Im Rahmen der Berechnung der Tageslichtbeleuchtung hat die Beleuchtungsnagelritze keine Auswirkung, also können Sie

das Szenario mangels lassen! Bei Sanierungen wird im Fenster eco mittels eines Fragebogens ermittelt, ob die Berechnung des Tageslichtanteils notwendig ist.

Daraus resultiert der Bericht SIA 380/4 [6] Beleuchtung.

### **Haustechnik**

Um die haustechnischen Anlagen zu bestimmen, muss SIA 2031 [8] ausgewählt werden. Das HVAC (für die Heizung und die Ventilation) und die thermischen Sonneneinrichtungen (mit Empfänger) und die fotovoltaischen Sonneneinrichtungen schaffen, wenn sie bestehen, und in Norm MINERGIE® oder MINERGIE-P® zurückzukommen, um die vereinfachten Bildschirme zu vervollständigen. Das Niveau der Einrichtung wird elektrisch im Gebäude festgelegt.

Daraus resultiert der ECO-Bericht.

### **Fragebogen**

Gehen Sie zurück zum Nachweis von MINERGIE® bzw. MINERGIE-P® und lösen Sie die Berichterstellung aus, indem Sie folgende Auswahl treffen:

Ergänzen Sie die fehlenden administrativen Angaben. Beantworten Sie die Fragen auf Seite 2 und die beiden Fragenkataloge, welche sich in folgendem Verzeichnis befinden (Die Integration in Lesosai ist im ersten Halbjahr 2011 geplant):

- - Checkliste Schall
- - Checkliste Wasser

→ in <http://www.minergie.ch/minergie-ecop-eco.html>

Aus der beantwortet Vorgaben ergibt sich ein weiterer Bericht.

Die drei Berichte (SIA 380/4 Beleuchtung, Eco-Bericht und Vorgabenkatalog), sowie die Lesosai-Datei \*IhrProjekt\*.bld müssen an die Zertifizierungsstelle eingereicht werden.

Es ist vorgesehen Ende 2011 eine Online-Zertifizierung und eine xml-Schnittstelle zwischen Lesosai und der offiziellen MINERGIE-ECO®-Webseite einzurichten.

## D Bauteilkatalog

Der webbasierte und dynamische Bauteilkatalog ist der zeitgemässe Ersatz der SIA Dokumentation D0 123. Der Internet-Benutzer kann Bauteile z.B. Zweischalenmauerwerk aus dem Katalog wählen und dynamisch die Ausführungsvariante durch das Ändern einzelner Materialien und Schichtdicken bestimmen.

Per Mausklick werden U-Wert und aktuelle ökologische Kennwerte (UBP 06, Graue Energie und Treibhauseffekt) berechnet und tabellarisch, sowie grafisch dargestellt. Diese online generierten Resultate stehen dem Anwender einerseits im PDF-Format zum Ausdrucken sowie mittels XML-Schnittstelle auch elektronisch (download) für entsprechend ausgerüstete Software (SIA 380/1 etc.) zur Verfügung.

Das Modul „EXPERT MINERGIE Graue Energie“ ermöglicht die Gegenüberstellung des projektspezifischen Grenzwertes 1+2 (MINERGIE-ECO®) sowie des berechneten Projektwertes Graue Energie MJ/m<sup>2</sup>a (MINERGIE-ECO® und MINERGIE-A®)

Der Benutzer wählt aus den verschiedenen Katalogen die entsprechenden Bauteile aus und editiert insbesondere den Wärmedämmstoff und die Dämmstärke und speichert das Bauteil mit der entsprechenden Bauteilmenge ab.

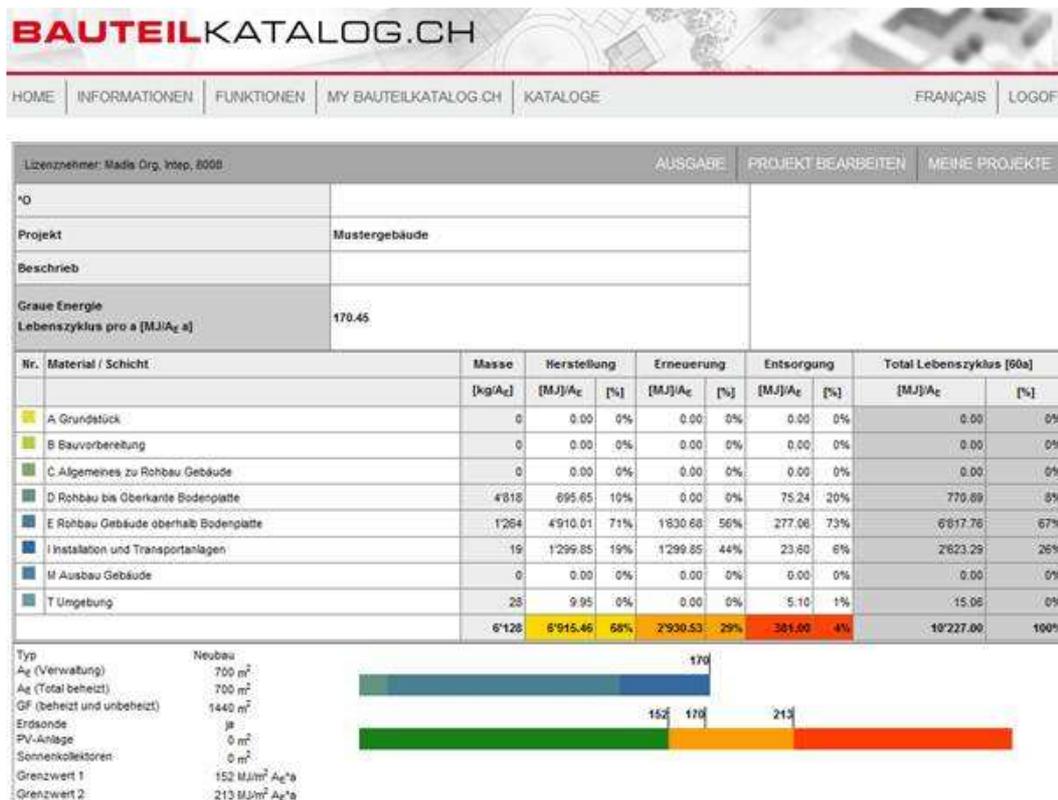


Abbildung 7 Darstellung der Resultate gegliedert nach Material/Schicht

Die Darstellungsoptionen „Auswertung Bauteile“ und „Auswertung Baustoffe“ ermöglichen dem Anwender eine Optimierung vorzunehmen.

## E Excel-Nachweisinstrument für MINERGIE-ECO® 2011

### Einleitung

Diese Anleitung bezieht sich auf die einzelnen Arbeitsblätter des neuen Excel-Nachweisinstrumentes MINERGIE-/-P/-A-ECO® 2011 Version 3. Dieses Nachweisinstrument ist bis zur Fertigstellung des Online Nachweisinstrumentes eine provisorische Lösung. Das Tool kann [hier](#) heruntergeladen werden.

Es wird grundsätzlich empfohlen das Dokument mit MS Excel 2007 oder neuer zu verwenden. Mit MS Excel 2003 braucht jeder Berechnungsgang viel Geduld. Nach der Eingabe oder Korrektur eines Wertes oder bei der Eingabe einer Antwort bei den Vorgabenkatalogen muss entsprechend lange gewartet werden!

Aufgrund vieler kleiner Inkompatibilitäten empfehlen wir das Nachweisinstrument nicht auf Apple Computer zu verwenden.

Bedeutung der Zellenfarben im Nachweisinstrument:

 Obligatorisches Feld	Rot hinterlegte Zellen sind zwingend auszufüllen
 Fakultatives Feld	Blau hinterlegte Zellen sind optional auszufüllen
 Auszufüllendes Feld	Grün hinterlegt Zellen bezeichnen Eingabe- oder Auswahlfelder
 Resultatfeld	Grau hinterlegte Zellen bezeichnen Zellen mit automatisch errechneten/generierten Werte oder Informationen die vom Antragssteller nicht verändert werden können

### Allgemeines: Ablauf

Eine detaillierte Beschreibung des Ablaufes zur Erlangung des MINERGIE /-P/-A-ECO® 2011 Zertifikates ist im Dokument „Ablauf Antragsstellung“ zu finden und kann [hier](#) heruntergeladen werden.

Je nach Projektstand (Projektierungs- oder Realisierungsphase) werden unterschiedliche Zertifikate angestrebt (provisorisches oder definitives Zertifikat). Entsprechend sind auch unterschiedliche Arbeitsblätter im Nachweisinstrument zu bearbeiten:

1. Projektierungsphase (für das provisorische Zertifikat). Folgende Eingabeblätter sind zwingend oder fakultativ auszufüllen:
  - Objektdaten – zwingend
  - Ausschlusskriterien – zwingend
  - Tageslicht – zwingend
  - Tageslicht-Tool – fakultativ (oder ausgefülltes Extra-Formular)
  - Schallschutz – zwingend
  - Haustechnik – zwingend
  - Innenraumklima – zwingend
  - Gebäudekonzept – zwingend

- Trinkwasser – zwingend
  - Materialien & Bauprozesse – zwingend
  - Relevante Bestandteile und Entsorgung – zwingend
  - Graue Energie – zwingend
  - Provisorischer Antrag – zwingend
2. Realisierungsphase (für das definitive Zertifikat):
- Massnahmenliste für die Ausführung - fakultativ
  - Änderungen in der Realisierungsphase – erforderlich
  - Definitiver Antrag – erforderlich

### **Allgemeines zur Navigation**

Die Navigation zwischen den einzelnen Arbeitsblättern kann entweder über die violett eingefärbte Navigationsleiste im obersten Teil der Ansicht oder über die Arbeitsblätter (Tabs) im untersten Bereich der Ansicht erfolgen.

### **Arbeitsblatt "Objektdaten", Eingabefelder**

1. Eingabe der Objektbezeichnung mit den entsprechenden Adressinformationen
2. Auswahl des Projekt-Typs: Hier kann zwischen „Neubau“ und „Modernisierung“ gewählt werden. Eine Modernisierung nach MINERGIE® erfordert eine tiefe Eingriffstiefe (Pinselfassadenrenovation reicht z.B. nicht). Von einem Neubau wird gesprochen wenn alle Bauteile (z.B. Fassade) neu erstellt werden. Falls das Projekt sowohl einen Neubau als auch eine Modernisierung enthält, so müssen zwei Anträge eingereicht werden. Zur Erlangung des Zertifikates müssen beide erfüllt werden.  
Die Wahl des Projekt-Typs beeinflusst die Vorgabenlisten die zu bearbeiten sind (siehe Unterkapitel Arbeitsblätter "Ausschlusskriterien", „Schallschutz“, „Innenraumklima“, „Gebäudekonzept“, „Materialien & Bauprozesse“), sowie die Grenzwertberechnung der Grauen Energie (siehe Unterkapitel Arbeitsblatt „Graue Energie“).
3. MINERGIE® Standard: Hier muss zwischen den Energiestandards MINERGIE®, MINERGIE-P® oder MINERGIE-A® Projekt gewählt werden. Diese Information wird zur Berechnung des Grenzwertes der Grauen Energie (siehe Unterkapitel Arbeitsblatt „Graue Energie“) sowie zur Berechnung der Zertifikatsgebühren, die im MINERGIE-/P/-A-ECO® 2011 Antrag erscheinen, verwendet (siehe Unterkapitel Arbeitsblatt „Provisorischer Antrag“).
4. Weitere Objektdaten (geplante Fertigstellung und Bezug des Bauwerkes, Bauweise, Anwendung) bieten der Zertifizierungsstelle wichtige Informationen für Analysen (Statistik). Folgende Bauweisen stehen zur Auswahl:
  - Massiv: Gebäude komplett aus Beton/Mauerwerk/2-schaliges Mauerwerk
  - Massivbau: Wände aus Mauerwerk/Beton mit leichter Fassadenbekleidung
  - Mischbau: z.B. Holzelement-Aussenhülle mit Massivdecken und massiver Tragstruktur
  - Leichtbau: Tragstruktur aus Holz oder Stahl mit leichter Aussenhülle z.B. Holzelement
5. Eingabe der Informationen zu Antragsteller/in, Bauherrschaft, HLKS-Planer/in, Fachplaner/in Akustik. Dies sind zwingend einzugebende am Projekt beteiligte Personen und müssen sowohl den provisorischen als auch zu einem späteren Zeitpunkt den definitiven Antrag unterschreiben.
6. Eingabe der Informationen zum Architekt, zur örtlichen Bauleitung, zur Rechnungsadresse und zur Bauherrenvertretung. Dies sind fakultative Eingaben. Die Rechnungsadresse muss nur dann ausgefüllt werden, wenn sie sich von der Adresse des Antragstellers unterscheidet.
7. Bestätigung dass man mit dem Nutzungs- und Gebührenreglement von MINERGIE-/P/-A-ECO® 2011 einverstanden ist.

8. Bemerkungsfeld: Hier kann beliebige Informationen eingegeben werden welche für die Beurteilung des Objektes durch die Zertifizierungsstelle wichtig sein könnte.

#### **Arbeitsblatt "Objektdaten", Ergebnisse und Wegleitung im Nachweisprozess**

1. Der untere Teil des Arbeitsblattes „Objektdaten“ enthält eine Zusammenfassung der Ergebnisse für den Antrag in der Projektierungsphase. Die Resultate sind in „Bereiche“ und „Gesamt“ dargestellt. Die Zeile unterhalb „Grauen Energie Baustoffe“ präsentiert die objektspezifischen Grenzwerte für die Graue Energie.
2. Die Spalte „Wegleitung im Nachweisprozess“ gibt einen Überblick über die noch zu erledigenden Aufgaben.

#### **Arbeitsblätter "Ausschlusskriterien", „Schallschutz“, „Innenraumklima“, „Gebäudekonzept“, „Materialien & Bauprozesse“**

Die Vorgabekataloge für Modernisierung und Neubau können im pdf-Format heruntergeladen werden ([hier](#)). Die Kataloge sind nach denselben Kategorien wie im Nachweisinstrument gegliedert. Diese Vorgaben sind in der Projektierungsphase zu bearbeiten. Aus allen „Ja“ - Antworten wird automatisch eine Liste der zwingend einzureichenden Dokumente generiert. Diese Liste erscheint dann im provisorischen Antrag.

1. Die Nummer in der ersten Spalte der Vorgabekataloge erlaubt eine eindeutige Identifizierung. Der erste Buchstabe repräsentiert die Vorgabekategorie (z.B. S – Schallschutz), der zweite Buchstabe den Vorgabentyp (N – Neubau, M – Modernisierung) und die Nummer am Schluss die Vorgabe in der jeweiligen Kategorie
2. Die Spalten „Thema“, „Vorgabe“ und „Bemerkungen“ beschreiben die zu beachtenden Vorgaben und die Spalte „Dokumentation“ die einzureichenden Dokumente
3. Die Spalte „Antwort“ enthält die Auswahl der möglichen Antworten: „Ja“, „Nein“ oder „Nicht anwendbar“. Jede Vorgabe muss mit einer Antwort versehen werden
4. Die Spalte „Bemerkungen Antragssteller“ dient dazu, Kommentare einzugeben, welche der Zertifizierungsstelle die Kontrolle vereinfacht, indem es Bemerkungen zur Antwort enthält oder auf Beilagen verweist. Diese Kommentare erscheinen dann zusammen mit den Vorgaben und den Antworten auf dem eigentlichen provisorischen Antrag

#### **Arbeitsblätter "Tageslicht" und „Tageslicht-Tool“**

Der Antragsteller hat die Wahl, die berechneten Tageslichterfüllungswerte aus einer externen Berechnung zu übernehmen, oder die Werte direkt im Arbeitsblatt „Tageslicht-Tool“ zu berechnen. Die Anleitung für Tageslicht-Tool kann [hier](#) heruntergeladen werden.

Bei Modernisierungen kann ein Ergebnis von 50% erreicht werden, wenn alle fünf Bedingungen auf dem Arbeitsblatt „Tageslicht“ mit „Ja“ beantwortet werden. Damit erspart sich der Antragsteller die Berechnung welche eine detaillierte Erfassung voraussetzen würde.

Der untere Teil des Arbeitsblattes „Tageslicht“ (Photos) bezieht sich nur auf Modernisierungen (Auswahl der Anteil der Fensterflächen) und kann für Neubauten vernachlässigt werden. Er dient zur Korrektur der Grenzwerte.

#### **Arbeitsblatt "Graue Energie“**

Hier wird das Ergebnis der Grauen Energie für das Objekt sowie die notwendigen Eingaben zur Berechnung der Grenzwerte für die Graue Energie eingegeben. Das Nachweisinstrument selbst erlaubt keine Berechnung der Grauen Energie. Dafür muss eine zugelassene Software

benutzt werden. Die Anleitung zur Berechnung der Grauen Energie kann [hier](#) heruntergeladen werden.

Zur Berechnung der Grenzwerte sind folgende Angaben notwendig:

1. Die Energiebezugsfläche  $A_E$  muss für jede Nutzung im Gebäude erfasst werden. Falls das Objekt eine Nutzung enthält, die nicht Wohnen, Verwaltung oder Schule zugeordnet werden kann, so muss die Zertifizierungsstelle kontaktiert werden: Zusammen wird dann das weitere Vorgehen beschlossen
2. Weiter muss die Geschossfläche (GF) eingegeben werden. Dabei ist zu beachten dass die Geschossfläche mindestens grösser oder gleich ist wie die Energiebezugsfläche
3. Falls das Objekt eine Erdsonde, eine PV-Anlagen und oder Sonnenkollektoren besitzt so muss die entsprechende Information eingegeben werden. Dies sind bei der PV-Anlage und den Sonnenkollektoren die Fläche und bei der Erdsonde das Vorhandensein
4. Falls es sich um eine Modernisierung handelt, werden zusätzliche Informationen abgefragt. Dies sind alle Bauteilflächen die modernisiert werden. Weiter werden die Haustechnikteile abgefragt, welche ersetzt oder neu eingebaut werden
5. Zuerst auf dem Arbeitsblatt werden die Ergebnisse der Grenzwertberechnung dargestellt

#### Arbeitsblätter Haustechnik, Trinkwasser, Umwelt- und entsorgungsrelevante Bauteile

Einige Vorgabe können nur anhand von Checklisten beantwortet werden. Diese Checklisten sind im Nachweisinstrument integriert. Eine Zusammenfassung der Checklisten und der jeweiligen Vorgaben ist in der folgenden Tabelle dargestellt:

Checkliste	Vorgaben (Projekttyp = Neubau)	Vorgaben (Projekttyp = Modernisierung)
<a href="#">Schallschutz Haustechnik</a>	SN05, SN06	SM05, SM06
<a href="#">Effizienter Einsatz von Wasser</a>	GN09, GN10	GM09, GM10
<a href="#">Umwelt- &amp; entsorgungsrelevante Bauteile</a>	MN17, MN18, MN19, MN20	MM17, MM18, MM19, MM20

Tabelle 2: Übersicht der integrierten Checklisten beim Excel Nachweisinstrument.

Die Checklisten sind ähnlich aufgebaut wie die Vorgabenlisten. Der grösste Unterschied liegt in der unterschiedlichen Gewichtung der Vorgaben innerhalb einer Checkliste. Jede Vorgabe hat eigene Grenzwerte. Im Fall der Checklisten „Schallschutz Haustechnik“ und „Effizienter Einsatz von Wasser“ werden die Punkte, die mit „Ja“ beantwortet wurden, zusammengezählt und mit den Grenzwerten verglichen. Wenn die Summe den jeweiligen Grenzwert übersteigt wird diese Vorgabe automatisch mit „Ja“ beantwortet. Im Fall der Checkliste „Umwelt- und entsorgungsrelevante Bauteile“ ist das Vorgehen umgekehrt. Alle Vorgaben die mit „N/A“ und „Nein“ beantwortet wurden werden zusammengezählt. Falls diese Summe kleiner oder gleich ist wie der jeweilige Grenzwert so wird diese Vorgabe automatisch mit „Ja“ beantwortet.

### **Arbeitsblatt „Provisorischer Antrag“**

Der letzte Schritt in der Projektierungsphase (provisorischer Antrag) ist der Ausdruck des eigentlichen Antrags. Dies erfolgt indem auf dem Arbeitsblatt „Provisorischer Antrag“ der Druckvorgang über „Datei“ und dann „Drucken“ mit den vorgegebenen Einstellungen ausgelöst wird.

Es erscheinen dabei folgende Informationen im Bericht:

1. Objektdaten
2. Bemerkungen des Antragstellers
3. Ergebnisübersicht für die Projektierungsphase
4. Alle im Arbeitsblatt „Projektdaten“ eingegebenen am Projekt beteiligte
5. Zertifizierungsgebühren (werden mit der Abgabe des provisorischen Zertifikates fällig)
6. Rechnungsadresse
7. Eine Liste den zwingend einzureichenden Unterlagen
8. Diverse auf den Antrag bezogene Bestätigungen
9. Vorgabenliste mit Antworten und Bemerkungen des Antragstellers

### **Arbeitsblatt „Massnahmenliste“**

Das Arbeitsblatt „Massnahmenliste“ erlaubt dem Antragsteller jederzeit eine Liste der erforderlichen Massnahmen aufgrund der „Ja“-Antworten auszudrucken. Diese Massnahmenliste enthält folgende Informationen:

1. Objektdaten
2. Eine Liste der Massnahmen bezüglich der umwelt- und entsorgungsrelevanten Bestandteile welche aufgrund der entsprechenden „Ja“-Antworten generiert wurde.
3. Eine Liste der Massnahmen welche aus den Antworten der Vorgaben „Ausschlusskriterien“, „Schallschutz“, „Innenraumklima“, „Gebäudekonzept“ und „Materialien und Bauprozesse“ generiert wird. Diese enthalten Massnahmen welche für die Ausschreibungs- und Realisierungsphase von Wichtigkeit sind.

### **Arbeitsblatt „Realisierung“**

Die Grundlage für definitiven Antrag ist das Arbeitsblatt „Realisierung“. Hier müssen entweder die Kriterien und Vorgaben aus der Projektierungsphase bestätigt (Spalte Phase I) oder korrigiert werden. Die Antworten aus dem provisorischen Zertifikat sind in den grau hinterlegten Zellen als Referenz eingefügt. Allfällige Änderungen in der Ausschreibungs- und Realisierungsphase müssen in der Spalte „Phase II“ eingegeben werden. Falls es keine Änderungen gegeben hat ist auch kein Eintrag in „Phase II“ notwendig. Im definitiven Antrag erscheint eine Liste aller „Ja“-Antworten mit den entsprechenden Massnahmen.

### **Arbeitsblatt „Definitiver Antrag“**

Der letzte Schritt in der Realisierungsphase ist der Ausdruck des definitiven Antrags. Dies erfolgt indem auf dem Arbeitsblatt „Definitiver Antrag“ der Druckvorgang über „Datei“ und dann „Drucken“ mit den vorgegebenen Einstellungen ausgelöst wird.

Es erscheinen dabei folgende Informationen im Bericht:

1. Objektdaten
2. Bemerkungen des Antragstellers
3. Ergebnisübersicht für die Realisierungsphase
4. Alle im Arbeitsblatt „Projektdatei“ eingegebenen am Projekt beteiligte
5. Zertifizierungsgebühren (werden mit der Abgabe des provisorischen Zertifikates fällig)
6. Rechnungsadresse
7. Eine Liste der zwingend einzureichenden Unterlagen. Diese Liste entsteht aus den Änderungen der Antworten zwischen provisorischem und definitivem Antrag.
8. Diverse auf den Antrag bezogene Bestätigungen
9. Vorgabenliste mit allen Vorgaben, die mit „Ja“ in der Ausschreibungs- und Realisierungsphase beantwortet wurden (oder mit einem unverändertem „Ja“ aus der Projektierungsphase). Die Umsetzung der dazugehörigen Massnahmen muss vom Antragssteller bestätigt werden.

## **F Online Nachweisinstrument**

Das alte Nachweisinstrument für die MINERGIE-ECO® Zertifizierung wurde 2006 entwickelt und bis 10. März 2011 aktualisiert (Version 2.5). Anfang 2012 wird das Nachweisinstrument durch ein Online Nachweisinstrument ersetzt. Dieses liegt zum Zeitpunkt der Fertigstellung des Schlussberichtes noch nicht vor.

## G Graue Energie der Innenwände in beheizten Zonen bei Neubauten

Als Grundlage für alle Berechnungen in diesem Kapitel dient die KBOB Liste mit Stand März 2010 [3].

Zu den Innenwänden werden die Wände gezählt, welche den Raum in der Vertikalen teilen und nicht zur äusseren Bauhülle gehören. Trennwände zwischen Wohnungen werden in der Regel aufgrund der höheren Anforderungen an den Schallschutz massiver gebaut. Die Berechnung der Grauen Energie von Innenwänden hängt von zwei Hauptfaktoren ab:

- Konstruktionstyp
- Schallschutzanforderung

Folgende **Konstruktionstypen** werden dem Nutzer von MINERGIE-ECO® 2011 zur Auswahl gegeben:

- Leichtbau mit Tragkonstruktion, Dämmung und Beplankung aus Gipsbaustoffen
- Massivbau aus Back- oder Kalksandstein und beidseitigem Verputz
- Glasbau mit Alurahmen und einfacher- oder doppelter Verglasung

Die **Schallschutzanforderungen** entsprechen der SIA-Norm 181 [9] und sind in Tabelle 3 dargestellt.

	Mindestanforderung		Erhöhte Anforderung	
	Wohnen + Verwaltung	Schulen	Wohnen + Verwaltung	Schulen
Luftschall ( $D_i \geq$ ) <sup>1</sup>	52 dB	57 dB	57 dB	62 dB
Trittschall ( $L'$ ) <sup>2</sup>	53 dB	48 dB	48 dB	43 dB

Tabelle 3: Schallschutzanforderungen nach SIA 181.

Folgende Schallschutzstandards werden dem Nutzer zur Auswahl gegeben:

- Erhöhte Schallschutzanforderungen: Hier ist beim Leichtbau eine schwere Füllung als Dämmung sowie eine doppelte Beplankung vorgesehen; Massivbaukonstruktionen werden dicker ausgeführt
- Mindestanforderungen an den Schallschutz: Hier ist keine spezielle Dämmung vorgesehen, und die Konstruktionen sind dünner dimensioniert

Aus der Kombination der beiden Hauptfaktoren Konstruktionstyp und Schallschutzanforderungen entstehen 5 **Innenwandkategorien**, die dem Nutzer zur Auswahl stehen. Die 5 Kategorien sind:

<sup>1</sup> Bewertete Standard-Schallpegeldifferenz

<sup>2</sup> Bewerteter Standard-Trittschall

1. Leichtbau – Mindestanforderungen
2. Leichtbau – Erhöhte Anforderungen
3. Massivbau – Mindestanforderungen
4. Massivbau - Erhöhte Anforderungen
5. Glasbau – Mindestanforderungen

In der Tabelle 4 wird eine Übersicht über die untersuchten Innenwandbauteile gegeben, aufgeteilt nach Konstruktionstyp und Schallschutzanforderungen. Angegeben sind auch die Grauen Energien der Innenwandbauteile.

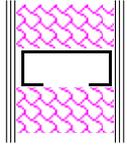
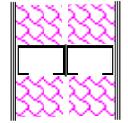
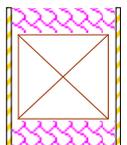
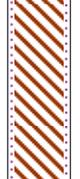
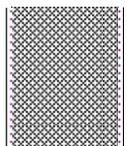
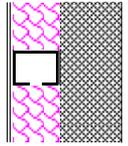
		Schallschutz				
		Mindestanforderung		Erhöhte Anforderung		
Konstruktion	Nr.	Quer-schnitt	Beschreibung	Nr.	Quer-schnitt	Beschreibung
Leichtbau	1		Leichtbauständerkonstruktion, Doppelbeplankung (17.6 MJ/m <sup>2</sup> Bauteil a)	7		Leichtbauständerkonstruktion mit doppeltem Ständer und Doppelbeplankung ((22.8 MJ/m <sup>2</sup> Bauteil a)
	2		Holzständerkonstruktion, gedämmt, Einfachbeplankung (10.0 MJ/m <sup>2</sup> Bauteil a)			
	3		Backstein (12.5 cm), mit beidseitigem Verputz (14.2MJ/m <sup>2</sup> Bauteil a)		8	
Massivbau	4		Stahlbetonwand (25cm) mit Verputz (17.1 MJ/m <sup>2</sup> Bauteil a)	9		Stahlbetonwand (20cm) mit vorgesetzter Leichtbauständerkonstruktion, doppelt beplankt (22.5 MJ/m <sup>2</sup> Bauteil a)
	Glasbau	5		Alurahmen mit Einfachverglasung (17.9 MJ/m <sup>2</sup> Bauteil a)	erhöhte Schallschutzanforderungen kaum zu erfüllen	
6			Alurahmen mit Doppelverglasung (25.3 MJ/m <sup>2</sup> Bauteil a)			

Tabelle 4: Übersicht über die Innenwandbauteile, aufgeteilt in Konstruktionsweise und Schallschutzanforderungen.

In den folgenden Tabellen werden die einzelnen Innenwände mit ihren Schichten und den dazugehörigen Werte der Grauen Energie dargestellt:

Leichtbau	Nr.	Bauteile	Beschreibung	Material	Schicht- dicke [m]	Amortisa- tionszeit [a]	Herstel- lung [MJ/m <sup>2</sup> ]	Ent- sorgung [MJ/m <sup>2</sup> ]	Graue Energie [MJ/m <sup>2</sup> ]	Graue Energie [MJ/m <sup>2</sup> a]	
	1.00	MB2032_10	Leichtbauständer- konstruktion, Doppelbeplankung	Gipskartonplatte	0.05	30.00	243.48	12.28	511.52		
				Stahlblech, verzinkt	0.00	30.00	232.94	0.00	465.88		
				Glaswolle, p 22 [kg/m <sup>3</sup> ]	0.04	30.00	39.11	0.22	78.66		
<b>Total</b>										<b>1'056.06</b>	<b>17.60</b>
	2.00	MB2032_10	Holzständer- konstruktion, gedämmt	Spanplatte, UF- gebunden, Trockenbereich	0.04	30.00	229.90	2.08	463.96		
				Holzlatte 80/60mm lm <sup>11</sup>	0.00	30.00	9.45	0.63	20.16		
				Glaswolle, p 22 [kg/m <sup>3</sup> ]	0.06	30.00	58.67	0.32	117.98		
<b>Total</b>										<b>602.10</b>	<b>10.04</b>

Quelle: Expertenauskunft Herr E. Nef, baumag. 11.11.2010

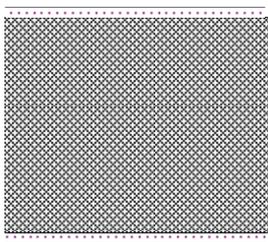
Quelle: Expertenauskunft Herr S. Lenel, Intep, 16.11.2010

Tabelle 5: Innenwände, Mindestanforderungen – Leichtbau.

Quelle: Expertenauskunft Herr C. Gassmann, Wichser Akustik &amp; Bauphysik AG, 08.11.2010

Total 1'024.78 17.08

Nr.	Bauteile	Beschreibung	Material	Schicht- dicke [m]	Amortisa- tionszeit [a]	Herstel- lung [MJ/m <sup>2</sup> ]	Ent- sorgung [MJ/m <sup>2</sup> ]	Graue Energie [MJ/m <sup>2</sup> ]	Grüne Energie [MJ/m <sup>2</sup> a]	
4.00	MB2032_08	Beton tragend, roh	Beton C 30/37	0.25	60.00			452.80		
2		25 cm, B 105 kg/m <sup>3</sup>								
			Armierungsstahl	1.00	60.00			353.30		
			Schalung Typ 2	0.00	60.00			52.20		
			[Verwendung 5x]							
			[m <sup>2</sup> ]							
	MB2032_12	Wandputze	Gips-/Weissputz	0.02	30.00			54.50	116.92	
5		gestrichen	Acrylharz- dispersion	0.00	30.00			24.64	49.56	
<b>Total</b>									<b>1'024.78</b>	<b>17.08</b>



Quelle: Expertenauskunft Herr S. Lenel, Intep, 16.11.2010

Total 849.84 14.16

Nr.	Bauteile	Beschreibung	Material	Schicht- dicke [m]	Amortisa- tionszeit [a]	Herstel- lung [MJ/m <sup>2</sup> ]	Ent- sorgung [MJ/m <sup>2</sup> ]	Graue Energie [MJ/m <sup>2</sup> ]	Grüne Energie [MJ/m <sup>2</sup> a]	
3.00	MB2032_12	Wandputze	Gips-/Weissputz	0.01	30.00			27.25	1.98	
5		gestrichen	Acrylharz- dispersion	0.00	30.00			12.32	0.07	
	MB2032_03	Backstein BN, roh, nicht tragend, 12.5 cm	Mauerwerk-BN 12.5 cm [m <sup>2</sup> ]	0.13	30.00			317.21	24.47	
9			Gips-/Weissputz	0.01	30.00			27.25	1.98	
5	MB2032_12	Wandputze	Acrylharz- dispersion	0.00	30.00			12.32	0.07	
<b>Total</b>									<b>849.84</b>	<b>14.16</b>

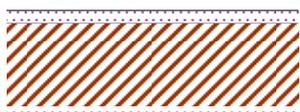


Tabelle 6: Innenwände, Mindestanforderungen – Massivbau.

Glasbau	Nr.	Bauteile	Beschreibung	Material	Schicht- dicke [m]	Amortisa- tionszeit [a]	Herstel- lung [MJ/m <sup>2</sup> ]	Ent- sorgung [MJ/m <sup>2</sup> ]	Graue Energie [MJ/m <sup>2</sup> ]	Graue Energie [MJ/m <sup>2</sup> a]
	5.00	Glas- /Alubau	Aluprofil, blank			30.00	313.00		626.00	
		Einfach	Flachglas, beschichtet		0.01	30.00	219.00	9.00	447.00	
							<b>Total</b>		<b>1'073.00</b>	<b>17.88</b>
Quelle: Expertenauskunft Herr S. Lenel, Intep, 16.11.2010										
	6.00	Glas- /Alubau	Aluprofil, blank			30.00	313.00		626.00	
		Doppelt	Flachglas, beschichtet		0.01	30.00	219.00	9.00	447.00	
							<b>Total</b>		<b>1'520.00</b>	<b>25.33</b>

Quelle: Expertenauskunft Herr S. Lenel, Intep, 16.11.2010

Tabelle 7: Innenwände, Mindestanforderungen – Glasbau.

Um die Graue Energie und die Treibhausgasemissionen für Glasinnenwände zu berechnen, ist der Anteil des Aluminiums im Türrahmen zu bestimmen. Dabei wurde folgendes Profil als Grundlage verwendet:

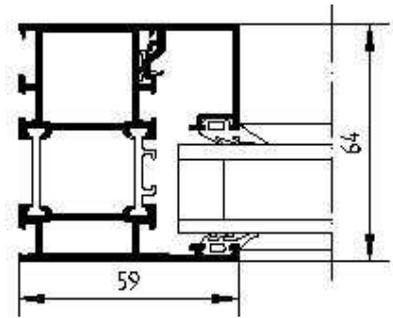


Abbildung 8: Aluminiumprofil für Glasinnenwände<sup>3</sup>

Die Querschnittsfläche des Aluminiumprofils wurde aus dem Plan herausgemessen und beträgt etwa (gerundet)  $680 \text{ mm}^2$  (Länge:  $2 \cdot 59 + 2 \cdot 64 + 3 \cdot 30 = 336 \text{ mm}$ , Dicke  $2 \text{ mm}$ ). Damit ergibt sich ein Volumen von  $0.00068 \text{ m}^3$ . Multipliziert mit der Dichte von Aluminium<sup>4</sup> ( $2700 \text{ kg/m}^3$ ) ergibt sich ein Gewicht von  $1.836 \text{ kg}$  pro Laufmeter ( $0.00068 \text{ m}^2 \cdot 2700 \text{ kg/m}^3$ )

Um das Gewicht des Profils pro  $\text{m}^2$  Glasinnenwand zu erhalten musste eine Fläche angenommen werden:

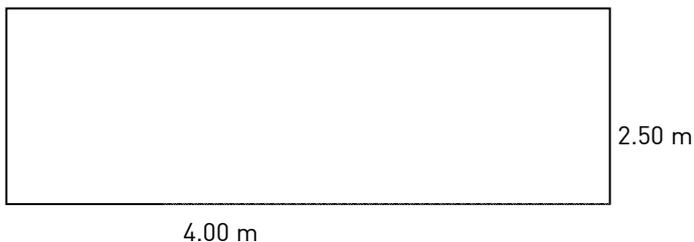


Abbildung 9: Angenommene Fläche der Glasinnenwand

Es ergeben sich daraus  $13 \text{ Laufmeter}$  Aluminiumprofil pro  $10 \text{ m}^2$ . Dies entspricht  $1.3 \text{ m}$  pro  $\text{m}^2$  Glasinnenwand. Entsprechend werden  $2.3868 \text{ kg}$  Aluminium pro  $\text{m}^2$  Glasinnenwand verwendet ( $1.836 \text{ kg/lm} \cdot 1.3 \text{ lm/m}^2$ )

Graue Energie =  $2.3868 \text{ kg} \cdot 131 \text{ MJ / kg} = 313 \text{ MJ/m}^2$  (gerundet) =  $10.4 \text{ MJ/m}^2 \cdot \text{a}$  (pro Jahr mit  $30 \text{ a}$  Amortisationszeit)

( $131 \text{ MJ/kg}$  stammt aus der KBOB Liste für Aluminiumprofil, blank)

Die Amortisationszeit von Glas und Alurahmen beträgt  $30 \text{ Jahren}$ , d.h. die Graue Energie der Herstellung wird doppelt gezählt.

<sup>3</sup> Quelle : <http://www.bauelemente-schimpf.de/alu-fenster.html> 20.01.2012 16:38:50

<sup>4</sup> Quelle: KBOB- Liste





Schallschutz	Konstruktionstyp	Wandtyp	Nr.	Quelle	Graue Energie [MJ/m <sup>2</sup> ]	Bezeichnung	Verteilung [%]		
Erhöhte Anforderungen	Leichtbau	Leichtbauständerkonstruktion, doppelt	7.00	S. Lenel	22.79				
			<b>Mittelwert (gerundet)</b>			<b>23.00 Wert A</b>			
Mindestanforderungen	Massivbau	Doppelmauerwerk gedämmt 15/4/15 Betonwand mit Leichtbauständerkonstr.	8.00	C. Gassmann	17.21				
			9.00	C. Gassmann	22.45				
			<b>Mittelwert (gerundet)</b>			<b>20.00 Wert B</b>			
			Leichtbau	Leichtbauständerkonstruktion, Doppelbeplankung, Nassräume	1.00	S. Lenel	17.60		
				Holzständerkonstruktion	2.00	E. Nef	10.04		60.00
<b>Mittelwert</b>			<b>13.82</b>			40.00			
<b>Wert A</b>			<b>23.00</b>						
<b>Total (gerundet)</b>			<b>17.00</b>			<b>100.00</b>			
Massivbau	Mauerwerk 12.5cm Betonwand 25cm		3.00	S. Lenel	14.16				
			4.00	C. Gassmann	17.08				
			<b>Mittelwert</b>			<b>15.62</b>		60.00	
			<b>Wert B</b>			<b>20.00</b>		40.00	
<b>Total (gerundet)</b>			<b>17.00</b>			<b>100.00</b>			
Glasbau	Glasbau Einfach Glasbau Doppelt		5.00	S. Lenel	17.88				
			6.00	S. Lenel	25.33				
			<b>Mittelwert (gerundet)</b>			<b>22.00</b>			

Tabelle 10: Die Graue Energie der Innenwände.

Die Kategorien der Innenwände können aus mehreren Bauteilen bestehen, werden aber immer in einem gleichmässigen Verhältnis auf 1 m<sup>2</sup> Innenwand verteilt (A<sub>iw</sub>)<sup>5</sup>. Somit ist die Summe der Flächenanteile stets 1m<sup>2</sup>. Für die Berechnung der Grauen Energie der Innenwandbauteile kann nach der „Rezeptur“ aus der Tabelle 11 vorgegangen werden. Die Tabelle dient dem Software-Entwickler, die Bauteile selber zu generieren und zukünftige KBOB Änderungen sollten dabei automatisch implementiert werden können.

Schallschutz						
Konstruktion	Nr.	Mindestanforderung		Erhöhte Anforderung		
		Bauteilkatalog KBOB	Flächenanteil [m <sup>2</sup> ]	Nr.	Bauteilkatalog KBOB	Flächenanteil [m <sup>2</sup> ]
Leichtbau	1	MB2032_105	0.50		MB2032_105	
	2	MB2032_107	0.50	7	Stahlblech, verzinkt Glaswolle (0.04)	1.00
Massivbau	3	2 * MB2032_125	0.50	8	MB2032_084	0.50
		MB2032_039		2 * MB2032_125		
	4	MB2032_082	0.50	9	MB2032_080	0.50
		2 * MB2032_125		Gipskartonplatte (0.025m) Stahlblech, verzinkt		
Glasbau	5	Aluprofil, blank	0.50	erhöhte Schallschutzanforderungen kaum zu erfüllen		
		Flachglas, beschichtet				
	6	Aluprofil, blank	0.50			
		2 * Flachglas, beschichtet				

Tabelle 11: Innenwandkategorien mit Flächenanteile.

<sup>5</sup>A<sub>iw</sub> (interior wall) = Fläche der Innenwand [m<sup>2</sup> A<sub>iw</sub>]

Alle Berechnungen für die Graue Energie beziehen sich auf eine Amortisationszeit von 60 Jahren. Die Graue Energie pro Kategorie Innenwand ( $GE_{SIW}$ )<sup>6</sup> bezieht sich auf 1 m<sup>2</sup> Innenwand).

In der Eingabemaske werden vom Nutzer verschiedene Angaben zu dem Gebäude verlangt, welche es erlauben, mit einem einfachen Verfahren Angaben zur Grauen Energie von Innenwänden zu erhalten. Das Dach sowie die übrigen Teile der Gebäudehülle müssen bereits mit dem Energienachweis erfasst werden (siehe Abbildung 10, rot). Das Fundament wird zusammen mit der Berechnung der Tiefgarage aufgenommen.

Die totale Graue Energie der Innenwände ist ein Produkt aus der Grauen Energie pro m<sup>2</sup> Innenwand ( $GE_{SIW}$ ) und einem separat berechnetem Mengengerüst (Fläche). Dieses Mengengerüst ( $GF_{IW}$ )<sup>7</sup> ist mit der Energiebezugsfläche ( $A_E$ ) (SIA 416, [10]) identisch, weil für die Innenwände nur diese Geschosse berücksichtigt werden (siehe Abbildung 10, blau).

$$GF_{IW} = A_E$$

Formel 1: Geschossfläche der Innenwände.

- $GF_{IW}$  = Geschossfläche der Innenwände [m<sup>2</sup>]
- $A_E$  = Energiebezugsfläche [m<sup>2</sup>]

Die Geschossfläche der Tiefgarage ( $GF_{TG}$ ) wird im Teil der Zwischendecke separat behandelt, um den speziellen Anforderungen von Parkhäusern und/oder Tiefgaragen gerecht zu werden (siehe Abbildung 10, grün).

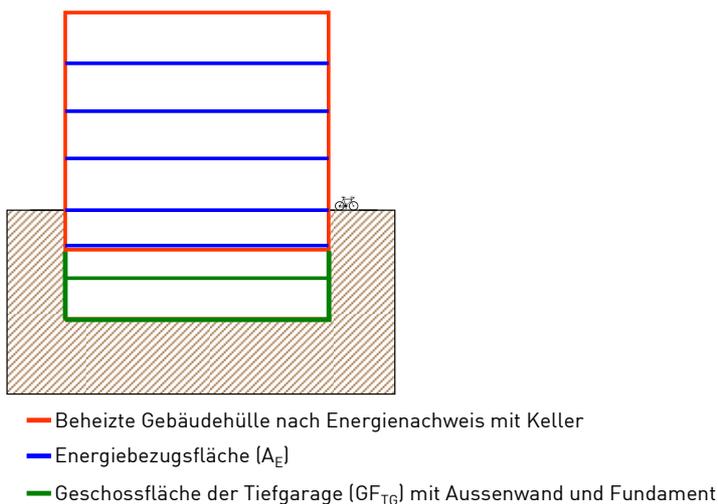


Abbildung 10: Darstellung der Geschossflächentypen.

<sup>6</sup> $GE_{SIW}$  (specific, interior wall) = Spezifische Graue Energie pro Kategorie Innenwand [MJ/m<sup>2</sup> Bauteil \* a]

<sup>7</sup> $GF_{IW}$  = Geschossfläche interior wall

Diese  $GF_{IW}$  ergibt dann zusammen mit dem Grundrisstyp ein Mengengerüst in Form von Innenwandfläche pro  $m^2$  Geschossfläche für die Berechnung der Grauen Energie für die Innenwände.

Damit der Nutzer die Fläche der Innenwände nicht aus seinen Plänen ausrechnen muss, bieten wir 3 verschiedenen Grundrisstypen an (wenig, mittel und viel Innenwände), anhand derer ein Standartaussmass pro  $m^2 A_E$  errechnet wird.

Die Graue Energie des Erschliessungskerns (Treppen, Lift, Rohrleitungen, etc.) wird hier nicht explizit berücksichtigt, wird aber bei der Beimischung von 40% Wohnungstrennwand, welche massiv gebaut wird, näherungsweise mit aufgenommen (siehe Tabelle 10).

### Die Berechnung der Grauen Energie für Innenwände

Der Nutzer macht folgende Angaben:

- Schallschutzanforderung (Auswahlfeld)
  - Mindestanforderung
  - Erhöhte Anforderung

Durch die Wahl der Schallschutzanforderungen reduziert sich die Auswahl der Konstruktionstypen, z.B. bei der Erhöhten Schallschutzanforderung wird der Glasbau bei den Konstruktionstypen automatisch ausgeschlossen:

- Konstruktionstyp (Auswahlfeld)
  - Leichtbau
  - Massivbau
  - Glasbau (nur bei Mindestanforderungen im Angebot)
- Grundrisstyp (Auswahlfeld)
  - Typ1, wenig Räume ca. 48  $m^2$  gross
  - Typ2, mittlere Räume ca. 20  $m^2$  gross
  - Typ3, viele Räume ca. 12  $m^2$  gross

Die Wahl des Konstruktionstyps und des Schallschutzstandards ergeben einen spezifischen Wert für die Graue Energie (MJ) pro  $m^2$  Innenwandkonstruktion ( $GE_{SIW}$ ). Diese muss nun mit der Innenwandfläche multipliziert werden. Mit den Angaben der Energiebezugsfläche ( $A_E$ ), Grundrisstyp ( $L_{SIW}$ ) und Raumhöhe (Nutzung) kann die Totale Graue Energie für die Innenwände ( $GE_{IW}$ ) berechnet werden:

$$GE_{IW} = L_{SIW} * A_E * H_R * GE_{SIW}$$

Formel 2: Totale Graue Energie für die Innenwände

- $GE_{IW}$  = Totale Graue Energie für die Innenwände [MJ /  $m^2 A_{IW}$  a]
- $A_{IW}$  = Innenwandfläche =  $L_{SIW} * A_E * H_R$  [ $m^2$ ]
- $L_{SIW}$  = Laufmeter of specific, interior wall [m /  $m^2 A_E$ ]
- $A_E$  = Energiebezugsfläche [ $m^2 A_E$ ]
- $H_R$  = dynamische Raumhöhe, wird durch den Nutzer angegeben [m]
- $GE_{SIW}$  = spezifische Graue Energie der Innenwände [MJ/ $m^2$  Bauteil \* a]

## H Graue Energie der Zwischendecken in beheizten Zonen bei Neubauten

Die Zwischendecke trennen die Räume in der Horizontale und bilden zugleich die Geschossfläche. Die Fundamentplatte und das Dach werden nicht zu den Zwischendecken gezählt, da sie zu den Aussenbauteilen gerechnet werden. In Abhängigkeit der Konstruktionsart, den Schallschutzanforderungen und der Deckenstärke wird wie bei den Innenwänden ein Mengen- und Typengerüst errechnet, das die Deckenkonstruktionen umfasst. Die Deckenstärke spielt je nach Schallschutzanforderungen und vor allem für die Tiefgarage (Parkhaus) eine wichtige Rolle und kann die gesamte Graue Energie eines Gebäudes stark beeinflussen.

Für die Zwischendecke stehen dem Nutzer folgende **Konstruktionstypen** zur Auswahl:

- Betondecke
- Brettstapeldecke mit Überbeton
- Holzhohlkastendecke mit 2 verschiedenen Schallschutzmassnahmen

Wie bei den Innenwänden werden auch bei den Zwischendecken zwei verschiedene **Schallschutzanforderungen** (SIA 181, [9]) zur Auswahl gegeben:

- Erhöhte Schallschutzanforderungen mit entsprechender Deckendicke oder Beschwerungsmaßnahmen bei der Holzhohlkastendecke (Sand und Kalkstein)
- Mindestanforderungen an den Schallschutz benötigt keine spezielle Dämmung und die Deckenstärke kann geringer sein

Wie bei den Innenwänden gibt es aus der Kombination der beiden Hauptfaktoren Konstruktionsstyp und Schallschutzanforderungen 6 **Zwischendeckenkategorien**, die dem Nutzer für die Zwischendecke zur Auswahl stehen. Die 6 Kategorien sind:

1. Betondecke – Mindestanforderungen
2. Betondecke – Erhöhte Anforderungen
3. Brettstapeldecke – Mindestanforderungen
4. Brettstapeldecke - Erhöhte Anforderungen
5. Holzhohlkastendecke - Mindestanforderungen
6. Holzhohlkastendecke – Erhöhte Anforderungen

In Tabelle 12 wird eine Übersicht zu den Standardkonstruktionen der Zwischendecke gegeben, aufgeteilt in Konstruktionstypen und Schallschutzanforderungen.

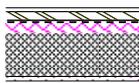
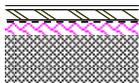
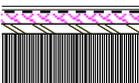
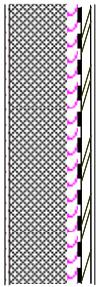
Schallschutz						
Konstruktion	Mindestanforderung (< 24cm)			Erhöhte Anforderung (≥ 24cm)		
	Nr.	Querschnitt	Beschreibung	Nr.	Querschnitt	Beschreibung
Betondecke	1		Zementunterlagsboden mit Trittschalldämmung auf Betondecke (22 cm) mit einem Deckenputz	4		Zementunterlagsboden mit Trittschalldämmung auf Betondecke (26 cm)
	2		Unterlagsboden mit Trittschalldämmung auf Kalksandstein auf Massivholzbrettstapel (16 cm)	5		Unterlagsboden mit Trittschalldämmung auf Kalksandstein auf Massivholzbrettstapel (24 cm)
Holzhohlkastendecke	3		Unterlagsboden mit Trittschalldämmung auf Holzhohlkastenelement mit Sandschüttung (80kg/m <sup>2</sup> )	6		Unterlagsboden mit Trittschalldämmung auf Holzhohlkastenelement mit Sandschüttung (80kg/m <sup>2</sup> ) und Kalksandstein (350kg/m <sup>2</sup> )

Tabelle 12: Übersicht der Konstruktionsarten von Zwischendecken.

Anhand dieser Standardmodelle werden nun die Grauen Energien für die Zwischendecke berechnet. In den folgenden Tabellen werden die einzelnen Zwischendecken genau beschrieben:

**Erhöhte Anforderungen**

Nr.	Bauteile	Beschreibung	Material	Schicht- dicke [m]	Amortisa- tionszeit [a]	Herstel- lung [MJ/m <sup>2</sup> ]	Ent- sorgung [MJ/m <sup>2</sup> ]	Graue Energie [MJ/m <sup>2</sup> ]	Graue Energie [MJ/m <sup>2</sup> a]
4.00	EO_B01	Betondecke, Wärmedämmung, Unterlaasboden	Zement- unterlagsboden	0.08	30.00	142.71		341.66	
			Dampfbremse	0.00	30.00	16.84		33.79	
			Polyethylen (PE)	0.02	30.00	42.72		86.51	
			Schaumglas, ρ 110 [kg/m <sup>3</sup> ]	0.26	60.00	656.42		776.75	
			Betondecke [Fe 80kg/m <sup>3</sup> ] [m <sup>2</sup> ]	0.01	30.00	27.25		58.46	
			Gips-/Weissputz	0.01	30.00	27.25		58.46	
			Acrylharzdispersio n	0.00	30.00	12.32		24.78	
<b>Total</b>						<b>1'321.95</b>		<b>22.03</b>	



Quelle: Expertenauskunft Herr C. Gassmann, Wichser Akustik & Bauphysik AG, 08.11.2010

Tabelle 13: Betondecke mit Schichtdicke 0.22 m.

Für die Betonstärke 0.18 m bis 0.28 m sind die Grauen Energien im Bauteilkatalog vorhanden. Für die Betonstärke 0.3 m und 0.4 m wurden folgende Materialien verwendet (KBOB Liste):

- Beton C50/60
- Armierungsstahl

Die Berechnung der Grauen Energie ( $\text{MJ}/\text{m}^2\cdot\text{a}$ ) ist in Tabelle 14 dargestellt. Die Lebensdauer wird mit 60 Jahren angenommen.

Material	Dichte [ $\text{kg}/\text{m}^3$ ]	Graue Energie [ $\text{MJ}/\text{kg}$ ]	Schichtdi- cke [m]	Volumen [ $\text{m}^3/\text{m}^2$ ]	Masse [ $\text{kg}/\text{m}^2$ ]	Graue Energie [ $\text{MJ}/\text{m}^2\cdot\text{a}$ ]
Beton C50/60	2440	0.876	0.3	0.3	732	10.7
Armierungs- stahl	100	13.46			30	6.7
<b>Total</b>						17.4
Beton C50/60	2440	0.876	0.4	0.4	976	14.2
Armierungs- stahl	120	13.46			48	10.8
<b>Total</b>						25.0

Tabelle 14: Graue Energie der Betonstärke 0.3 und 0.4 m pro  $\text{m}^2$  und Jahr.

Die fixe Graue Energie dieses Bauteils beträgt:  $9.1 \text{ MJ}/\text{m}^2\cdot\text{a}$  (alles ausser die Betondecke, siehe Tabelle 13). Die Graue Energie für alle Betondecken ist in Tabelle 15 dargestellt. Die Lebensdauer wird mit 60 Jahren angenommen.

	Schallschutz						
	Mindestanforderungen			Erhöhte Anforderungen			
Betonstärke [m]	0.18	0.20	0.22	0.26	0.28	0.30	0.40
Fixe Graue Energie [ $\text{MJ}/\text{m}^2\cdot\text{a}$ ]	9.1	9.1	9.1	9.1	9.1	9.1	9.1
Graue Energie Beton- decke [ $\text{MJ}/\text{m}^2\cdot\text{a}$ ]	9.1	10.1	11	12.9	13.9	17.4	25.0
<b>Totale Graue Energie</b> [ $\text{MJ}/\text{m}^2\cdot\text{a}$ ]	18.2	19.2	20.1	22.0	23.0	26.5	34.1

Tabelle 15: Graue Energie der Betondecken pro  $\text{m}^2$  und Jahr.

Quelle: Expertenuskunft Herr S. Lenel, Intep, 16.11.2010

Brettstapeldecke		Nr.	Bauteile	Beschreibung	Material	Schicht- dicke [m]	Amortisa- tionszeit [a]	Herstel- lung [MJ/m <sup>2</sup> ]	Ent- sorgung [MJ/m <sup>2</sup> ]	Graue Energie [MJ/m <sup>2</sup> ]	Graue Energie [MJ/m <sup>2</sup> a]
285	B304		Massivholzdecke (BSH), Zementsteine, unterlagsboden	Anhydrit- unterlagsboden		0.05	30.00	103.70	56.88	264.28	
				Dampfremse		0.00	30.00	16.84	0.11	33.79	
				Polyethylen		0.02	30.00	88.89	0.98	178.76	
				Glaswolle p 100 [kg/m <sup>3</sup> ]		0.04	60.00			58.84	
				Zementstein		0.16	60.00			621.34	
				Massivholzdecke 16cm							
<b>Total</b>										<b>1'157.01</b>	<b>19.28</b>

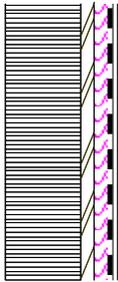


Tabelle 16: Brettstapeldecke mit Schichtdicke 0.16 m.

Für die verschiedenen Schichtdicken der Brettstapeldecke wurde das Brettschichtholz (BSH) (UF-gebunden, Trockenbereich) mit folgenden Daten verwendet. Die Lebensdauer wird mit 60 Jahren angenommen.

Material	Dichte [kg/m <sup>3</sup> ]	Graue Energie [MJ/kg]	Schichtdicke [m]	Volumen [m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> ]	Masse [kg/m <sup>2</sup> ]	Totale Graue Energie [MJ/m <sup>2</sup> *a]
Brettschichtholz	495	7.85 <sup>8</sup>	0.14	0.14	69.3	9.1
			0.18	0.18	89.1	11.7
			0.20	0.2	99	13.0
			0.22	0.22	108.9	14.2
			0.24	0.24	118.8	15.5

Tabelle 17: Graue Energie des Brettschichtholzes.

Die Totale Graue Energie in Tabelle 17 beinhaltet auch die Entsorgung von 0.3 MJ/m<sup>2</sup>\*a (Bauteilkatalog).

Die fixe Graue Energie bei diesem Bauteil beträgt: 8.93 MJ/m<sup>2</sup>\*a (siehe Tabelle 16, alles ausser Massivholzdecke). Die Graue Energie für alle Brettstapeldecken sind in Tabelle 18 dargestellt. Die Lebensdauer wird mit 60 Jahren angenommen.

	Schallschutz				
	Mindestanforderungen				Erhöhte Anforderungen
Brettstapelstärke [m]	0.14	0.18	0.20	0.22	0.24
Fixe Graue Energie [MJ/m <sup>2</sup> *a]	8.93	8.93	8.93	8.93	8.93
Graue Energie Brett- stapel [MJ/m <sup>2</sup> *a]	9.1	11.7	13.0	14.2	15.5
Totale Graue Energie [MJ/m <sup>2</sup> *a]	18.03	20.63	21.93	23.13	24.43

Tabelle 18: Graue Energie der Brettstapeldecke.

<sup>8</sup> Bauteilkatalog für 60 Jahre: 621.34 [MJ/m<sup>2</sup>] / 79.2 [kg/m<sup>2</sup>] = 7.85 [MJ/kg]

Holzhohlkastendecke		Nr.	Bauteile	Beschreibung	Material	Schicht- dicke [m]	Amortisa- tionszeit [a]	Herstel- lung [MJ/m <sup>2</sup> ]	Ent- sorgung [MJ/m <sup>2</sup> ]	Graue Energie [MJ/m <sup>2</sup> ]	Graue Energie [MJ/m <sup>2</sup> a]	
3.00	1	MB2032_01	Decke, Holzkasten- elemente	3-Schicht Massivholzplatte, PVAc-gebunden	0.03	60.00	130.28					
		KBOB	Schüttung	3-Schicht Massivholzplatte, Sand (80kg/m <sup>2</sup> )	0.03	60.00	22.72					
		MB2032_10	Unterlagsboden mit Trittschall, Zement oden	Zementunterlagsb	0.07	30.00	298.94	24.60				
		MB2032_12	Heruntergehängte GKP-Plattendecke	Dampfremse Polyethylen (PE) Glaswolle p 100 [kgd/m <sup>3</sup> ] Acrylharz- dispersion Gips-/Weissputz Gipskartonplatte Stahlblech, verzinkt	0.00 0.00 0.02 0.00 0.01 0.01 0.01 0.00	30.00 30.00 30.00 30.00 30.00 30.00 30.00 30.00	16.84 88.89 12.32 22.71 60.87 58.23	0.06 0.49 0.07 1.65 3.07 0.00	33.80 178.76 24.78 48.72 127.88 116.46			
<b>Total</b>											<b>1'112.62</b>	<b>18.54</b>

Quelle: Expertenauskunft Herr C. Gassmann, Wichser Akustik & Bauphysik AG, 08.11.2010

Tabelle 19: Zwischendecke, Mindestanforderungen – Holzhohlkastendecke.

Für die Holzhohlkastendecke stehen 5 verschiedene Rippenhöhen zur Verfügung, welche aus dem Material Brettschichtholz, UF gebunden, Trockenbereich (BSH) bestehen, 0.06 m breit und in einem Abstand von 0.5 m angeordnet sind (Abbildung 11). Dies ergibt einen Mengenfaktor von 1.8 Rippen pro 1m<sup>2</sup> (Bauteilkatalog).

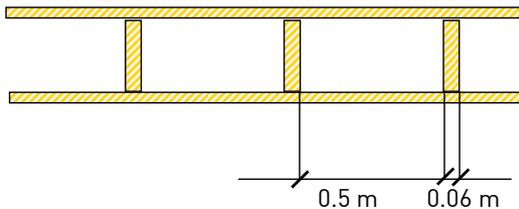


Abbildung 11: Querschnitt einer Holzhohlkastendecke.

In Tabelle 20 ist die Graue Energie der Rippenhölzer aufgelistet mit den verschiedenen Höhen. Die Totale Graue Energie beinhaltet sowohl den Mengenfaktor von 1.8 pro 1m<sup>2</sup> sowie die Entsorgung von 0.06 MJ/m<sup>2</sup>\*a (Bauteilkatalog [2]). Die Lebensdauer wird mit 60 Jahren angenommen.

Material	Dichte [kg/m <sup>3</sup> ]	Graue Energie [MJ/kg]	Rippenhöhe [m]	Volumen [m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> ]	Masse [kg/m <sup>2</sup> ]	Totale Graue Energie [MJ/m <sup>2</sup> *a]
Rippenhölzer	480	8.119	0.18	0.01944	9.33	1.26
			0.20	0.0216	10.37	1.40
			0.22	0.02376	11.40	1.54
			0.24	0.02592	12.44	1.68
			0.26	0.0281	13.49	1.82

Tabelle 20: Graue Energie der Rippenhölzer.

Die fixe Graue Energie für die Mindestanforderungen an den Schallschutz beträgt: 18.54 MJ/m<sup>2</sup>\*a (siehe Tabelle 19). Die fixe Graue Energie für die Erhöhten Anforderungen an den Schallschutz beträgt: 26.94 MJ/m<sup>2</sup>\*a (siehe Tabelle 22). Die Graue Energie ist in Tabelle 21 zusammengefasst. Die Lebensdauer wird mit 60 Jahren angenommen.

Rippenhöhe [m]	Schallschutz				
	Mindestanforderungen				Erhöhte Anforderungen
	0.18	0.20	0.22	0.24	0.26
Fixe Graue Energie [MJ/m <sup>2</sup> *a]	18.54	18.54	18.54	18.54	26.94
Graue Energie Rippen- hölzer [MJ/m <sup>2</sup> *a]	1.26	1.40	1.54	1.68	1.82
Totale Graue Energie [MJ/m <sup>2</sup> *a]	19.8	19.94	20.08	20.22	28.76

Tabelle 21: Graue Energie der Holzhohlkastendecke.

<sup>9</sup> Aus KBOB-Liste Januar 2011

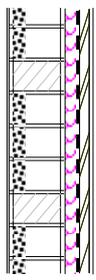
Holzhohlkastendecke	Nr.	Bauteile	Beschreibung	Material	Schicht- dicke [m]	Amortisa- tionszeit [a]	Herstel- lung [MJ/m <sup>2</sup> ]	Ent- sorgung [MJ/m <sup>2</sup> ]	Graue Energie [MJ/m <sup>2</sup> ]	Graue Energie [MJ/m <sup>2</sup> a]			
	6.00			3-Schicht Massivholzplatte, PVAc-gebunden	0.03	60.00				130.28			
				3-Schicht Massivholzplatte, PVAc-gebunden									
				3-Schicht Massivholzplatte, PVAc-gebunden	0.03	60.00				130.28			
		KB0B	Tilger	Massivholzplatte, PVAc-gebunden Kalksandstein (350kg/m <sup>2</sup> )			60.00			504.00			
		KB0B	Schüttung	Sand (80kg/m <sup>2</sup> )			60.00			22.72			
		MB2032_10	Unterlagsboden mit Trittschall	Zement- unterlagsboden	0.07	30.00	124.87	24.60		298.94			
				Dampfremse Polyethylen (PE) Glaswolle p 100 [kg/m <sup>3</sup> ]	0.00	30.00	16.84	0.06		33.80			
				Acrylharz- dispersion	0.02	30.00	88.89	0.49		178.76			
		MB2032_12	Heruntergehängte GKP-Platendecke		0.00	30.00	12.32	0.07		24.78			
		9a		Gips-/Weissputz Gipskartonplatte Stahlblech, verzinkt	0.01	30.00	22.71	1.65		48.72			
					0.01	30.00	60.87	3.07		127.88			
					0.00	30.00	58.23	0.00		116.46			
											<b>Total</b>	<b>1'616.62</b>	<b>26.94</b>

Tabelle 22: Zwischendecke, Erhöhte Anforderung – Holzhohlkastendecke.

Die 6 Kategorien der Zwischendecke bestehen in diesem Fall aus je einem Bauteil. Somit ist der Flächenanteil der Zwischendecke ( $A_{IC}$ )<sup>10</sup> pro Kategorie stets  $1\text{ m}^2$  (siehe Tabelle 23). Für die Berechnung der Grauen Energie der Zwischendeckebauteile kann nach der „Rezeptur“ aus der Tabelle 23 vorgegangen werden. Dabei müssen die verschiedenen Deckenstärken berücksichtigt werden. Zukünftige KBOB Änderungen sollten dabei automatisch implementiert werden können.

Schallschutz						
Konstruktion	Mindestanforderung (< 24cm)			Erhöhte Anforderung ( $\geq 24\text{cm}$ )		
	Nr.	Bauteilkatalog KBOB	Flächenanteil [ $\text{m}^2$ ]	Nr.	Bauteilkatalog KBOB	Flächenanteil [ $\text{m}^2$ ]
Betondecke	1	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ E0_B01</li> <li>▪ Schaumglas (0.02m)</li> <li>▪ MB2032_125</li> <li>▪ Dicke: 18, 20, 22 cm</li> </ul>	1.0	4	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ E0_B01</li> <li>▪ Schaumglas (0.02m)</li> <li>▪ MB2032_125</li> <li>▪ Dicke: 26, 28, 30, 40 cm</li> </ul>	1.0
Brettstapeldecke	2	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ E0_B304</li> <li>▪ Dicke: 14, 18, 20, 22 cm</li> </ul>	1.0	5	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ E0_B304</li> <li>▪ Dicke: 24 cm</li> </ul>	1.0
Holzholkkastendecke	3	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ MB2032_011</li> <li>▪ Sand (<math>80\text{kg}/\text{m}^2</math>)</li> <li>▪ MB2032_108b</li> <li>▪ MB2032_129a</li> <li>▪ Dicke: 18, 20, 22, 24 cm</li> </ul>	1.0	6	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ MB2032_011</li> <li>▪ Sand (<math>80\text{kg}/\text{m}^2</math>)</li> <li>▪ Kalksandstein (<math>350\text{kg}/\text{m}^2</math>)</li> <li>▪ MB2032_108b</li> <li>▪ MB2032_129a</li> <li>▪ Dicke: 26 cm</li> </ul>	1.0

Tabelle 23: Zwischendeckenkategorien mit Flächenanteile.

Alle Berechnungen für die Graue Energie beziehen sich auf eine Amortisationszeit von 60 Jahren. Die Graue Energie pro Kategorie Zwischendecke ( $GE_{SIC}$ )<sup>11</sup> bezieht sich auf  $1\text{ m}^2$  Innenwand.

Aus der tatsächlichen **Deckenstärke** errechnet sich ein Korrekturfaktor, der auf die Werte der Grauen Energie angewendet wird. Die Tabelle 24 zeigt den Zusammenhang zwischen der Grauen Energie und der Deckenstärke für eine Betondecke mit angepasstem Armierungsgehalt.

<sup>10</sup> Flächenanteil =  $A_{IC}$  (intermediate ceiling)

<sup>11</sup>  $GE_{SIC}$  (specific, intermediate ceiling) = Spezifische Graue Energie pro Kategorie Zwischendecke [ $\text{MJ}/\text{m}^2$  Bauteil a]

Betonstärke [m]	Armierungsgehalt (kg Fe/m <sup>3</sup> )	Graue Energie [MJ/m <sup>2</sup> AE*a]
0.18	80	9.10
0.20	80	10.06
0.22	80	11.02
0.26	80	12.95
0.28	80	13.91
0.30	100	19.80
0.40	120	28.21

Tabelle 24: Betonstärke vs. Graue Energie von Betondecken.

Der Nutzer kann zwischen diesen Deckenstärken eine auswählen, wobei durch die Angaben des Konstruktionstyps und der Schallschutzanforderung die Auswahl eingeschränkt wird:

- **Betondecke** mit Mindestanforderungen an den Schallschutz:
  - Betonstärke 0.18 m
  - Betonstärke 0.20 m
  - Betonstärke 0.22 m
- **Betondecke** mit erhöhter Anforderung an den Schallschutz:
  - Betonstärke 0.26 m
  - Betonstärke 0.28 m
  - Betonstärke 0.30 m
  - Betonstärke 0.40 m
- **Brettstapeldecke** mit Mindestanforderungen an den Schallschutz:
  - Brettstapelstärke 0.14 m
  - Brettstapelstärke 0.18 m
  - Brettstapelstärke 0.20 m
  - Brettstapelstärke 0.22 m
- **Brettstapeldecke** mit erhöhter Anforderung an den Schallschutz:
  - Brettstapelstärke 0.24 m
- **Holzhohlkastendecke** mit Mindestanforderungen an den Schallschutz (Sandschüttung):
  - Rippenhöhe 0.18 m
  - Rippenhöhe 0.20 m
  - Rippenhöhe 0.22 m
  - Rippenhöhe 0.24 m
- **Holzhohlkastendecke** mit Sandschüttung und Kalksandstein:
  - Rippenhöhe 0.26 m

### **Berechnung der Grauen Energie für die Zwischendecken**

Die Berechnung der Grauen Energie der Zwischendecke hängt von 4 Hauptfaktoren ab:

- Konstruktionstyp
- Schallschutzanforderungen
- Deckenstärke
- Mengengerüst

Aus den ersten 3 Informationen wird die spezifische Graue Energie pro Zwischendeckekategorie ( $GE_{SIC}$ ) berechnet. Das Mengengerüst für die Zwischendecke in den beheizten Zonen ist die Energiebezugsfläche  $A_E$ .

Die Fläche  $A_E$  kann mit der spezifischen Grauen Energie der Zwischendeckekategorie ( $GE_{SIC}$ ) multipliziert werden. Somit ergibt sich ein Gesamtwert für die Graue Energie für die Zwischendecken des gesamten Gebäudes ( $GE_{IC}$ ):

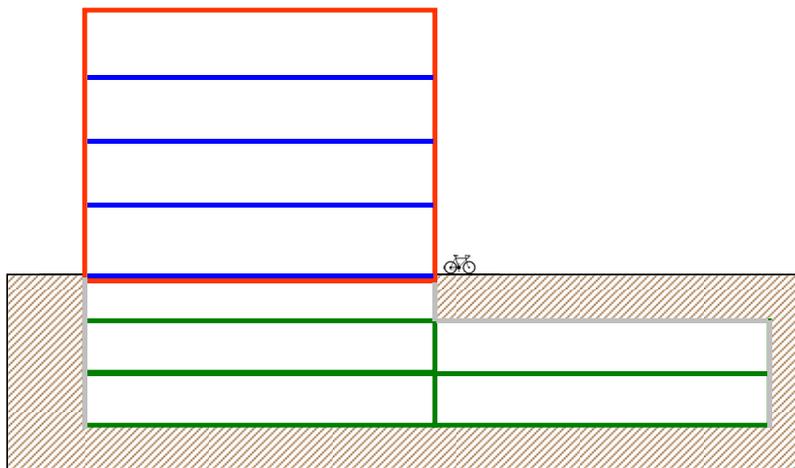
$$GE_{IC} = GE_{SIC} * A_E$$

Formel 3: Graue Energie der Zwischendecke der Energiebezugsfläche.

- $GE_{IC}$  = Graue Energie für die Zwischendecke eines Gebäudes [MJ/a]
- $GE_{SIC}$  = spezifische Graue Energie eines  $m^2$  Zwischendecke pro Kategorie [MJ/ $m^2$  Bauteil \* a]
- $A_E$  = Energiebezugsfläche [ $m^2$ ]

## I Graue Energie der Bauteile in nichtbeheizten Zonen bei Neubauten

Es werden drei Bauteile in nichtbeheizten Zonen unterschieden: Innenwände, Zwischendecke und Aussenwände. Es wird davon ausgegangen, dass der Anteil Innenwände in unbeheizten Zonen sehr klein ist und somit für die vereinfachte Erfassung vernachlässigt wird.



- Beheizte Gebäudehülle nach Energienachweis
- Energiebezugsfläche ( $A_E$ )
- Geschossfläche der unbeheizten Zonen mit Fundament
- Aussenwandfläche der unbeheizten Zonen

Abbildung 12: Geschossflächen eines Gebäudes.

### Graue Energie der Decken in unbeheizten Zonen

Das Mengengerüst für die Zwischendecken und der Bodenplatte in den unbeheizten Zonen beträgt  $GF \cdot A_E$ .

Für die Berechnung der Grauen Energie dieser Zwischendecken wurden folgende Baumaterialien angenommen:

- Beton C50/60 hoch belastbar mit einer Dicke von 0.34 m
- Armierungsgehalt von 110 kg/m<sup>3</sup>

Die Graue Energie pro m<sup>2</sup> von dieser Zwischendecke beträgt: **23.21 MJ/m<sup>2</sup> Bauteil \* a**. Diese Zwischendecke werden auch für das Fundament verwendet, obwohl es in Wirklichkeit Differenzen gibt.

$$GE_{IC_{UB}} = 23.21 * (GF - A_E)$$

Formel 4: Graue Energie der Zwischendecke und der Bodenplatte der nichtbeheizten Zonen

### Die Graue Energie der Aussenwandflächen von unbeheizten Zonen

Für die Aussenwände von unbeheizten Zonen wird der Bausatz aus dem Bauteilkatalog E03W37 verwendet mit einer Betonstärke von 0.28 m und der Grauen Energie von **26.83 MJ/m<sup>2</sup>Bauteil \* a**. Um das Mengengerüst abzuschätzen wird zuerst der Umfang der unbeheizten Zone nach folgender Formel berechnet.

$$\text{Umfang} = k_{komp} * \sqrt{\frac{GF - A_E}{NF_{UB}}}$$

Formel 5: Umfang der beheizten Zone

- $NF_{UB}$  = Anzahl unbeheizte Stockwerke

$$k_{komp} = \frac{\text{Umfang}}{\sqrt{A}} = \frac{2(a + 7a)}{\sqrt{7a^2}} = 6$$

Formel 6: Kompaktheitsfaktor

- Umfang: Annahme Länge 7 mal die Breite
- A: unbeheizten Geschossfläche einer Flächengeometrie
- Faktor 6 entspricht einer mittelkompakten Geometrie

Es wird eine quadratische Grundform angenommen. Dieser Umfang zusammen mit der Geschosshöhe  $H_R$  ergibt uns die Aussenwandfläche:

$$\text{Aussenwandfläche} = \text{Umfang} * (H_R * NF_{UB})$$

Diese Fläche wird mit der Grauen Energie der obengenannten Aussenwand des Bauteilkatalogs<sup>12</sup> multipliziert.

Der Gesamtwert für die Graue Energie für die Aussenwände von nichtbeheizten Zonen beträgt somit:

$$GE_{AW\_UB} = \left( k_{komp} * \sqrt{\frac{GF - A_E}{NF_{UB}}} * H_R * NF_{UB} * 26.83 \right)$$

Formel 7: Graue Energie der Aussenwände von nichtbeheizten Zonen

- $GE_{AW\_UB}$  = Graue Energie für die Aussenwände der unbeheizten Zone [MJ/a]
- $H_R$  = Raumhöhe [m]

<sup>12</sup> E03W37

### **Die gesamte Graue Energie aller Bauteile in nichtbeheizten Zonen**

Die Totale Graue Energie für die gesamte unbeheizte Fläche beträgt somit:

$$GE_{UB} = GE_{AW\_UB} + GE_{IC\_UB}$$

Formel 8: Totale Graue Energie der Bauteile in unbeheizten Zonen.

- $GE_{AW\_UB}$  = Graue Energie für die Aussenwände der unbeheizten Zone [MJ/a]
- $GE_{IC\_UB}$  = Graue Energie der Zwischendecke und der Bodenplatte der nichtbeheizten Zonen (MJ/a)

## J Graue Energie der Haustechnik bei Neubauten & Modernisierungen

Im Teil „Haustechnik“ geht es einerseits um die Wärmeerzeugung, die Wärmeverteilung sowie mögliche Erdsonden, Photovoltaik- und Solaranlagen. Der Nutzer macht entsprechend folgende Eingaben:

- Erdsonde (Auswahlfeld)
  - ja
  - nein
- MINERGIE - Stand (Auswahlfeld)
  - MINERGIE
  - MINERGIE - P/A
- $A_{PV}$  = Fläche der PV - Anlage [ $m^2$ ] (Eingabefeld)
- $A_{SK}$  = Fläche der Sonnenkollektoren [ $m^2$ ] (Eingabefeld)

Das Vorhandensein einer Erdsonde und die Leistung des Wärmeerzeugers- und der dazugehörigen Verteilung (MINERGIE®-Stand) haben den grössten Einfluss auf die gesamte Graue Energie der Haustechnik.

Für alle Nutzungen (Wohnen, Verwaltung und Schulen) wurde ein **Grundbetrag** an Grauer Energie berechnet, der dazugerechnet wird. Für diesen Grundbetrag wurde ein Anteil folgender Anlagen berechnet:

- Lüftungsanlage
- Sanitäranlagen
- Elektroanlagen

Dieser Grundbetrag wurde als Durchschnitt aller 3 Nutzungen berechnet und beträgt: 22.5 MJ/ $m^2 A_E$  \*a (Amortisationszeit beträgt 30 Jahre). Die Berechnung wird in Tabelle 25 zusammengefasst.

Berechnung Graue Energie Gebäudetechnik Modernisierungen (60a und pro Jahr)									
Datensatz KBOB Liste									
	Grösse	Einheit	Menge In durchs. Gebäude	Umrechnungs- faktor auf EBF	Primärenergie		Graue Energie (nicht erneuerbar)		Graue Energie [MJ/m <sup>2</sup> AE]
					MJ	MJ	MJ	MJ	
<b>Wohnen</b>									
Luftungsanlagen									
Luftungsanlage Wohnen, Blechkanäle, inkl. Küchenabluft	EBF	m <sup>2</sup>	1.00	1.00	212.46	0.51	212.97	212.46	212.97
Sanitäranlagen									
Sanitäranlagen Wohnen	EBF	m <sup>2</sup>	1.00	1.00	229.66	0.64	230.31	229.66	230.31
Elektroanlagen									
Elektroanlagen, mittlerer Installationsgrad	EBF	m <sup>2</sup>	1.00	1.00	245.34	6.35	251.69	245.34	251.69
<b>Total Gebäudetechnik bei Komplettersatz</b>									<b>694.97</b>
<b>Verwaltung</b>									
Luftungsanlagen									
Luftungsanlage Büro Blechkanäle, spez. Luftmenge 4 m <sup>3</sup> /hm <sup>2</sup>	EBF	m <sup>2</sup>	1.00	1.00	253.14	0.05	253.19	253.14	253.19
Sanitäranlagen									
Sanitäranlagen Büro	EBF	m <sup>2</sup>	1.00	1.00	157.21	1.47	158.68	157.21	158.68
Elektroanlagen									
Elektroanlagen, mittlerer Installationsgrad	EBF	m <sup>2</sup>	1.00	1.00	245.34	6.35	251.69	245.34	251.69
<b>Total Gebäudetechnik bei Komplettersatz</b>									<b>663.57</b>
<b>Schule</b>									
Luftungsanlagen									
Luftungsanlage Büro Blechkanäle, spez. Luftmenge 4 m <sup>3</sup> /hm <sup>2</sup>	EBF	m <sup>2</sup>	1.00	1.00	253.14	0.05	253.19	253.14	253.19
Sanitäranlagen									
Sanitäranlagen Büro	EBF	m <sup>2</sup>	1.00	1.00	157.21	1.47	158.68	157.21	158.68
Elektroanlagen									
Elektroanlagen, mittlerer Installationsgrad	EBF	m <sup>2</sup>	1.00	1.00	245.34	6.35	251.69	245.34	251.69
<b>Total Gebäudetechnik bei Komplettersatz</b>									<b>663.57</b>
<b>Durchschnittswert für alle 3 Nutzungstypen (30 Jahre)</b>									<b>674.03</b>
<b>Durchschnittswert für alle 3 Nutzungstypen (pro Jahr)</b>									<b>22.47</b>

Tabelle 25: Graue Energie für den Grundstock der Haustechnik für die 3 Nutzungstypen.

Neben dem Grundbetrag wird die Graue Energie für die **Wärmeerzeugung und -verteilung** inkl. Erdsonde ermittelt (siehe Tabelle 26)

Durch die Angaben des Nutzers entstehen 4 Kategorien für die Haustechnik mit den folgenden Bauteilen:

Energiesstand	Erdsonde			
	Nr.	Ja Bauteilkatalog	Nr.	Nein Bauteilkatalog
MINERGIE	1	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Erdsonden, spez. Leistungsbedarf 30 W/m<sup>2</sup> (BTK: MB2032_209) + Wärmeverteilung (MB2032_206)</li> <li>▪ Umrechnung auf 20 W/m<sup>2</sup>A<sub>E</sub></li> <li>▪ Umrechnung auf graue Energie pro Jahr (Amortisationszeit 20 Jahre)</li> <li>▪ + Grundbetrag</li> </ul>	3	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Wärmeerzeuger, spez. Leistungsbedarf 30 W/m<sup>2</sup> (BTK: MB2032_201) + Wärmeverteilung (MB2032_206)</li> <li>▪ Umrechnung auf 20 W/m<sup>2</sup>A<sub>E</sub></li> <li>▪ Umrechnung auf graue Energie pro Jahr (Amortisationszeit 20 Jahre)</li> <li>▪ + Grundbetrag</li> </ul>
	2	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Erdsonden, spez. Leistungsbedarf 10 W/m<sup>2</sup> (BTK: MB2032_208) + Wärmeverteilung (MB2032_205)</li> <li>▪ Umrechnung auf 12 W/m<sup>2</sup>A<sub>E</sub></li> <li>▪ Umrechnung auf graue Energie pro Jahr (Amortisationszeit 20 Jahre)</li> <li>▪ + Grundbetrag</li> </ul>	4	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Wärmeerzeuger, spez. Leistungsbedarf 10 W/m<sup>2</sup> (BTK: MB2032_200) + Wärmeverteilung (MB2032_205)</li> <li>▪ Umrechnung auf 12 W/m<sup>2</sup>A<sub>E</sub></li> <li>▪ Umrechnung auf graue Energie pro Jahr (Amortisationszeit 20 Jahre)</li> <li>▪ + Grundbetrag</li> </ul>
MINERGIE-P/A				

Tabelle 26: Haustechnikkategorien.

In Abbildung 13 ist der Entscheidungsbaum dargestellt, welcher anhand der Angaben des Nutzers durchlaufen wird. Die spezifische Graue Energie für die Haustechnik jeder Kategorie ( $GE_{SBE}$ )<sup>13</sup> berechnet sich nach der „Rezeptur“ in der Tabelle 26. An den Enden des Entscheidungsbaumes steht zuoberst die der Berechnung zugrunde liegende Leistung der Anlage. In der nächsten Zeile darunter ist die Graue Energie des Wärmeerzeugers (Links mit Erdsonde und rechts mit einem unspezifischen Wärmeerzeuger) inkl. Wärmeverteilung abgebildet. Eine Zeile weiter unten ist der Grundbetrag welcher die Anlagen Lüftung, Sanitär und Elektro beinhaltet aufgeführt (22.5 MJ/m<sup>2</sup> A<sub>E</sub> a). Zuunterst befindet sich die Summe der Grauen Energie der Haustechnik ( $GE_{SBE}$ ).

<sup>13</sup>  $GE_{SBE}$  = spezifische Graue Energie für die Haustechnik (specific building equipment) [MJ/m<sup>2</sup> A<sub>E</sub> a]

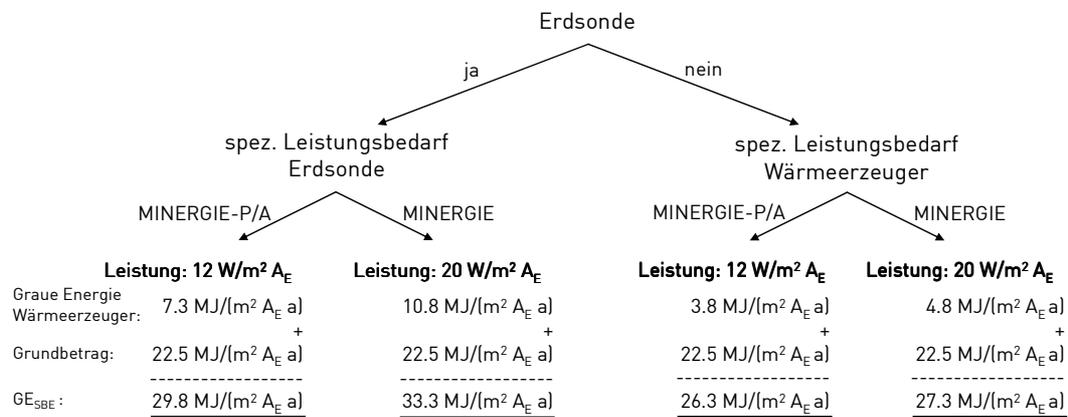


Abbildung 13: Entscheidungsbaum für die spezifische Graue Energie der Haustechnik GE<sub>SBE</sub> (Werte aus KBOB 2010).

Für die Berechnung der Grauen Energie der **Photovoltaik** gibt der Nutzer die Fläche der Sonnenkollektoren an. Verwendet wurden die monokristalline Siliziumzellen aus der KBOB Liste mit einer Amortisationszeit von 30 Jahren:

- 141 [MJ/m<sup>2</sup> PV a]

Dies entspricht 1000 Wp pro 7 m<sup>2</sup> Photovoltaik oder 142 Wp pro m<sup>2</sup>.<sup>14</sup>  
 (29800/(1000\*30))\*142

Der Wert für die Graue Energie der **Sonnenkollektoren** stammt aus der KBOB Liste und ist ein Mittelwert für Warmwasser bei Mehrfamilienhäusern und Einfamilienhäuser und beträgt 212 MJ pro m<sup>2</sup> Kollektorfläche und Jahr.

### Die Graue Energie der Haustechnik

Die Graue Energie der Haustechnik berechnet sich entsprechend durch die Multiplikation mit der A<sub>E</sub>:

$$GE_{BE} = GE_{SBE} * A_E + A_{PV} * 141 \text{ [MJ/m}^2 \text{ A}_{PV} \text{ a]} + A_{SK} * 212 \text{ [MJ/m}^2 \text{ A}_{SK} \text{ a]}$$

Formel 9: Graue Energie Haustechnik.

- GE<sub>BE</sub> = Graue Energie der Haustechnik [MJ/a]
- A<sub>PV</sub> = Fläche der Photovoltaik [m<sup>2</sup>]
- A<sub>SK</sub> = Fläche der Sonnenkollektoren [m<sup>2</sup>]

<sup>14</sup> <http://www.swissolar.ch/de/strom-von-der-sonne/erfahrungsberichte/haeufige-fragen/>

## K Die Graue Energie des Aushubs

Mit der Eingabe der Gebäudegrundfläche (GGF), der Anzahl Geschosse unter Terrain ( $NF_{ST}$ ) und der unbeheizten Fläche ausserhalb des Gebäudes ( $A_{BB}$ ) kann vereinfacht und mit ein paar Annahmen die Graue Energie für den maschinellen Aushub berechnet werden. In der Abbildung 14 ist ein Querschnitt eines Aushubs dargestellt.

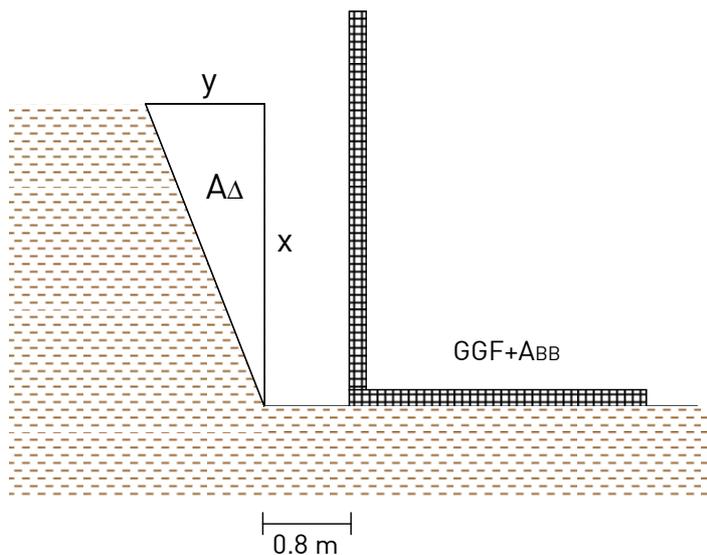


Abbildung 14: Querschnitt eines Aushubs.

Für die Berechnung der Grauen Energie brauchen wir das Aushubvolumen ( $V_A$ ):

$$V_A = [T_A * \{\sqrt{GGF_{ST} / NF_{ST}} + 1.6\}^2] + [4 * \{\sqrt{GGF_{ST} / NF_{ST}} + 1.6\} * \{[(2/3) * T_A^2] / 2\}] + 4 * \{[(1/3) * (4/9) * T_A^3]\}$$

Formel 10: Aushubvolumen  $V_A$ .

- Die Tiefe des Aushubs wird folgendermassen berechnet:  $T_A = H_R * NF_{ST}$ 
  - $H_R$  = Raumhöhe des Untergeschoss
  - $GGF_{ST}$  = Geschossfläche Subterrain
  - $NF_{ST}$  = Anzahl Geschosse unter Terrain
- Durch die Addition von 0.8m an beiden Enden der jeweiligen Seitenlänge des Grundrisses entsteht die neue Aushubseitenlänge  $S_A$  [m]:  $S_A = \sqrt{GGF_{ST} / NF_{ST}} + 1.6$
- Die Aushubsfläche  $A_A$  [m<sup>2</sup>]:  $A_A = \{\sqrt{GGF_{ST} / NF_{ST}} + 1.6\}^2$
- Der Aushubumfang  $U_A$ :  $U_A = 4 * \{\sqrt{GGF_{ST} / NF_{ST}} + 1.6\}$
- Dreiecksfläche  $A_{\Delta}$ :
  - $y = (2/3) * T_A$
  - $A_{\Delta} = (T_A * y) / 2 = \{[(2/3) * T_A^2] / 2\}$

- Pyramidevolumen ( $V_p$ ) in den 4 Ecken:  $V_p = 4 * ((1/3) * (4/9) * T_A^3)$

In Abbildung 15 ist das Aushubvolumen aus der Vogelperspektive dargestellt. Gut erkennbar sind die Pyramiden in den 4 Ecken.

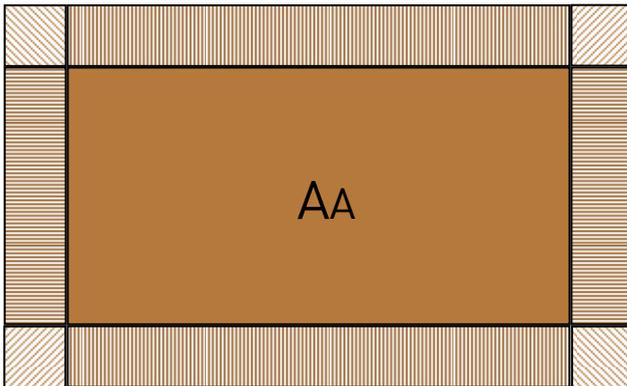


Abbildung 15: Vogelperspektive des Aushubvolumens (AA = Aushubfläche).

Aus dem Bauteilkatalog und der KBOB Liste entnehmen wir folgende Grössen:

- Graue Energie für Aushub maschinell:  $8.03 \text{ MJ/m}^3$
- Aushubdichte:  $1400 \text{ kg/m}^3$
- Abtransport:  $10 \text{ km}$
- Graue Energie von LKW 20 bis 28 t [tkm]:  $135.51 \text{ MJ/m}^3$

Das ergibt eine Graue Energie pro  $\text{m}^3$  Aushub und einem durchschnittlichen Abtransport von  $10 \text{ km}$ :

- $53.2 \text{ MJ/m}^3 V_A$  (mit einer Lebensdauer von 60 Jahren) oder pro Jahr:
- $0.89 \text{ MJ/m}^3 V_A * a$

Die gesamte Graue Energie, unabhängig von der Lebensdauer des Gebäudes beträgt somit für den Aushub ( $GE_A$ ):

$$GE_A = V_A * 53.2 \text{ MJ/m}^3 \text{ (über 60 Jahre)}$$

oder pro Jahr:

$$GE_A = V_A * 0.89 \text{ MJ/m}^3 V_A * a$$

Formel 11: Graue Energie für den Aushub ( $GE_A$ ).

## L Graue Energie von Innenwänden bei Modernisierungen

Mit den Angaben über die Raumhöhe ( $H_R$ ), die Energiebezugsfläche ( $A_E$ ) und den Grundrisstyp kann die Fläche der Innenwand des Gebäudes, bezogen auf die beheizte Fläche, berechnet werden:

$$A_{IW} = A_E * L_{SIW} * H_R$$

Formel 12: Fläche der Innenwand

- $A_{IW}^{15}$  = Innenwandfläche [ $m^2$ ]
- $A_E$  = Energiebezugsfläche [ $m^2$ ]
- $L_{SIW}^{16}$  = Laufmeterzahl der Innenwand [ $m/m^2 A_E$ ]
- $H_R$  = Raumhöhe [m]

Das Feld der Energiebezugsfläche ist ein Eingabefeld und muss vom Nutzer anhand von Plänen berechnet und ausgefüllt werden.

Für den Grundriss eines Gebäudes stehen 3 vordefinierte Typen zur Auswahl, welche mit einer Laufmeterzahl der Innenwand verknüpft sind (analog zu Neubau):

- Typ 1: Laufmeterzahl:  $L_{SIW} = 0.25 m/m^2 A_E$
- Typ 2: Laufmeterzahl:  $L_{SIW} = 0.4 m/m^2 A_E$
- Typ 3: Laufmeterzahl:  $L_{SIW} = 0.5 m/m^2 A_E$

Die Laufmeterzahl spielt eine wichtige Rolle in der Berechnung der Innenwandfläche.

Der Nutzer muss bei den Innenwänden die Eingriffstiefe (Modernisierungsoptionen) wählen. Je nach Eingriffstiefe wird eine gewisse Fläche an neuen Wänden erstellt oder verschoben. Für diesen Fall muss deshalb neben der Raumhöhe (zur Innenwandflächenberechnung) auch der Konstruktionstyp (Ersatz) der neuen Innenwand angegeben werden:

- Massivbau
- Leichtbau
- Glasbau

Die entsprechende Auswahl mit der dazugehörigen Grauen Energie pro  $m^2$  Bauteilfläche und Jahr befindet sich in Tabelle 10 (Graue Energie der Innenwände bei Neubauten).. Bei Modernisierungen stehen nur Innenwandkonstruktionen mit Mindestanforderungen an den Schallschutz zur Verfügung. Das Fehlen der Wahl eines Konstruktionstyps führt dazu, dass keine neue Innenwand erstellt wird.

Es stehen 3 **Eingriffstiefen** zur Auswahl, welche im Folgenden genauer beschrieben werden:

<sup>15</sup>  $A_{IW}$  = Fläche interior wall [ $m^2$ ]

<sup>16</sup>  $L_{SIW}$  = Laufmeter specific, interior walls [ $m / m^2 A_E$ ]

- (A) Kleiner Eingriff
- (B) Mittlerer Eingriff
- (C) Grosser Eingriff

(A) Unter der Kategorie „kleiner Eingriff“ wird angenommen dass 5% der gesamten Innenwandfläche  $A_{W}$  für Türen und/oder Fenster entfernt wird (siehe Abbildung 16).

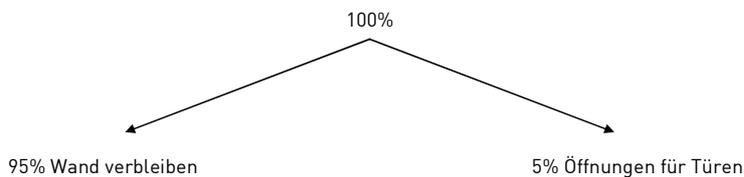


Abbildung 16: Darstellung des kleinen Eingriffs.

Die gleiche Fläche wird mit einem einfachen Mauerwerk (Backstein 15cm mit Verputz) auch wieder zugemauert. Zusätzlich beinhaltet dieses Paket einen Verputz von 5% von  $A_{W}$  und eine vollständige, beidseitige Wandbestreichung.

(B) Unter der Kategorie „mittlerer Eingriff“ wird angenommen dass 5% der gesamten Innenwandfläche  $A_{W}$  für Türen entfernt werden. Zusätzlich wird angenommen dass auch ganze Wände entfernt und teilweise erstellt werden. Es wird unterschieden zwischen Wände mit tragender und nicht-tragender Funktion, da bei der Entfernung einer tragenden Wand ein Träger eingebaut werden muss. Es wird angenommen, dass die Hälfte der entfernten, nicht tragenden Wände an einer neuen Lage wieder hergestellt wird. Dabei ist der Konstruktionstyp der neu erstellten Wand wählbar (**Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.**). Die prozentuale Verteilung der mittleren Eingriffe ist in Abbildung 17 dargestellt.

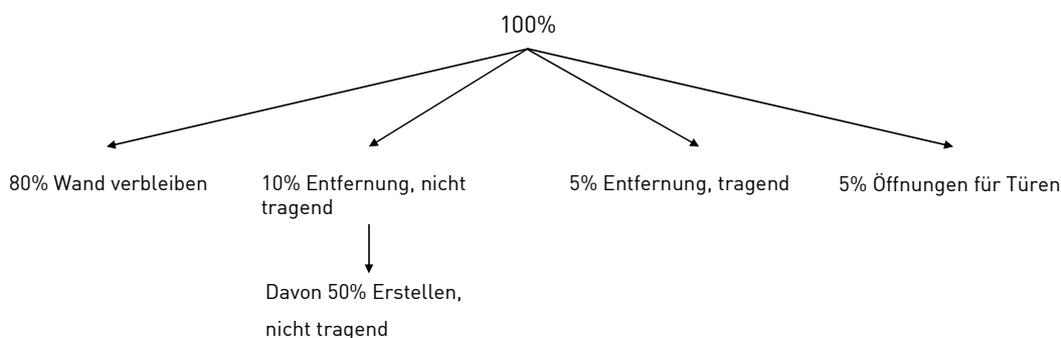


Abbildung 17: Darstellung des mittleren Eingriffs.

Wie in (A) wird auch in (B) 5% von  $A_{IW}$  neu verputzt und die ganze Innenwandfläche beidseitig neu gestrichen. Tabelle 27 zeigt am Beispiel des mittleren Eingriffs die Arbeiten und dazugehörigen Massen tabellarisch.

Modernisierungsoptionen: (B) Mittlerer Eingriff (20%)	Grösse	Bezug Einheit	Dichte	Menge	Graue Energie (nicht erneuerbar)			Graue Energie	
					Total (aus KB0B)	Herstellung	Entsorgung		
			kg/m <sup>3</sup>	m <sup>2</sup>	kg	MJ/kg	MJ/kg	MJ/m <sup>2</sup>	[MJ]
<b>Grössere Eingriffe</b>	5	%		48					
Öffnungen für Türen									
Innentüre, Holz	Fläche	m <sup>2</sup>		1.845		729	715.000	14.3	729.0
Gips-/Weissputz	Masse	kg	1500		11	1.62	1.510	0.11	9.9
Zementmörtel	Masse	kg	1700		26	1.49	1.300	0.19	20.8
Beton C.30/37	Masse	kg	2380		64	0.761	0.567	0.567	26.5
Armierungsstahl	Masse	kg	105		5	13.5	13.500	13.5	34.6
<b>Graue Energie</b>									<b>820.8</b>
Schlussung von Öffnungen	5	%							<b>39'396</b>
Mauerwerk mit Verputz				48					546.0
<b>Graue Energie</b>									<b>26'208</b>
Entfernung nicht tragend	10	%							
Gips-/Weissputz	Masse	kg	1500		96	191	1.62	1.510	0.11
Zementmörtel	Masse	kg	1700		96	432	1.49	1.300	0.19
<b>Graue Energie</b>									<b>9.9</b>
Entfernung tragend	5	%							
Gips-/Weissputz	Masse	kg	1500		48	101	1.62	1.510	0.11
Zementmörtel	Masse	kg	1700		48	228	1.49	1.300	0.19
Stahlprofil, blank	Masse	kg	7850		48	630	15.7	15.700	0
Mauerwerk mit Verputz				1.2					546.0
<b>Graue Energie</b>									<b>871.8</b>
Verschiebung nicht tragend	50	%							<b>41'844</b>
Leichtbau				48					829.0
<b>Graue Energie</b>									<b>39'792</b>
Verputz									
Wand verputzen	5	%							
Gips-/Weissputz	Masse	kg	1500		48	1'440	1.62	1.510	0.11
<b>Graue Energie</b>									<b>48.6</b>
Streichen									
Farbe	100	%							
Acrylharzdispersion	Masse	kg		960	576	51.6	51.3	0.284	31.0
Alkydharzlack, wasserdünnbar	Masse	kg		576	172.8	53.8	53.5	0.284	16.1
<b>Graue Energie</b>									<b>47.1</b>
<b>Totale Graue Modernisierungsenergie</b>									<b>228'563</b>
									<b>229</b>

Tabelle 27: Graue Energie der Modernisierung bei Innenwänden für Fall (B).

(C) Die Massnahmen sind die gleichen wie im Fall (B), nur dass die prozentuale Verteilung verschieden ist (siehe Abbildung 18).

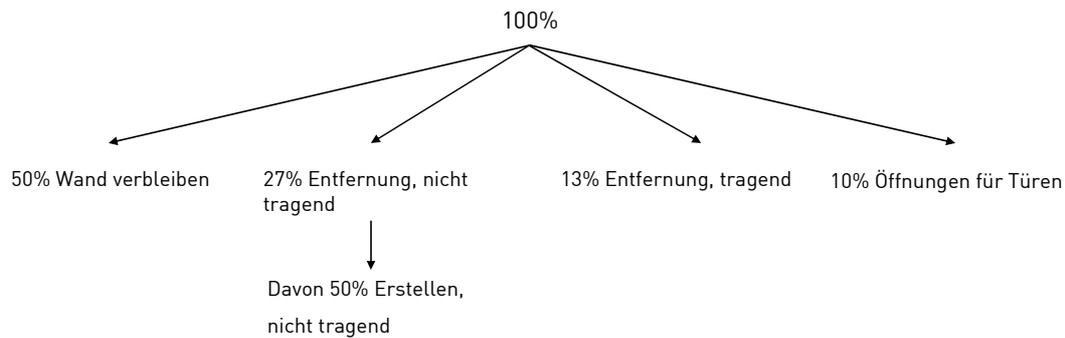


Abbildung 18: Darstellung des grossen Eingriffs.

Auch im Fall (C) werden 5% von  $A_{IW}$  neu verputzt und die ganze Innenwandfläche beidseitig gestrichen.

Für die **Berechnung der Türöffnungen** werden folgende Masse angenommen:

- Höhe: 2.05 m
- Breite: 0.9 m

Dies ergibt eine Fläche von  $1.845 \text{ m}^2$ . Als Mauerwerksdicke werden 0.15 m angenommen (Abbildung 19).

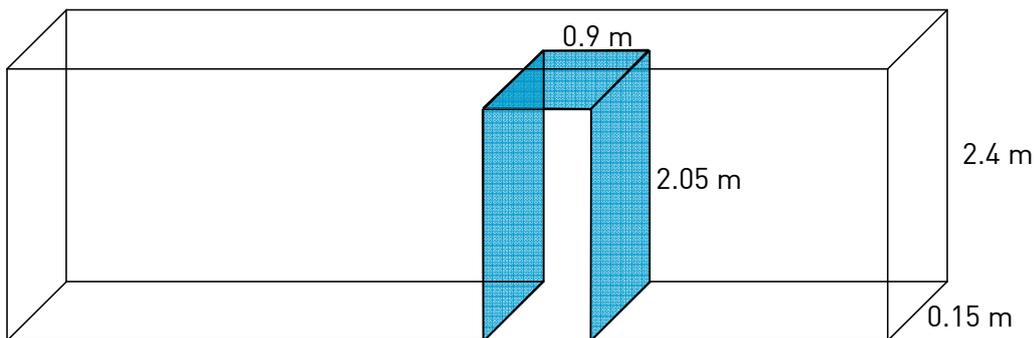


Abbildung 19: Öffnungen für die Türen.

Für die Berechnung der Grauen Energie wurden noch folgende Annahmen getroffen:

- 2 cm dicke Zementmörtelschicht auf der blauen Fläche wie in Abbildung 19 dargestellt
- 1 cm dicke Gips-/Weissputzschicht auf der blauen Fläche wie in Abbildung 19 dargestellt
- Holztüre mit Rahmen (2.05 m \* 0.9 m)
- Stahlbetonsturz mit 105 kg Stahl pro  $\text{m}^3$  (0.15 \* 0.25 \* 1.2)
- Schliessung der alten Türen mit einem Backsteinmauerwerk beidseitig verputzt (Bauteil-katalog plus E6-021,  $10.24 \text{ MJ/m}^2$  Bauteil \* a)

Bei der **Entfernung einer nicht-tragenden Wand** werden die Anschlüsse wieder hergestellt. Abbildung 20 stellt die Rahmenfläche mit den beiden variablen, von der Wandlänge abhängige, Boden- und Deckenflächen (grün) sowie der von der Wandlänge unabhängigen fixen Seitenflächen (blau) grafisch dar.

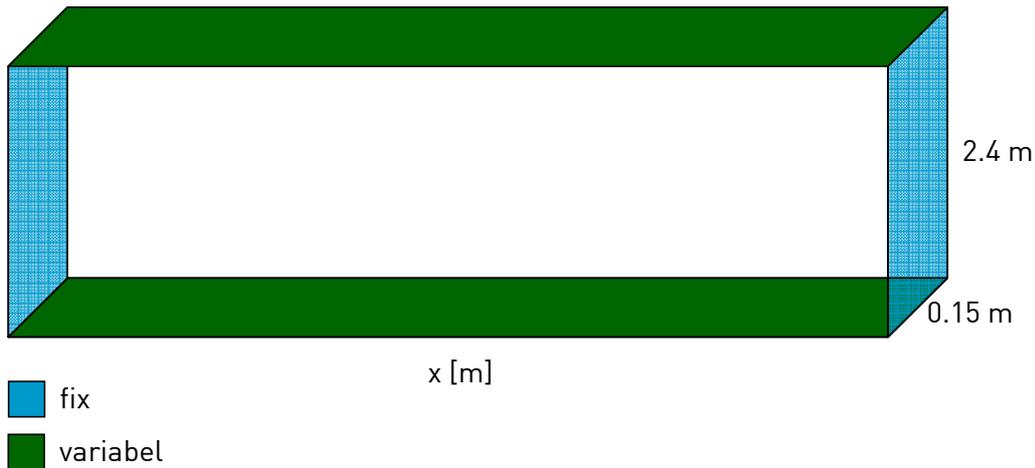


Abbildung 20: Entfernung einer Wand.

- Die blaue Fläche beträgt:  $2 * H_R * 0.15 \text{ m}$
- Die grüne Fläche beträgt:  $2 * (A_{IWM}^{17} / H_R) * 0.15 \text{ m}$
- Die zu renovierende Fläche ( $2 \times$  grün) ist somit:  $A_M^{18} = 2 * (A_{IWM} / H_R) * 0.15 \text{ m} + 2 * H_R * 0.15 \text{ m}$

$A_{IWM}$  ist die Wandfläche, welche von einem Eingriff betroffen ist.

Für die Berechnung der Grauen Energie wurden noch folgende Annahmen getroffen:

- 2 cm Zementmörtelschicht für  $A_M$
- 1 cm Gips-/Weissputzschicht für  $A_M$

<sup>17</sup>  $A_{IWM}$  = Innenwandfläche der Modernisierung [ $\text{m}^2$ ]

<sup>18</sup>  $A_M$  = Modernisierungsfläche (zu bearbeitende Fläche, Rahmen der Innenwand) [ $\text{m}^2$ ]

Im Falle einer **Entfernung einer tragenden Wand** ist das Vorgehen genau gleich wie bei der Entfernung einer nicht-tragenden Wand, nur dass zusätzlich ein Doppel-T-Stahlträger für die Lastabtragung der darüberliegenden Last eingebaut werden muss.

## Debrunner Acifer

klöckner & co multi metal distribution

### 122.200.180 IPE Träger

- warmgewalzt



EN 10025

S235JR

eClass 5.1 35-01-01-04

S235JR

Profil	240
L	24 m
kg/m	30.700
<b>CHF/100 kg</b>	<b>266.00</b>

Abbildung 21: Doppel-T-Stahlträger<sup>19</sup>

Aus Abbildung 21 ist zu entnehmen, dass der Stahlträger ein Gewicht von 30.7 kg/m besitzt. Die Laufmeterzahl des Stahlprofils berechnet sich aus  $A_{WR} / H_R$ . Die notwendigen Auflager berechnen sich wie folgt: Backstein 15 cm dick mit Verputz; Fläche =  $2 * 0.25 \text{ m} * H_R$ .

5% von  $A_{W}$  werden mit einer 1 cm dicken Gips-/Weissputzschicht verputzt.

Die ganze Innenwandfläche wird mit Acrylharzdispersion beidseitig bestrichen. Es wird angenommen, dass  $300\text{g/m}^2$  verwendet werden. Zusätzlich wird angenommen dass 60% von  $A_{W}$  mit Alkydharzlack (wasserverdünnbar,  $300\text{g/m}^2$ ) gestrichen wird. Dies sind zum Beispiel Vorhangbretter, Heizkörper, etc.

<sup>19</sup> [http://b2b.d-a.ch/shop/pdf\\_select.cfm?CFID=3199206&CFTOKEN=87603106&id\\_o\\_product=12975](http://b2b.d-a.ch/shop/pdf_select.cfm?CFID=3199206&CFTOKEN=87603106&id_o_product=12975)

## **M Graue Energie der Zwischendecken bei Modernisierungen**

Die Bezugsgrösse bei den Zwischendecken ist die Energiebezugsfläche ( $A_E$ ). Diese Fläche wird dabei einmal für die Boden- und einmal für die Deckenmassnahmen verwendet. Bei den Zwischendecken gibt es, im Gegensatz zu den Innenwänden, zurzeit nur eine Sanierungsvariante. Aufgrund fehlender Daten zur grauen Energie bei Bodenbelägen werden diese im Moment weder in der detaillierten noch in der vereinfachten Erfassung berücksichtigt. Somit wird in der vereinfachten Erfassung nur das Streichen der Decken berechnet.

- 100% der  $A_E$  wird mit Acrylharzdispersion ( $300\text{g}/\text{m}^2$ ) neu gestrichen
- 10% der  $A_E$  wird mit Gips-/Weissputz (1cm dick) behandelt

In Tabelle 28 wird ein Beispiel einer Modernisierung der Zwischendecke anhand des Excelfiles.



## N Fallbeispiele

Für die Bestimmung der Grenzwerte der Grauen Energie für Neubauten und Modernisierungen wurde aus einer Vielzahl von Fallbeispielen (Tabelle 29 und Tabelle 30) eine Auswahl getroffen.

Nr.	Sanierung/ Neubau	Bauherrschaft	Objektbezeichnung	Nutzung	Doku Ja/Nein	Quelle der Unterlagen	Erfassung durch:	Kommentar
1	Neubau	Etat de Vaud	Atelier de Chartem	Ateliers	Ja	Etat de Vaud Gregory Tornare	SIPAL	Bei MINERGIE zur Zertifizierung, Abschluss 4. Mai 2010
2	Voll- sanierung	Etat de Vaud	BAC Moudon	Administration	Ja	Etat de Vaud Gregory Tornare	SIPAL	beinahe fertiggestellt, Unterlagen bei SIPAL
3	Sanierung mit Anbau	Kanton Zürich	Bezirksgebäude Bülach, Umbau und Anbau, Spitalstrasse 13, 8180 Bülach	Verwaltungsgebäude	Ja	Kanton Zürich Paul Eggimann	SIPAL	Unterlagen bei HBA Kt. ZH. Neubau: Hülle MINERGIE (- ECO), Altbau: unter Denkmalschutz, Stand Ausführungsprojekt
4	Neubau	Stadt Zürich	Altersheim Trotte, Mehrfamilienhaus	MFH	Ja	Stadt Zürich Heiri Gugerli,	SIPAL	MINERGIE-P-ECO, Bauprojekt liegt vor, Bezug ca. 2013
5	Sanierung	Stadt Zürich	Altersheim Dorflinde, Mehrfamilienhaus	MFH	Ja	Stadt Zürich Heiri Gugerli,	SIPAL	In Ausführung, Bezug 2011 Sanierung nach MINERGIE- Neubau
6	Sanierung	Stadt Zürich	Schulhaus Milchbuck	Schulhaus, Denkmalgeschützt	?	Stadt Zürich Heiri Gugerli,	SIPAL	MINERGIE Modernisierung, Bezug 2009
7	Sanierung	Stadt Zürich	Wohnsiedlung Paradis	MFH	Ja	Stadt Zürich	SIPAL	z.T. MINERGIE-Neubau- Anforderungen, Bauprojekt, Bezug ab 2012
8	Sanierung	Stadt Zürich	Kreisgebäude 3	Verwaltungsgebäude	Ja	Stadt Zürich Heiri Gugerli,	SIPAL	MINERGIE-Modernisierung, in Ausführung, Bezug 2011
9	Sanierung mit Anbau	Stadt Zürich	Wohnsiedlung Glatt I	MFH	Ja	Stadt Zürich Heiri Gugerli,	SIPAL	MINERGIE-Neubau bis -P, Bauprojekt, Realisierung noch offen
10	Sanierung	Immobilien Aargau	Bildungszentrum Unterenfelden BZU (bestehend aus der Schweizerischen Bauschule Aarau (SBA) und Gastro Aargau)	Schule (50'000 m3)	Ja	Immobilien Aargau Kuno Schumacher	Z4 - 30Mo.	Sanierungsumfang, Studienauftrag abgeschlossen, Fertigstellung 2012 -2014, MINERGIE-ECO

Tabelle 29: Beschreibung der Fallbeispiele, Teil 1

Nr.	Sanierung/ Neubau	Bauherrschaft	Objektbezeichnung	Nutzung	Doku Ja/Nein	Quelle der Unterlagen	Erfassung durch:	Kommentar
11	Neubau		EFH Freudenbergstrasse 15, Schmid-Gruber, 9512 Rossrüti, Will	EFH	Ja	MINERGIE ECO St. Gallen	Intep	Def. Zertifizierung noch offen
12	Neubau		Wohnsiedlung Sunnywatt, HAUS A; Haldensteinerstrasse 28 a-d; 8105 Watt	MFH	Ja	MINERGIE ECO St. Gallen		Def. Zertifizierung noch offen
13	Sanierung	D. Lehmann	EFH, Zelweg 55h, 4955 Gondiswil	EFH	Ja	MINERGIE ECO St. Gallen		MINERGIE, evtl. -P. Umbau, Projekt/Baugesuch eingereicht, Bezug Dez. 2010
14	Neubau	Coopérative CODHA	Immeuble ch. du Millénaire, Plan-Les-Ouates	MFH	Ja	Etat de Genève Gregory Tornare	ScanE	Certifié MINERGIE-ECO, fertiggestellt
15	Teil- sanierung	CS REF Siat	MFH Alpenblick 7+9, 6330 Cham	MFH	Ja	Credit Suisse		Innensanierung 2007/2008
16	Teil- sanierung	CS REF Siat	MFH Im Hürdli 2+4+6, 8152 Giattbrugg	MFH	Ja	Credit Suisse Torsten Gottmann		Innensanierung mit Fensterersatz 2009
17	Sanierung	CS REF Siat	MFH Kornweg 6, General Guisan 53, 5415 Nussbaumen b. Baden	MFH	Ja	Credit Suisse Torsten Gottmann		Totalsanierung 2008
18	Teil- sanierung	CS REF Siat	MFH Rue de Lausanne 21, 1020 Rennens	MFH	Ja	Credit Suisse Torsten Gottmann		Innensanierung mit Fensterersatz 2009
19	Sanierung	CS Anlagestiftung	MFH Schwylerstr. 14-26, 8712 Stäfa	MFH	Ja	Credit Suisse		Totalsanierung 2006
20	Sanierung.	CS Anlagestiftung	Rotzenbühlstr. 24+26, 8957 Spreitenbach	MFH	Ja	Credit Suisse		Totalsanierung exkl. WD-Fassade 2008
21	Teil- sanierung	CS REF Siat	MFH Route de Pavement 5-9, 1018 Lausanne	MFH	Ja	Credit Suisse		Aussensanierung 2007
22	Teil- sanierung	CS REF Siat	MFH Avenue du Parc de la Rouvraie 14+16, 1018 Lausanne	MFH	Ja	Credit Suisse Torsten Gottmann		Aussensanierung 2007
23	Sanierung	Etat de Genève	Immeuble ch. Corderaie, Grottes	MFH	Ja	Etat de Genève Gregory Tornare	ScanE	Non certifié, fertiggestellt
24	Neubau	Savoy	4 Villas contigües, 9A-D rue de la Plamatte, 1228 Plan-Les-Ouates	EFH	Ja	Etat de Genève Gregory Tornare	ScanE	Non certifié, fertiggestellt
Nr.	Sanierung/ Neubau	Bauherrschaft	Objektbezeichnung	Nutzung	Doku Ja/Nein	Quelle der Unterlagen	Erfassung durch:	Kommentar
25	Neubau	von Düring	3 Villas contigües, 49 Chemin du Jonc, 1218 Grand-Saconnex	EFH	Ja	Etat de Genève Gregory Tornare	ScanE	Non certifié, fertiggestellt
26	Sanierung	Coop	Immeuble des Charpentiers MFH	MHF	Ja	Citherlet Stephane	HEIG-VD	Erneuerung Minergie-P, Zertifizierung unterwegs

Tabelle 30: Beschreibung der Fallbeispiele, Teil 2

### Erstes Auswahlverfahren

Aus den 26 Fallbeispielen wurden 16 zur weiteren Bearbeitung vorgeschlagen. Die 10 Fallbeispiele, welche nicht berücksichtigt wurden, sind in Tabelle 29 und Tabelle 30 grau markiert.

Nachfolgend eine kurze Beschreibung des Auswahlverfahrens und deren Anwendung:

- Das Verhältnis Sanierung zu Neubau liegt bei etwa 2 zu 1. Ziel des Projektes ist ein Verhältnis von etwa 3 zu 1. Dies bedeutet dass die Anzahl Sanierungen reduziert werden müssen.
- Das Verhältnis von MINERGIE zu Nicht-MINERGIE liegt bei etwa 1 zu 1. Dieses Verhältnis soll etwa beibehalten werden.
- Die Gebäude verteilen sich auf den Typ wie folgt: 16 MFH, 4 EFH, 2 Schulen, 3 Verwaltungen/Administration und 1 Atelier. Die Anzahl der MFH soll vorwiegend reduziert werden.
- Die Standorte verteilen sich sehr gleichmässig auf die Stadt Zürich, die Umgebung Zürich und die Welsche Schweiz. 2 Gebäude sind der Ostschweiz und eines Zug zuzuordnen. Die Reduktion der Gebäude soll gleichmässig auf die Stadt Zürich, die Umgebung Zürich und die Welsche Schweiz erfolgen.
- Die Projekte befinden sich mehrheitlich in der Phase Bau- und Ausführungsprojekt oder sie sind schon gebaut. Zwei der Beispiele sind noch unklar und benötigen weitere Angaben. Die Reduktion soll gleichmässig auf die Projektphasen angewendet werden.

Begründung weshalb folgende 10 Fallbeispiele nicht berücksichtigt werden. Alle Objekte erfüllen obige Reduktionskriterien:

Nr. 7, Wohnsiedlung Paradies: Ähnlich wie Wohnsiedlung Glatt I in der Stadt Zürich

Nr. 9, Wohnsiedlung Glatt I in der Stadt Zürich: im Nachhinein wegen fehlenden Unterlagen

Nr. 11, Von den drei Neubauten EF-Häuser wurden die zwei welche schon bearbeitet sind (Welsche Schweiz) ausgewählt was zum Ausschluss dieses führte

Nr. 12, Wohnsiedlung Sunnywatt: Von den 3 zur Auswahl stehenden Neubauten und MF-Häuser liegt dieses als einziges in der Umgebung von Zürich

Nr. 15, 19,20 und 21, Von einer grossen Anzahl (11) von gebauten nicht-MINERGIE Standard und (Teil-) sanierten MF-Häuser wurden 4 ausgeschlossen. Nr.18, da es eine nicht MINERGIE zertifizierte Sanierung ist, wurde sie durch die einzige MINERGIE-P zertifizierte Sanierung ersetzt.

Nr. 26, Immeuble des Charpentiers MFH: im Nachhinein wegen fehlenden Unterlagen

In der folgenden Tabelle 31, Tabelle 32, Tabelle 33 und Tabelle 34 ist die Reduktion der Fallbeispiele nach den verschiedenen Kriterien zusammengefasst:

(x): verbleibende Fallbeispiele nach der Reduktion von 26 auf 16

Standard	Wohnen MFH	Wohnen EFH	Schule	Verwaltung & Administration	Andere (z.B. Atelier)	Total
MINERGIE	7(3)	2 (1)	2 (2)	2 (2)	1 (1)	<b>14 (9)</b>
kein MINERGIE	9 (4)	2 (2)				<b>11 (6)</b>
Neubau Minergie, Sanierung nicht				1 (1)		<b>1 (1)</b>
<b>Total</b>	<b>16 (9)</b>	<b>4 (3)</b>	<b>2 (2)</b>	<b>3 (3)</b>	<b>1 (1)</b>	<b>26 (16)</b>

Tabelle 31: Zusammenfassung nach Energiestandard.

Neubau/Sanierung	Wohnen MFH	Wohnen EFH	Schule	Verwaltung & Administration	Andere (z.B. Atelier)	Total
Neubau	3 (1)	3 (2)			1 (2)	<b>7 (5)</b>
Sanierung (Voll- oder Teil-)	7 (3)	1 (1)	2 (2)	1 (1)		<b>11 (7)</b>
Vollsanierung				1 (1)		<b>1 (1)</b>
Teilsanierung	5 (2)					<b>5 (2)</b>
Sanierung mit Neubau				1 (1)		<b>2 (1)</b>
<b>Total</b>	<b>16 (9)</b>	<b>4 (3)</b>	<b>2 (2)</b>	<b>3 (3)</b>	<b>1 (1)</b>	<b>26 (16)</b>

Tabelle 32: Zusammenfassung nach Neubau oder Sanierung

Standort	Wohnen MFH	Wohnen EFH	Schule	Verwaltung & Administration	Andere (z.B. Atelier)	Total
Stadt Zürich	4 (2)		1 (1)	1 (1)		<b>6 (4)</b>
Umgebung Zürich	5 (2)		1 (1)	1 (1)		<b>7 (4)</b>
Welsche Schweiz	6 (3)	2 (1)		1 (1)	1 (1)	<b>10 (6)</b>
Ostschweiz		2 (2)				<b>2 (2)</b>
Bern und Umgebung (inkl. Zug)	1 (0)					<b>1 (0)</b>
<b>Total</b>	<b>16 (9)</b>	<b>4 (3)</b>	<b>2 (2)</b>	<b>3 (3)</b>	<b>1 (1)</b>	<b>26 (16)</b>

Tabelle 33: Zusammenfassung nach Standort

Planungsstand	Wohnen MFH	Wohnen EFH	Schule	Verwaltung & Administration	Andere (z.B. Atelier)	Total
Vorprojekt (prov. Zertifizierung)						
Bau-, Ausführungsprojekt (def. Zertifizierung)	5 (2)	2 (1)	1 (1)	2 (2)		<b>10 (6)</b>
Ausgeführt	11 (5)		1 (1)	1 (1)	1 (1)	<b>14 (8)</b>
Unklar		2 (2)				<b>2 (2)</b>
<b>Total</b>	<b>16 (9)</b>	<b>4 (3)</b>	<b>2 (2)</b>	<b>3 (3)</b>	<b>1 (1)</b>	<b>26 (16)</b>

Tabelle 34: Zusammenfassung nach Planungsstand.

**Zusätzliche Fallbeispiele (Neubauten)**

Während der Erarbeitung der Grenzwerte für Neubauten wurde festgestellt, dass die 5 ausgewählten Fallbeispiele nicht reichen um eine genügende Grundlage für die Bestimmung der Grenzwerte zu haben. Entsprechend wurde aus den untersuchten Fallbeispielen des Systemnachweises aus dem Jahre 2008 [19] noch folgende hinzugefügt: Mittelhausern (Kindergarten) und Green Office in Lausanne. Es waren die beiden einzigen einigermaßen vollständig in Lesosai erfassten und dokumentierten Beispiele. Zusätzlich wurde uns von Lenum AG (Lichtenstein) zwei weitere gut dokumentierte Beispiele mit umfassend berechnete Grauen Energie angeboten. Es sind dies die Tägerhalde (MFH) und das Schulhaus Mühleholz

Objekt	Nutzung	Typ	Quelle
Mittelhausern	Schule	Neubau	
Green Office	Verwaltung	Neubau	
Tägerhalde	MFH	Neubau	EK Zürich
Mühleholz	Schule	Neubau	EK Zürich
Mustergebäude	MFH	Neubau	Intep Zürich

Tabelle 35: Zusätzliche Beispiele für Neubauten.

## 0 Mustergebäude

Im folgenden Abschnitt wird ein Mustergebäude (Neubau) beschrieben, welches dazu dienen soll, die Eingabe und die Rechengänge in Softwareprogrammen wie z.B. Lesosai [5] oder Bauteilkatalog [2] zu überprüfen und die Werte für die Bestimmung der Grenzwerte der Graue Energie zu berücksichtigen. Dazu werden alle notwendigen Informationen zusammengetragen.

### Lage

Das Gebäude befindet sich in der Schweiz (CH)- Zürich Stadt.

### Lebensdauer

Die Lebensdauer wird mit 60 Jahren angenommen.

### Geschosse

Das Mustergebäude besteht aus 5 Geschossen:

- 1 Untergeschoss (Tiefgarage)
- 4 Obergeschosse

### Gebäudefassade

Die nachstehenden Abbildungen zeigen die verschiedenen Ansichten Süd, Nord, Ost/West sowie einen Grundriss des Standardgebäudes:

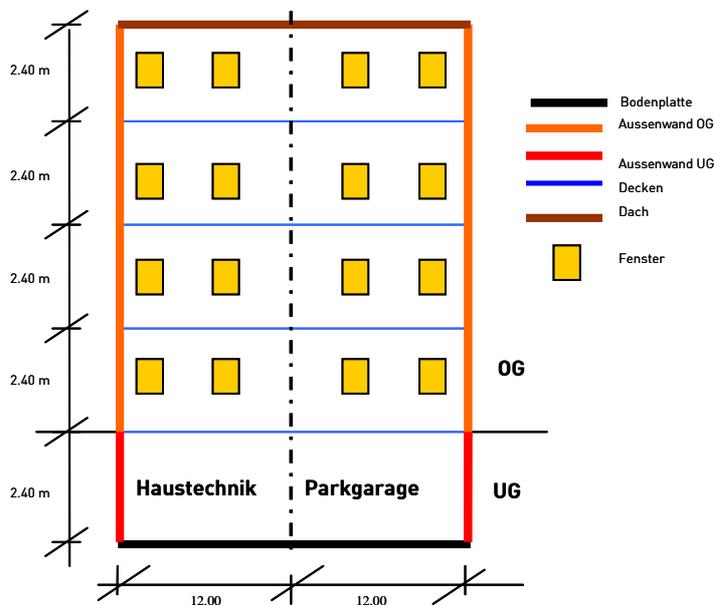


Abbildung 22: Ansicht Nord.

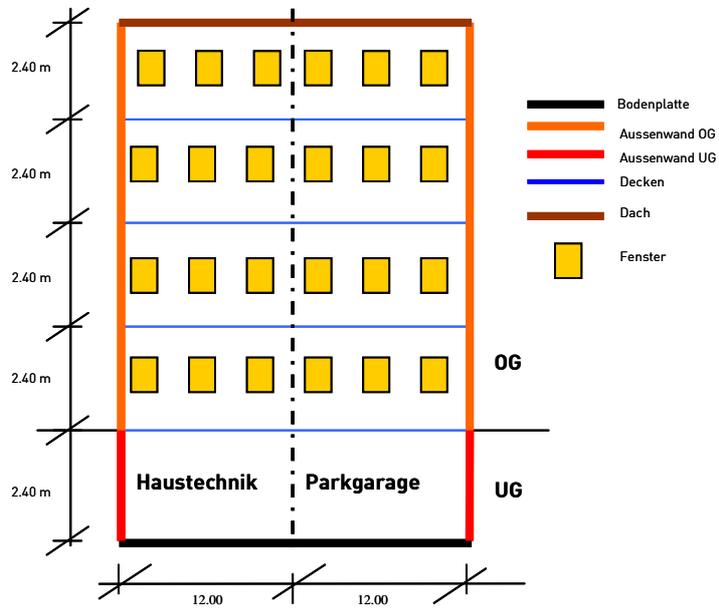


Abbildung 23: Ansicht Süd.

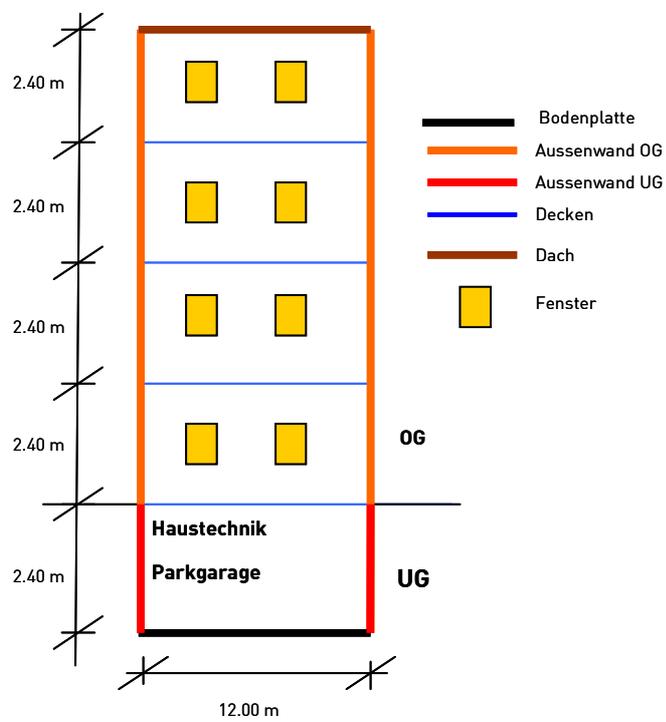


Abbildung 24: Ansicht Ost/West.

### Standardgrundriss

Die folgende Abbildung zeigt den Grundriss eines Stockwerkes des Gebäudes. Es werden zwei getrennte Wohnungen angenommen, welche durch den Versorgungsschacht (Treppenhaus, Haustechnikschacht, Eingänge) erschlossen werden und durch eine Betonwand getrennt sind.

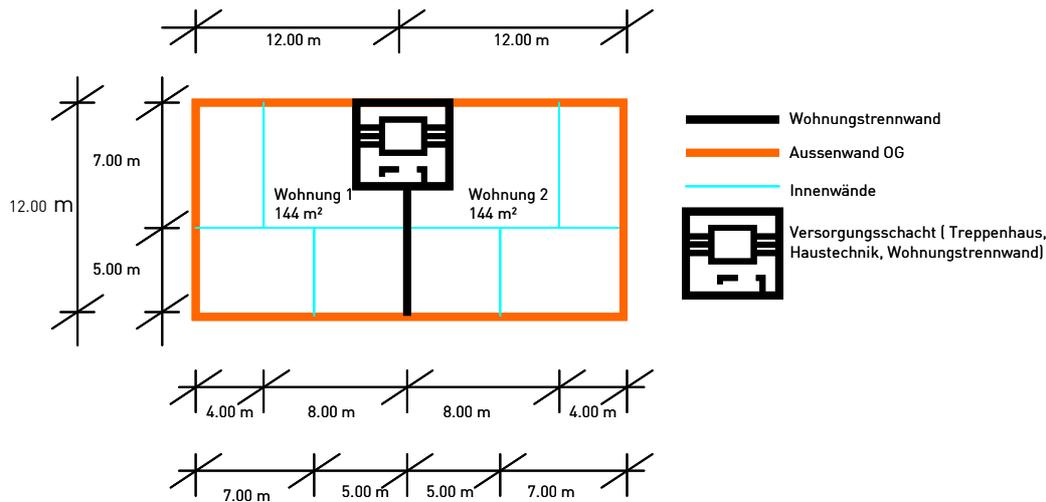


Abbildung 25: Standardgrundriss (Anmerkung: keine Innenwände im UG).

### Flächen

Mit Hilfe des Standardgebäudes und des Grundrisses können die wichtigsten Bauteilflächen, welche für die Berechnung der Grauen Energie benötigt werden, hergeleitet werden.

Bauteil	Fläche [m <sup>2</sup> ]	ID
Energiebezugsfläche [A <sub>E</sub> ]	1'088	1
Geschossfläche (GF)	1'440	2
Bodenplatte (*)	288	3
Aussenwände UG (*)	172.8	4
Aussenwände EG/OG (Anteil ohne Versorgungsschacht) (*)	526.8	5
Fensterfläche (*)	126	6
Dach (*)	288	7
Zwischendecken (*)	1'088	8
Innenwände (*)	1'044.5	9
Wohnungstrennwand (*)	77	10

Tabelle 36: Flächenberechnung Mustergebäude, (\*): relevant für Berechnung der grauen Energie.

Die Flächenberechnung basiert auf folgenden Grundlagen:

- (1) Energiebezugsfläche [A<sub>E</sub>]:  $4 * (288 \text{ m}^2 - 16 \text{ m}^2) = 1088 \text{ m}^2$
- (2) Geschossfläche (GF):  $5 * 288 \text{ m}^2 = 1440 \text{ m}^2$
- (3) Bodenplatte:  $12 \text{ m} * 24 \text{ m} = 288 \text{ m}^2$
- (4) Aussenwände UG:  $72 \text{ m} * 2.4 \text{ m} = 172.8 \text{ m}^2$
- (5) Aussenwände EG/OG:  $68 \text{ m} * 9.6 \text{ m} - (126 \text{ m}^2) = 526.8 \text{ m}^2$



Der Versorgungsschacht hat folgende Ausmasse:

- Grundriss pro Stockwerk :  $4 \text{ m} * 4 \text{ m} = 16 \text{ m}^2$
- (1) Gebäudeaussenwand:  $4 \text{ m} * 9.6 \text{ m} = 38.4 \text{ m}^2$ 
  - $9.6 \text{ m} = \text{Gebäudehöhe über 4 Stockwerke } (4 * 2.4 \text{ m})$
- (2) Schachtaussenwand :  $12 \text{ m} * 9.6 \text{ m} = 115 \text{ m}^2$ 
  - $9.6 \text{ m} = \text{Gebäudehöhe über 4 Stockwerke } (4 * 2.4 \text{ m})$
  - $12 \text{ m} = 3 * 4 \text{ m}$
- (3) Schachtinnenwand:  $4 * 1.5 \text{ m} * 9.6 \text{ m} = 57.6 \text{ m}^2$ 
  - $4 * 1.5 \text{ m} = \text{Umfang Schachtinnenwand}$
  - $9.6 \text{ m} = \text{Gebäudehöhe über 4 Stockwerke } (4 * 2.4 \text{ m})$
- (4) Treppe:  $5 * (2 * 1.5 \text{ m} * 1.25 \text{ m}) = 18.75 \text{ m}^2$ 
  - $1.25 * 1.5 \text{ m} = \text{Treppengrundriss}$
  - $5 = \text{über 5 Stockwerke}$

### **Haustechnik**

Für das Mustergebäude wurden folgende Haustechnikanlagen aus der KBOB Liste ausgewählt:

- Erdsonde: „Erdsonden, spez. Leistungsbedarf  $30 \text{ W/m}^2$ “ Faktoren pro  $\text{m}^2 A_E$
- PV-Anlage: „Sonnenkollektoren, Warmwasser MFH“ Faktoren pro  $\text{m}^2 \text{ PV Fläche}$
- Lüftungsanlagen: „Lüftungsanlage Wohnen, Blechkanäle, inkl. Küchenabluft“ Faktoren pro  $\text{m}^2 A_E$
- Sanitäranlagen: „Sanitäranlagen Wohnen“ Faktoren pro  $\text{m}^2 A_E$
- Elektroanlagen: „mittlerer Installationsgrad“ Faktoren pro  $\text{m}^2 A_E$

Die Berechnung der Grauen Energie ist dem Anhang zu entnehmen.

### **Aushub**

Um die Graue Energie für den maschinellen Aushub zu berechnen benötigen wir das Aushubvolumen. Die folgende Abbildung zeigt den Querschnitt eines Aushubdetails.

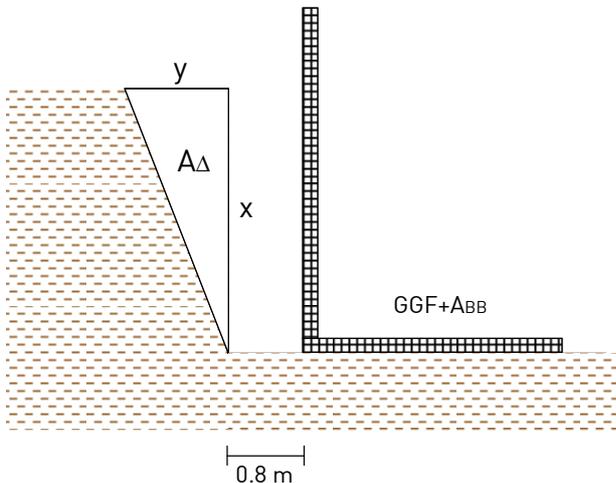


Abbildung 27: Querschnitt eines Aushubdetails.

Bauteil	Volumen [m <sup>3</sup> ]
Aushub	978

Die Berechnung des Aushubvolumens geschieht nach folgender Formel (aus dem Bericht „Vereinfachte Erfassung der Grauen Energie von Innenbauteilen bei Neubauten“ vom 21. 01.2011):

$$V_A = [T_A * (\sqrt{GF_{ST} / NF_{ST}} + 1.6)^2] + [4 * (\sqrt{GF_{ST} / NF_{ST}} + 1.6) * ((2/3) * T_A^2) / 2] + 4 * ((1/3) * (4/9) * T_A^3)$$

$V_A$  = Aushubvolumen

Die Tiefe des Aushubs wird folgendermassen berechnet:  $T_A = H_R * NF_{ST}$

-  $H_R$  = Raumhöhe des Untergeschosses = 2.4m

-  $NF_{ST}$  = Anzahl Geschosse unter Terrain: 1 Geschoss (Mustergebäude)

GGF = Grundgebäudefläche: Das Mustergebäude hat eine Grundgebäudefläche von 288 m<sup>2</sup>

### Berechnung der Grauen Energie der Bauteile

Dieses Kapitel beschreibt die Berechnung der Primärenergie nicht erneuerbar (PE ne) sowie total (PE total) und der Treibhausgasemissionen (THGE). Die Daten zur Ermittlung der Grauen Energie, sowie die Bauteilbeschreibung stammen aus der Tabelle publiziert von KBOB / eco-bau / IPB 2009/1 (Stand März 2010)<sup>20</sup>.

<sup>20</sup> <http://www.bbl.admin.ch/kbob/00493/00495/index.html?lang=de>; Liste Ökobilanzdaten, Detail; Erstelldatum 02/06/2010, Zugriff am 21/01/2011

**Bauteile**

**Bodenplatte**

Als Bodenplatte wurde eine *gedämmte Betonplatte mit Zementunterlagsboden* mit folgendem Aufbau gewählt:

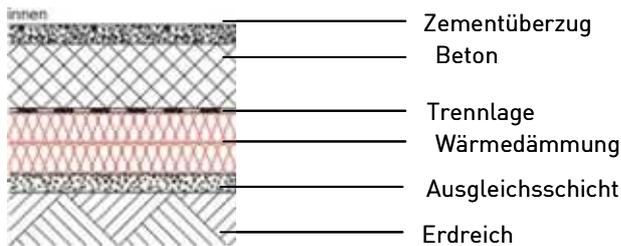


Abbildung 28: Aufbau der gedämmten Betonbodenplatte mit Zementunterlagsboden.

Die Berechnung ergibt folgenden Primärenergiebedarf nicht erneuerbar: 1'563 MJ/m<sup>2</sup>

Die Überprüfung mit dem Bauteil im Bauteilkatalog ergibt folgenden Primärenergiebedarf nicht erneuerbar: 1'562.97 MJ/m<sup>2</sup>

Lebenszyklus pro a [MJ/m <sup>2</sup> a]		26.05													
U-Wert [W/m <sup>2</sup> K]		0.21													
Nr.	Material / Schicht	ECO-Devis	Schichtdicke [m]	Lambda [W/mK]	Amortisationszeit [a]	Masse [kg/m <sup>2</sup> ]	Herstellung [MJ/m <sup>2</sup> ]	Erneuerung [MJ/m <sup>2</sup> ]	Entsorgung [MJ/m <sup>2</sup> ]	Total Lebenszyklus [60a] [MJ/m <sup>2</sup> ]	Herstellung [%]	Erneuerung [%]	Entsorgung [%]	Total [%]	Herstellung [%]
	Zementunterlagsboden		0.03	1.4	60	55.8	53.82	4%	0.00	10.54	4%	0.00	0%	64.06	4%
	Beton-Bodenplatte 25 cm [Fe 80kg/m <sup>3</sup> ] [m <sup>2</sup> ]		0.25	2.3	60	725.8	589.23	43%	0.00	134.28	75%	0.00	0%	723.62	46%
	Dichtungsbahn bituminös		0.004	0	60	4.6	205.48	15%	0.00	2.70	2%	0.00	0%	208.17	13%
	Polystyrol extrudiert (EPS), ρ 30 [kg/m <sup>3</sup> ]		0.18	0.038	60	4.8	476.51	34%	0.00	1.26	1%	0.00	0%	477.77	31%
	Beton C 8/10 (Magerbeton)		0.08	1.8	60	175.2	59.54	4%	0.00	28.81	17%	0.00	0%	89.35	6%
	nicht gekennzeichnet	bedingt gekennzeichnet		gekennzeichnet		906	1'304.29	89%	0.00	178.09	11%	0.00	0%	1'562.97	100%

Abbildung 29: Bodenplatte Bauteilkatalog Aussenwände EG/OG.

Link zum Bauteil im Bauteilkatalog:

<http://www.bauteilkatalog.ch/202.asp?id=34988632&navid=2&nqid=3&typ=18576790&lng=DE;>

Zugriff am 21.01.11

**Aussenwände EG/OG (ohne Versorgungsschacht)**

Als Aussenwand für das Erdgeschoss/Obergeschoss wurde ein *gedämmtes Einschalenbacksteinmauerwerk* mit folgendem Aufbau gewählt:

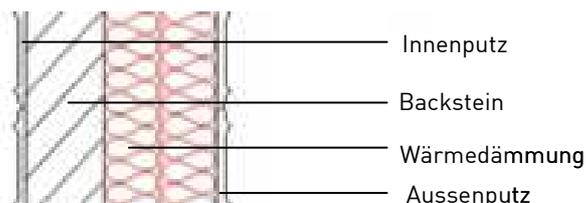


Abbildung 30: Aufbau des gedämmten Einschalenbacksteinmauerwerks.

Die Berechnung ergibt folgenden Primärenergiebedarf nicht erneuerbar: 1'573.8 MJ/m<sup>2</sup>

Eine Überprüfung mit dem Bauteilkatalog hat nicht stattgefunden, da dieses Bauteil nicht im Bauteilkatalog enthalten ist.

### Aussenwand UG

Als Aussenwand UG wurde eine *gedämmte Betonwand* mit folgendem Aufbau gewählt:

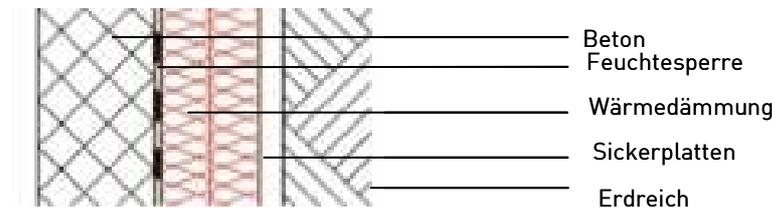


Abbildung 31: Aufbau der Gedämmten Betonwand mit einer Sickerplatte.

Die Berechnung ergibt folgenden Primärenergiebedarf nicht erneuerbar: 1'532.2 MJ/m<sup>2</sup>

Die Überprüfung mit dem Bauteil im Bauteilkatalog ergibt folgenden Primärenergiebedarf nicht erneuerbar: 1'532 MJ/m<sup>2</sup>

U-Wert [W/m <sup>2</sup> K]		KXXBANK									
0.19											
Nr.	Material / Schicht	ECO-Devis	Schicht-dicke [m]	Lambda [W/mK]	Amortisations-zeit [a]	Masse [kg/m <sup>2</sup> ]	Herstellung [MJ]/m <sup>2</sup> [%]	Erneuerung [MJ]/m <sup>2</sup> [%]	Entsorgung [MJ]/m <sup>2</sup> [%]	Total Lebenszyklus [60a]	
										[MJ]/m <sup>2</sup>	[%]
1	Betonwand d=25cm (f=60kg/m <sup>3</sup> ) [m <sup>2</sup> ]		0.25	2.3	60	615.8	590.56 42%	0.00 %	115.91 97%	706.47	46%
2	Bitumendichtungsbahn Gv2		0.003	0	60	3.5	172.48 12%	0.00 %	2.02 2%	174.50	11%
3	Polystyrol extrudiert (XPS), p.30 [kg/m <sup>3</sup> ]		0.18	0.036	60	5.4	836.07 38%	0.00 %	1.42 1%	837.49	35%
4	Sickerplatte 60mm (EPS) [m <sup>2</sup> ]		0.06	0	60	1.1	113.48 8%	0.00 %	0.28 0%	113.76	7%
nicht gekennzeichnet		bedingt gekennzeichnet		gekennzeichnet		626	1'412.59 92%	0.00 0%	119.63 8%	1'532.23	100%

Abbildung 32: Aussenwand UG Bauteilkatalog.

Link zum Bauteil im Bauteilkatalog:

<http://www.bauteilkatalog.ch/202.asp?id=58563673&navid=2&ngid=3&typ=-55463343&lng=DE>

Zugriff am 21/01/11

### Innenwand

Als Innenwand wurde eine *Mauerwerkswand* mit folgendem Aufbau gewählt:

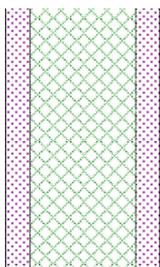


Abbildung 33: Aufbau des Mauerwerks.

Die Berechnung ergibt folgenden Primärenergiebedarf nicht erneuerbar: 574.9 MJ/m<sup>2</sup>

Eine Überprüfung mit dem Bauteilkatalog hat nicht stattgefunden, da dieses Bauteil nicht im Bauteilkatalog enthalten ist.

### Decke

Als Decke wurde eine *Holzkastenelementdecke* mit folgendem Aufbau gewählt:

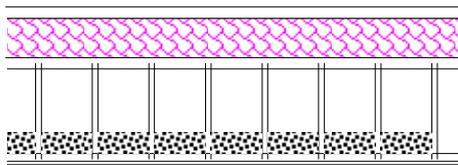


Abbildung 34: Holzkastenelementdecke mit Schüttung.

Die Berechnung ergibt folgenden Primärenergiebedarf nicht erneuerbar: 1'526.6 MJ/m<sup>2</sup>

Eine Überprüfung mit dem Bauteilkatalog hat nicht stattgefunden, da dieses Bauteil nicht im Bauteilkatalog enthalten ist.

### Dach

Als Dach wurde ein *Flachdach (Umkehrdach)* mit folgendem Aufbau ausgewählt:

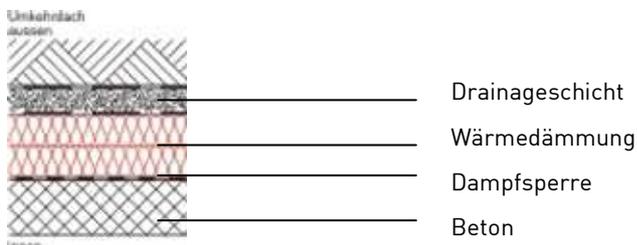


Abbildung 35: Flachdach (Umkehrdach).

Die Berechnung ergibt folgenden Primärenergiebedarf nicht erneuerbar: 2'740 MJ/m<sup>2</sup>

Die Überprüfung mit dem Bauteil im Bauteilkatalog ergibt folgenden Primärenergiebedarf nicht erneuerbar: 2'740.21 MJ/m<sup>2</sup>

Nr.	Material / Schicht	ECO-Devis	Schicht- dicke [m]	Lambda [W/mK]	Amortisations- zeit [a]	Masse [kg/m <sup>2</sup> ]	Herstellung [MJ]/m <sup>2</sup> [%]	Erneuerung [MJ]/m <sup>2</sup> [%]	Entsorgung [MJ]/m <sup>2</sup> [%]	Total Lebenszyklus [60a] [MJ]/m <sup>2</sup> [%]
■	Kies gebrochen		0.05	2	30	100.0	12.01 1%	12.01 1%	34.10 18%	58.13 2%
■	Polyethylenvlies (PE)		0.001	0	30	0.9	86.63 6%	86.63 9%	0.47 0%	173.73 6%
■	Rundkies		0.07	2	30	140.0	7.44 0%	7.44 1%	47.74 25%	62.63 2%
■	Polyethylenvlies (PE)		0.001	0	30	0.9	86.63 6%	86.63 9%	0.47 0%	173.73 6%
■	Polystyrol extrudiert (XPS) [λ = 1.2 (Umkehrdach) ρ 30 [kg/m <sup>3</sup> ]		0.2	0.0432	30	6.0	595.63 38%	595.63 60%	3.15 2%	1'194.42 44%
■	Dichtungsbahn bituminös		0.004	0	30	4.6	205.48 13%	205.48 21%	5.39 3%	416.35 15%
■	Betondecke d=22cm (Fe 80kg/m <sup>3</sup> ) [m <sup>2</sup> ]		0.22	2.3	60	544.1	559.39 36%	0.00 0%	101.65 53%	661.24 24%
	nicht gekennzeichnet					797	1'533.21 57%	993.82 36%	193.17 7%	2'740.21 100%

Abbildung 36: Flachdach Bauteilkatalog.

Link zum Bauteil im Bauteilkatalog:

<http://www.bauteilkatalog.ch/202.asp?id=33104537&navid=2&ngid=3&typ=3904410&lng=DE>

Zugriff am 21/01/11

## Fenster

Als Fenster wurde ein *Holzmetallfenster 3IV* mit 25.4% Rahmenanteil gewählt.

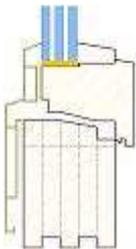


Abbildung 37: Holzmetallfenster.

Die Berechnung ergibt folgenden Primärenergiebedarf nicht erneuerbar: 3'330 MJ/m<sup>2</sup>

Die Überprüfung mit dem Bauteil im Bauteilkatalog ergibt folgenden Primärenergiebedarf nicht erneuerbar: 3'330.97 MJ/m<sup>2</sup>

Nr.	Material / Schicht	ECO-Devis	Schicht- dicke [m]	Lambda [W/mK]	Amortisations- zeit [a]	Masse [kg/m <sup>2</sup> ]	Herstellung [MJ]/m <sup>2</sup>	[%]	Erneuerung [MJ]/m <sup>2</sup>	[%]	Entsorgung [MJ]/m <sup>2</sup>	[%]	Total Lebenszyklus [60a]	[MJ]/m <sup>2</sup>	[%]
	Fensterrahmen Holz-Aluminium [m <sup>2</sup> ]	■	0	0	30	21.2	1'001.87	61%	1'001.87	61%	13.85	50%	2'017.60	61%	
	3-IV Verglasung [m <sup>2</sup> ]	■	0	0	30	22.5	649.84	39%	649.84	39%	13.69	50%	1'313.38	39%	
	nicht gekennzeichnet	■	bedingt gekennzeichnet	■	gekennzeichnet	44	1'651.72	50%	1'651.72	50%	27.54	1%	3'330.97	100%	

Abbildung 38: Holzmetallfenster.

Link zum Bauteil im Bauteilkatalog:

<http://www.bauteilkatalog.ch/202.asp?id=2859589&navid=2&nqid=3&typ=0&lng=DE>

Zugriff am 21/01/11

## Haustechnik

Die Berechnung ergibt folgende Graue Energie:

- *Sanitäranlage*: 230 MJ/m<sup>2</sup> A<sub>E</sub>
- *Lüftungsanlage*: 213 MJ/m<sup>2</sup> A<sub>E</sub>
- *Elektroanlage*: 251 MJ/m<sup>2</sup> A<sub>E</sub>
- *Erdsonde*: 205 MJ/m<sup>2</sup> A<sub>E</sub>
- *Wärmeverteilung*: 149 MJ/m<sup>2</sup> A<sub>E</sub>
- *PV-Anlage*: 4'232 MJ/m<sup>2</sup> Kollektorfläche (siehe Bericht „Vereinfachte Erfassung der grauen Energie von Innenbauteilen für Neubauten“)

Eine Überprüfung mit den Ergebnissen aus dem Bauteilkatalog hat stattgefunden und liefert die gleichen Ergebnisse.

## Aushub

Der Berechnung des Aushubs liegen folgende Daten und Annahmen zugrunde (KBOB und dem Bauteilkatalog):

- Primärenergie nicht erneuerbar für Aushub maschinell: 8.03 MJ/m<sup>3</sup>  
Quelle : KBOB Liste, Bezeichnung: Aushub maschinell
- Aushubdicke: 1400 kg/m<sup>3</sup>  
(aus <http://www.bauteilkatalog.ch/202.asp?id=-31089141&navid=5&nqid=7&typ=0&lng=DE>)

Die Dichte ist zur Berechnung des Gewichtes notwendig, was wiederum die Grundlage für die Berechnung der Grauen Energie des Transportes ist:

- Abtransport zur Deponie: 10 km (Annahme)
- Graue Energie von LKW 20 bis 28 t [tkm]: 45.64 MJ/m<sup>3</sup>  
(aus <http://www.bauteilkatalog.ch/202.asp?id=-31089141&navid=5&ngid=7&typ=0&lng=DE>)  
Transport LKW 20 bis 28t = 3.26 MJ/tkm  
Transportleistung = 14tkm

Daraus ergibt sich eine totale Graue Energie pro m<sup>3</sup> Aushub inklusive Abtransport zur Deponie von 53.67 MJ/m<sup>3</sup>

Die Graue Energie für den Aushub (GE<sub>A</sub>) ist: GE<sub>A</sub> = V<sub>A</sub> \* 53.671 MJ/m<sup>3</sup>

Mit einem Volumen V<sub>A</sub> von 978 m<sup>3</sup> (siehe Flächenberechnung Aushub) und dem Auffüllungsvolumen V<sub>F</sub> von 303 m<sup>3</sup> ergibt dies für den Aushub und die Hinterfüllung:

$$GE_A = 1'281 \text{ m}^3 * 53.11 \text{ MJ/m}^3 = 68'034 \text{ MJ}$$

#### **Das Volumen für die Auffüllung beträgt:**

V<sub>F</sub>: Summe aus den vier Ecken plus vier Böschungen und der Fläche zw. Böschungsfuss und Gebäude

$$V_F = 4 * (1/3) * (4/9) * T_A^3 + 2 * 0.8 * (1.6 + 24) * T_A + 2 * 12 * 0.8 * T_A + (2/3 * T_A^2) / 2 * ((2 * (1.6 + 24) + 2 * (1.6 + 12)))$$

$$V_F = 8.2 + 144.4 + 150.5 = 303.1$$

**Zusammenfassung der Grauen Energie (PE ne)**

Bauteil	Beschreibung	Ausmass [m <sup>2</sup> ]	Graue Energie pro Ausmass [MJ/m <sup>2</sup> ]	Totale Graue Energie [MJ]	Graue Energie pro Energiebezugsfläche über 60 Jahre [MJ/m <sup>2</sup> A <sub>E</sub> ]
Bodenplatte	<i>gedämmte Bodenplatte mit Zementunterlags- boden</i>	288	1'563	450'144	414
Aussenwände EG/OG (ohne Versorgungs- schacht)	<i>gedämmtes Einschalen- backsteinmauerwerk</i>	527	1'573	828'971	762
Aussenwände UG	<i>Aussen gedämmte Be- tonwand mit Sickerplatte</i>	173	1'533	265'036	243
Innenwände	<i>Mauerwerk</i>	1'045	575	600'875	552
Wohnungstrennwand	<i>Mauerwerk</i>	77	575	44'275	41
Zwischendecken	<i>Holzkastenelementdecke</i>	1'088	1'526	1'660'288	1'526
Dach	<i>Flachdach (Umkehrdach)</i>	288	2'740	789'408	726
<b>Versorgungsschacht:</b>					
Gebäudeaussenwand	<i>gedämmtes Einschalen- backsteinmauerwerk</i>	38	1'573	89'774	83
Schachtaussenwand	<i>Mauerwerk</i>	115	575	66'125	61
Schachtinnenwand	<i>Schachtinnenwand</i>	58	1'216	70'528	65
Treppe	<i>Treppe</i>	19	707	13'433	12
Fenster	<i>Holzmetallfenster</i>	126	3'330	419'580	386
Haustechnik	<i>PV- Anlage (30 Jahre)</i>	288	4'232	1'218'816	2'240.5
	<i>Erdsonde (20 Jahre)</i>	1088	205.7	223'801	617.1
	<i>Wärmeverteilung (30 Jahre)</i>	1088	149	162'112	298
	<i>Lüftungsanlage (30 Jah- re)</i>	1088	213	231'744	426
	<i>Sanitäranlage (30 Jahre)</i>	1088	230	250'240	460
	<i>Elektroanlage (30 Jahre)</i>	1088	252	274'176	504
Aushub und Wiede- rauf-füllung		[*]1'281	[**] 53	68'034	62
<b>Gesamt</b>				<b>7'715'719</b>	<b>9'478.6</b>
<b>Gesamt pro Jahr</b>					<b>158</b>

Tabelle 38: Zusammenfassung Graue Energie; (\*) Angabe in m<sup>3</sup> oder (\*\*) in MJ/m<sup>3</sup>.

**Berechnung der Bauteile mittels KBOB Liste**

Beschreibung	Material (KBOB-Liste)	Amortisa- tionszeit	Schicht-dicke	Dichte	Masse	PE ne			Total PE			THGE					
						Erstellung	Erneuerung	Entsorgung	Erstellung	Erneuerung	Entsorgung	Erstellung	Erneuerung	Entsorgung			
		[a]	[m]	[kg/m <sup>3</sup> ]	[kg/m <sup>2</sup> ]	[MJ/kg]*	[MJ/m <sup>2</sup> ]	[MJ/kg]*	[MJ/m <sup>2</sup> ]	[MJ/kg]**	[kg/m <sup>2</sup> ]	[MJ/kg]**	[kg/m <sup>2</sup> ]	[kg/m <sup>2</sup> ]			
<b>gedämmte Betonplatte mit Zementunterlagsboden</b>																	
Zementunterlagsboden	Zementunterlagsboden	60	0.030	1850	55.5	1.0	0.0	0.2	64.4	1.1	0.0	0.2	75.0	0.2	0.0	0.0	10.0
Beton- Bodenplatte	Beton- Bodenplatte	60	0.250	2385	596.3	0.5	0.0	0.2	398.3	0.5	0.0	0.2	423.3	0.1	0.0	0.0	68.0
	Beton C 25/30 speziell für Fundamente / Bodenplatten																47.7
	Beton C 8/10 (Magerbeton)	60	0.050	2190	109.5	0.3	0.0	0.2	55.8	0.4	0.0	0.2	59.1	0.1	0.0	0.0	7.7
	Armierungsstahl	60	0.250	80	20.0	14.0	0.0	0.0	270.0	13.5	0.0	0.0	280.0	0.7	0.0	0.0	14.0
	Dichtungsbahn bituminös	60	0.004	1160	4.6	44.3	0.0	0.6	208.2	45.0	0.0	0.6	211.5	0.8	0.0	2.3	14.7
	Polystyrol extrudiert (XPS)	60	0.160	30	4.8	99.3	0.0	0.3	477.9	100.6	0.0	0.3	484.3	11.1	0.0	3.2	68.4
	Magerbeton	60	0.080	2190	175.2	0.3	0.0	0.2	89.4	0.4	0.0	0.2	94.6	0.1	0.0	0.0	11.3
	<b>Total</b>								<b>1564.0</b>				<b>1629.4</b>				<b>172.4</b>
<b>Gedämmtes Einschalenbacksteinmauerwerk</b>																	
Gips-/Weisputz	Gips-/Weisputz	30	0.010	1500	15.0	1.5	1.5	0.1	47.0	1.7	1.7	0.1	53.4	0.1	0.1	0.0	2.5
Mauerwerk	Mauerwerk	60							343.8				378.9				29.7
	Backstein		0.113	1000	112.5	2.6	0.0	0.2	309.4	2.8	0.0	0.2	339.8	0.2	0.0	0.0	27.9
	Zementmörtel		0.013	1700	21.3	1.5	0.0	0.1	34.4	1.7	0.0	0.1	39.1	0.1	0.0	0.0	1.8
	Kunststoffmörtel	30	0.003	1600	4.8	23.6	23.6	0.1	227.1	24.5	24.5	0.1	235.3	1.1	1.1	0.0	10.5
	Steinwolle	30	0.180	100	18.0	18.8	18.8	0.2	681.2	19.6	19.6	0.2	709.9	1.1	1.1	0.0	39.1
	Eingebettetes Armierungsgewebe								251.3				260.2				12.1
	Kunststoffmörtel		0.003	1600	4.8	23.6	23.6	0.1	227.1	24.5	24.5	0.1	235.4	1.1	1.1	0.0	10.5
	Polyester (UP)		0.150	1	0.2	80.6	80.6	0.4	24.2	82.6	82.6	0.4	24.8	4.9	4.9	0.7	1.6
	glasfaserverstärkt Gips-/Weisputz	30	0.005	1500	7.5	1.5	1.5	0.1	23.5	1.7	1.7	0.1	26.7	0.1	0.1	0.0	1.2
	<b>Total</b>								<b>1573.8</b>				<b>1664.4</b>				<b>95.0</b>

Beschreibung	Material (KBOB-Liste)	Amortisa- tionszeit	Schicht-dicke	Dichte	Masse	PE ne			Total PE			THGE				
						Erstellung	Erneuerung	Entsorgung	Erstellung	Erneuerung	Entsorgung	Erstellung	Erneuerung	Entsorgung		
		[a]	[m]	[kg/m <sup>3</sup> ]	[kg/m <sup>2</sup> ]	[MJ/kg][*]	[MJ/m <sup>2</sup> ]	[MJ/m <sup>2</sup> ]	[MJ/kg][*]	[MJ/m <sup>2</sup> ]	[MJ/m <sup>2</sup> ]	[kg/kg][**]	[kg/m <sup>2</sup> ]	[kg/kg][**]	[kg/m <sup>2</sup> ]	
<b>Aussen gedämmte Betonwand mit Sickerplatte</b>																
Betonwand		60	0.250	2380	615.2	0.6	0.0	0.2	707.3	0.6	0.0	0.2	848.5	0.1	0.0	85.7
	Beton C 30/37		0.011	480	5.2	9.9	0.0	0.1	452.8	30.8	0.0	0.1	478.4	0.5	0.0	72.0
	3-Schicht Massivholzplatte, PVAc-gebunden															3.2
	Armierungsstahl		0.250	60	15.0	13.5	0.0	0.0	202.5	14.0	0.0	0.0	210.0	0.7	0.0	10.5
Bitumendichtungsbahn		60	0.003	1160	3.5	44.3	0.0	0.6	174.5	45.0	0.0	0.6	178.1	0.8	0.0	12.0
	Polystyrol extrudiert (XPS)		60	0.180	30	5.4	99.3	0.0	537.6	100.6	0.0	0.3	544.8	11.1	0.0	77.0
Sickerplatte		60	0.060	18	1.1	105.0	0.0	0.3	113.7	106.1	0.0	0.3	114.9	4.2	0.0	7.9
<b>Total</b>									<b>1533.2</b>				<b>1686.3</b>			<b>182.7</b>
<b>Flachdach (Umkehrdach)</b>																
Kies gebrochen		30	0.050	2000	100.0	0.1	0.1	0.2	58.2	0.1	0.1	0.2	62.0	0.0	0.0	3.0
	Polyethylenvlies (PE)		30	0.001	930	0.9	93.1	0.3	174.0	95.0	95.0	0.3	177.0	2.9	2.9	10.7
Rundkies		30	0.070	2000	140.0	0.1	0.1	0.2	63.0	0.1	0.1	0.2	66.0	0.0	0.0	3.0
	Polyethylenvlies (PE)		30	0.001	930	0.9	93.1	0.3	174.0	95.0	95.0	0.3	177.0	2.9	2.9	10.7
	Polystyrol extrudiert		30	0.200	30	6.0	99.3	0.3	1194.0	100.6	100.6	0.3	1211.0	11.1	11.1	171.0
	Dichtungsbahn bituminös		30	0.004	1160	4.6	44.3	0.6	416.5	45.0	45.0	0.6	423.0	0.8	0.8	29.0
Betondecke			0.220						661.0				746.9			76.4
	Beton C30/37		60	0.220	2385	524.7	0.6	0.2	398.5	0.6	0.0	0.2	420.5	0.1	0.0	63.0
	3-Schicht Massivholzplatte, PVAc-gebunden															12.4
	Armierungsstahl		60	0.220	80	17.6	13.5	0.0	26.0	14.0	0.0	0.0	80.0	0.7	0.0	1.0
<b>Total</b>									<b>2740.7</b>				<b>2862.9</b>			<b>303.8</b>

Beschreibung	Material (KBOB-Liste)	Amortisa- tionszeit	Schicht-dicke	Dichte	Masse	PE ne			Total PE			THGE					
						[a]	[m]	[kg/m <sup>3</sup> ]	[kg/m <sup>3</sup> ]	[MJ/kg][*]	[MJ/m <sup>2</sup> ]	[MJ/kg][*]	[MJ/m <sup>2</sup> ]	[MJ/kg][*]	[kg/kg][**]	[Kg/m <sup>2</sup> ]	
<b>Holzstenelementdecke</b>																	
3-Schicht Massivholzplatte, PVAc-gebunden	3-Schicht Massivholzplatte, PVAc-gebunden	60	0.027	480	13.0	9.9	0.0	0.1	130.2	30.8	0.0	0.1	401.0	0.5	0.0	0.1	8.0
3-Schicht Massivholzplatte, PVAc-gebunden	3-Schicht Massivholzplatte, PVAc-gebunden	60	0.027	480	13.0	9.9	0.0	0.1	130.2	30.8	0.0	0.1	401.0	0.5	0.0	0.1	8.0
Tilger	Kalksandstein (350kg/m2)	60			350.0	1.3	0.0	0.2	504.0	1.4	0.0	0.2	549.0	0.1	0.0	0.0	49.0
Schüttung	Sand (80kg/m2)	60			2000	80.0	0.1	0.2	22.4	0.1	0.0	0.2	23.5	0.0	0.0	0.0	1.0
Unterlagsboden mit Trittschall	Zement-unterlagsboden	30	0.070	1850	129.5	1.0	1.0	0.2	273.0	1.1	1.1	0.2	346.0	0.2	0.0	0.0	23.2
Dampfbremse Polyethylen (PE)	Dampfbremse Polyethylen (PE)	30	0.000	1160	0.2	89.6	89.6	0.4	41.3	92.6	92.6	0.3	34.9	2.7	2.7	2.8	1.0
Glaswolle p 100 [kg/m3]	Glaswolle p 100 [kg/m3]	30	0.020	100	2.0	44.4	44.4	0.2	178.1	48.6	48.6	0.2	192.0	1.5	1.5	0.0	6.0
Heruntergehängte GKP- Plattendecke	Acrylharz-dispersion	30	0.240	1	0.2	51.3	51.3	0.3	24.7	52.9	52.9	0.3	26.0	2.1	2.1	2.4	1.0
Gips-/Weissputz	Gips-/Weissputz	30	0.010	1500	15.0	1.5	1.5	0.1	47.0	1.7	1.7	0.1	66.0	0.1	0.1	0.0	6.0
Gipskartonplatte	Gipskartonplatte	30	0.013	800	10.0	5.7	5.7	0.3	117.5	6.1	6.1	0.3	126.0	0.4	0.4	0.0	7.3
Stahlblech, verzinkt	Stahlblech, verzinkt	30			7850	1.0	58.2	0.0	58.2	61.5	61.5	0.0	61.5	3.6	3.6	0.0	3.6
<b>Total</b>									<b>1526.6</b>				<b>2226.9</b>				<b>114.1</b>
<b>Mauerwerk</b>																	
Gips-/Weissputz	Gips-/Weissputz	30	0.012	1500	18.0	1.5	1.5	0.1	56.3	1.7	1.7	0.1	66.0	0.1	0.1	0.0	6.0
Acrylharz-dispersion	Acrylharz-dispersion	30	0.240	1	0.2	51.3	51.3	0.3	24.7	52.9	52.9	0.3	26.0	2.1	2.1	2.4	2.0
Mauerwerk-BN 15 [cm]	Backstein	60	0.135	1000	135.0	2.6	0.0	0.2	371.5	2.8	0.0	0.2	407.0	0.2	0.0	0.0	32.0
	Zementmörtel		0.015	1700	25.5	1.5	0.0	0.1	41.3	1.7	0.0	0.1	43.0	0.1	0.0	0.0	5.0
Gips-/Weissputz	Gips-/Weissputz	30	0.012	1500	18.0	1.5	1.5	0.1	56.3	1.7	1.7	0.1	66.0	0.1	0.1	0.0	6.0
Acrylharz-dispersion	Acrylharz-dispersion	30	0.240	1	0.2	51.3	51.3	0.3	24.7	52.9	52.9	0.3	26.0	2.1	2.1	2.4	2.0
<b>Total</b>									<b>574.9</b>				<b>634.0</b>				<b>53.0</b>

Beschreibung	Material (KBOB-Liste)	Amortisa- tionszeit	Schicht-dicke	Dichte	Masse	PE ne			Total PE			THGE		
						Erstellung	Erneuerung	Entsorgung	Erstellung	Erneuerung	Entsorgung	Erstellung	Erneuerung	Entsorgung
	[a]	[m]	[kg/m <sup>3</sup> ]	[kg/m <sup>2</sup> ]	[MJ/kg][*]	[MJ/m <sup>2</sup> ]	[MJ/kg][*]	[MJ/m <sup>2</sup> ]	[MJ/m <sup>2</sup> ]	[MJ/kg][*]	[MJ/m <sup>2</sup> ]	[kg/kg][**]	[kg/m <sup>2</sup> ]	
<b>Holzmetallfenster</b>														
Glas	3-IV Verglasung	30	0.000	30	22.4	871.0	9.2	2018.0	919.0	9.3	3286.0	56.8	2.5	138.0
Rahmen	Fensterrahmen Holz- Aluminium	30	0.000	83	21.1	3940.0	27.3	1313.0	6440.0	27.8	1384.0	247.0	25.3	89.0
<b>Total</b>								3331.0			4670.0			227.0
<b>Sanitäranlage</b>														
	Sanitäranlagen Wohnen	30	-	-	-	229.7	0.0	6.6	230.3	241.6	0.0	0.7	242.2	12.8
<b>Total</b>								230.3			242.2			15.2
<b>Lüftungsanlage</b>														
	Lüftungsanlage Wohnen, Blechkanäle, inkl. Kirchenabluft	30	-	-	-	212.5	0.0	0.5	213.0	226.0	0.0	0.5	226.6	13.0
<b>Total</b>								213.0			226.6			13.3
<b>Elektroanlage</b>														
	Elektroanlagen, mittlerer Installationsgrad	30	-	-	-	245.3	0.0	6.4	251.7	258.0	0.0	6.7	264.8	10.0
<b>Total</b>								251.7			264.8			15.7
<b>Erdsonde</b>														
	Erdsonden, spez. Leistungsbedarf 30 W/m <sup>2</sup>	20	-	-	-	204.3	0.0	1.4	205.7	206.6	0.0	1.6	208.2	10.4
<b>Total</b>								205.7			208.2			11.4
<b>PV-Anlage</b>														
	Solarstromanlage	30	-	-	-	4232.0	0.0	0.0	4232.0	4956.0	0.0	0.0	4956.0	261.0
<b>Total</b>								4232.0			4956.0			261.0
<b>Wärmeverteilung</b>														
	Wärmeverteilung, Radiatoren, spez.	30	-	-	-	149.0	0.0	0.0	149.0	154.0	0.0	0.0	154.0	9.0
<b>Total</b>								149.0			154.0			9.0
<b>Schachttinnenwand</b>														
	Kunststoffmörtel	30	0.003	1600	4.8	23.6	23.6	0.1	227.1	24.5	24.5	0.1	235.3	1.1
	Steinwolle	30	0.180	100	18.0	18.8	18.8	0.2	681.2	19.6	19.6	0.2	709.9	1.1
	Eingebettetes Armierungsgittergewebe	30	0.003	1600	4.8	23.6	23.6	0.1	227.1	24.5	24.5	0.1	235.4	1.1
	Polyester (UP)	30	0.150	1	0.2	80.6	80.6	0.4	24.2	82.6	82.6	0.4	24.8	4.9
	glasfaserverstärkt Gips-/Weissputz	30	0.012	1500	18.0	1.5	1.5	0.1	56.3	1.7	1.7	0.1	66.0	0.1
<b>Total</b>								1216.0			1271.5			67.6
<b>Treppe:</b>														
	Betonwand	60												
	Beton C 30/37		0.250	2380	595.0	0.6	0.0	0.2	452.8	0.6	0.0	0.2	478.4	0.1
	3-Schicht Massivholzplatte, PYAc-gebunden		0.011	480	5.2	9.9	0.0	0.1	52.1	30.8	0.0	0.1	160.2	0.5
	Armierungsstahl		0.250	60	15.0	13.5	0.0	0.0	202.5	14.0	0.0	0.0	210.0	0.7
<b>Total</b>								707.3			848.5			86.7

[\*\*] Bei Fensterbauteilen: Kg/m<sup>2</sup>

[\*] Bei Fensterbauteilen: MJ/m<sup>2</sup>

## P Grenzwerte bei Neubauten

Bei MINERGIE-ECO®, MINERGIE-P-ECO® und MINERGIE-A-ECO® gelten für Neubauten ein oberer und ein unterer Grenzwert, der objektspezifisch festgelegt wird. Er ist strenger als bei MINERGIE-A und bedarf einer optimalen Gebäudekonzeption. Bei MINERGIE-A® gilt für alle verfügbaren Gebäudekategorien ein fixer Grenzwert von **50 kWh/m<sup>2</sup>a** (Kilowattstunden pro Quadratmeter Energiebezugsfläche und Jahr).

Der Grenzwert für die Graue Energie bei MINERGIE-A® ist als relativ milde Anforderung definiert. Die Nichterreichung führt direkt zum Ausschluss. Es bleibt vorbehalten, den Grenzwert nach Ablauf der Einführungsphase zu korrigieren. Weitere Details bezüglich der Anforderung wie z.B. die Anrechenbarkeit von Photovoltaik-Erträgen sind im Nutzungsreglement von MINERGIE-A® definiert.

### Methodik

Zwei Grenzwerte bezeichnen den Übergang zwischen **gut** (grün) und **befriedigend** (orange) (GW1) sowie zwischen **befriedigend** (orange) und **unbefriedigend** (rot) (GW2). Die spezifische Graue Energie eines Gebäudes ( $GE_s$ ) wird bezüglich des objektspezifischen unteren (GW1) und oberen (GW2) Grenzwert in Relation gebracht, um das Gebäude im Bezug auf die Graue Energie zu kategorisieren (Abbildung 39). Die Grenzwerte und  $GE_s$  haben die Einheit MJ pro m<sup>2</sup> Energiebezugsfläche und Jahr.

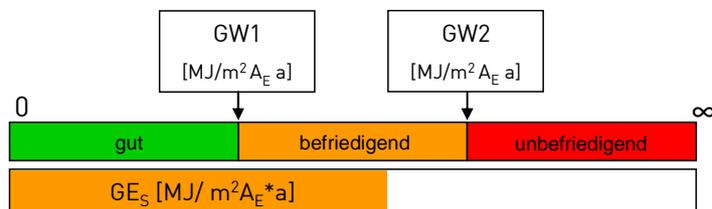
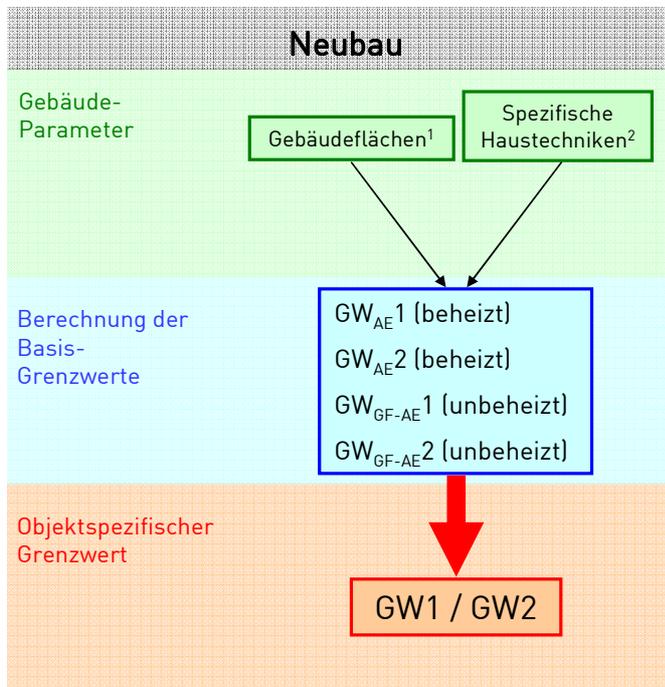


Abbildung 39: Darstellung der objektspezifischen Grenzwerte (GW1 und GW2) im Vergleich mit der spezifischen Grauen Energie eines Gebäudes ( $GE_s$ ).

Falls das Gebäude noch eine weitere durch -ECO nicht zertifizierbare Nutzung enthält (z.B. Restaurant), so darf diese nicht kleiner als 20% der Nutzung mit der kleinsten  $A_E$  sein. Ansonsten kann das ganze Gebäude nicht zertifiziert werden. Falls die Fläche kleiner als 20% ist, so soll diese Fläche einer der zertifizierbaren und vorhandenen Nutzungen hinzugezählt werden.

Mit den Gebäudeparametern können in einem ersten Schritt die Basisgrenzwerte  $GW_{AE}$  (beheizt) und  $GW_{GF-AE}$  (unbeheizt) berechnet werden, aus denen dann die objektspezifischen Grenzwerte (GW1 und GW2) hergeleitet werden (siehe Abbildung 40).



- 1: Energiebezugsfläche, Geschossfläche  
 2: Erdsonde, PV-Anlage, Sonnenkollektoren

Abbildung 40: Methodik für die Berechnung der objektspezifischen Grenzwerte bei Neubauten.

### Grenzwertbildung

Für die Bestimmung der Basisgrenzwerte wurden 10 Neubauten mit Hilfe von Lesosai 7.0 [5] analysiert und dabei die Graue Energie des Gebäudes berechnet für eine Lebensdauer von 60 Jahren. Die Fallbeispiele sind in Tabelle 39 aufgelistet mit den entsprechenden Grauen Energien der benötigten Elemente.

Mit Hilfe der 10 Fallbeispiele (Neubauten) wurden die **Basisgrenzwerte** für alle 3 Nutzungstypen **bezüglich der beheizten Fläche**  $A_E$  bestimmt. Bei den Fallbeispielen mit dem Kürzel „VE“ am Ende wurden die Innenbauteile mit der vereinfachten Erfassung bestimmt. Die Grauen Energien der Innenbauteile, welche mit der vereinfachten Erfassung erfasst wurden, sind höher als jene der Lesosai Berechnungen. Oft macht dies gerade den Unterschied aus, ob ein Gebäude unterhalb oder oberhalb eines Basisgrenzwertes zu liegen kommt. Die Verwendung des vereinfachten Verfahrens zeigt Grenzen auf und muss bei dessen Gebrauch klar dokumentiert werden. Die grüne Linie steht für den Basisgrenzwert  $GW_{AE1}$  bzw. die rote Linie für den  $GW_{AE2}$ . Für die beiden Nutzungen „Wohnen“ und „Schule“ sind die Grenzwerte gleich, für die Nutzung „Verwaltung“ sind die Grenzwerte erhöht. Als Richtwert diente der Effizienzpfad Energie SIA 2040 [11] (orange).

Gebäude	Nutzung	A <sub>E</sub> [m <sup>2</sup> ]	GF [m <sup>2</sup> ]	Graue Energie [MJ/m <sup>2</sup> A <sub>E</sub> a]			
				Gebäudehülle <sup>21</sup>	Innenbauteile <sup>22</sup>	Excel-tool <sup>23</sup>	Unbeheizt <sup>24</sup>
Chartem	Verwaltung	596	596	63.2	19.5	31.3	0
Trotte	Altersheim	8363	9104	65.5	40.7	41.9	54.9
Voirets	MFH	1206	1362	44.5	14.8	27.5	63.6
Plamatte	EFH	214	214	39.3	16.2	29.8	0
Jonc	EFH	166	240	47.4	18.6	32.5	31.9
Mittelhausern	Schule	146	146	59.9	3.16	10.6	0
Green office	Verwaltung	1255	1662	29.5	24.4	34.8	29.1
Tägerhalde	MFH	11427	k.A.	52	37	37.1	0
Mühleholz	Schule	14971	k.A.	52	25	26.7	0
Mustergebäude	MFH	1088	1440	43.6	35.3	42.0	26.8

Tabelle 39: Übersicht der Fallbeispiele Neubauten.

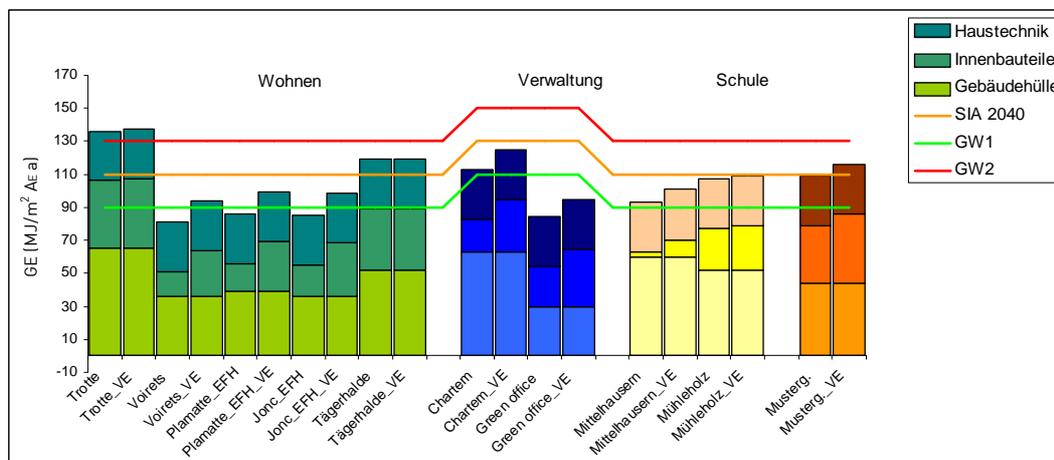


Abbildung 41: Graue Energien von Gebäudehülle, Innenbauteile und Haustechnik der Neubauten mit den Basisgrenzwerte GW<sub>A<sub>E</sub>1</sub> und GW<sub>A<sub>E</sub>2</sub>.

<sup>21</sup> **Gebäudehülle:** Zur Gebäudehülle werden folgende Bauteile gezählt: Boden, Fassade, Fenster, Türen und das Dach.

<sup>22</sup> **Innenbauteile:** Die Innenbauteile bestehen aus Zwischendecken und Innenwände. In der Grauen Energie der Innenbauteile sind die Bodenbeläge (noch) nicht inbegriffen.

<sup>23</sup> **Exceltool:** Die vereinfachte Erfassung mit Excel, welches die Graue Energie der Innenbauteile von Neubauten, mit wenigen Angaben des Nutzers, berechnet.

<sup>24</sup> **Unbeheizt:** Falls GF > A<sub>E</sub>, wird die Graue Energie der Hülle (ohne Dach bzw. Zwischendecke) dieser unbeheizten Fläche separat berechnet [MJ/m<sup>2</sup> (GF-A<sub>E</sub>) a].

Es war bereits bekannt, dass das Green Office bezüglich Materialwahl und der Grauen Energie sehr bewusst gebaut wurde. Das Green Office war somit ein weiterer Anhaltspunkt für die Grenzwertsetzung und musste im grünen Bereich zu liegen kommen. Auch die Einfamilienhäuser Plamatte und Jonc und das Mehrfamilienhaus Voirets, welches nach MINERGIE-ECO® gebaut wurde, sind gute Beispiele für energiearmes Bauen. Das Altersheim Trotte wurde nicht sehr energiearm gebaut. Die Aussenwände wurden stark isoliert (z.T. mit XPS) und die Innenwandfläche war auch höher als bei den anderen Beispielen. Aus diesem Grund wurde der obere Grenzwert so gezogen, dass das Altersheim Trotte in den roten Bereich zu liegen kommt.

Wie aus der Tabelle 39 zu entnehmen ist, gibt es 5 Fallbeispiele mit einer **unbeheizten Fläche**. Die Graue Energie der Hülle dieser unbeheizten Fläche ist in Abbildung 42 dargestellt. Zusätzlich wurde noch die Graue Energie einer Tiefgarage anhand des Mustergebäudes hinzugefügt (siehe Kapitel XX). Die grüne Linie steht für den Basisgrenzwert  $GW_{GF-AE1}$  und die rote Linie für den  $GW_{GF-AE2}$ .

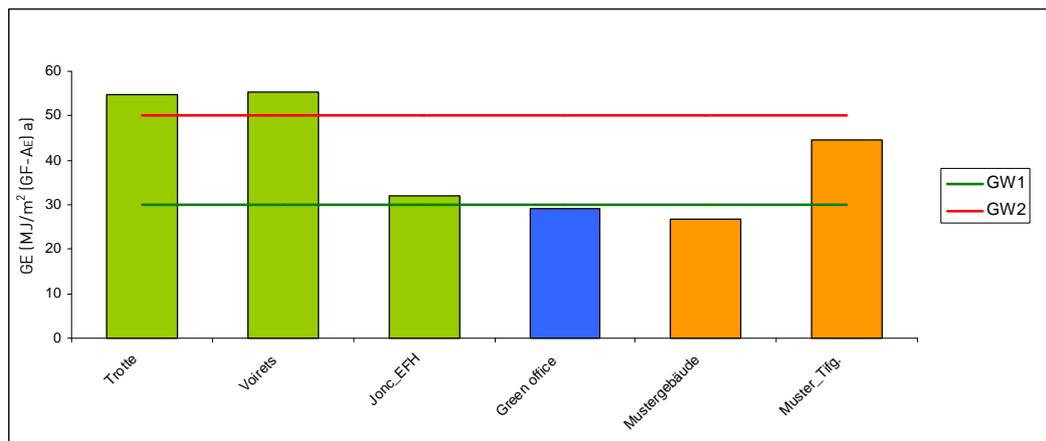


Abbildung 42: Graue Energie der unbeheizten Flächen mit den Basisgrenzwerten  $GW_{GF-AE1}$  und  $GW_{GF-AE2}$ .

Für die unbeheizten Flächen war es schwierig einen Grenzwert zu ziehen, da die Anzahl der Beispiele zu gering waren. Doch vom Green Office und dem Mustergebäude wussten wir, dass diese Werte im grünen Bereich zu liegen kommen sollten. Beim Altersheim Trotte und Voirets (MFH) ist die unbeheizte Fläche im Vergleich zu GF sehr klein und die Materialien sehr energiereich (Stahlbeton mit Zementstrich und XPS Dämmung). Diese beiden Beispiele sollten in dieser Kategorie durchfallen und nicht mehr im orangen, sondern im roten Bereich zu liegen kommen.

**Zusammenfassung**

Folgende Tabellen fassen die Grenzwerte bei Neubauten zusammen:

Nutzung	GW <sub>AE</sub> 1	GW <sub>AE</sub> 2	GW <sub>GF-AE</sub> 1	GW <sub>GF-AE</sub> 2
	[MJ/m <sup>2</sup> a]	[MJ/m <sup>2</sup> a]	[MJ/m <sup>2</sup> a]	[MJ/m <sup>2</sup> a]
	bzgl. beheizte Fläche (A <sub>E</sub> )		bzgl. unbeheizte Fläche (GE- A <sub>E</sub> )	
Verwaltung	110	150		
Schule	90	130	30	50
Wohnen EFH/MFH	90	130		

Tabelle 40: Die Basisgrenzwerte für Neubauten.

GW<sub>AE</sub>1 und GW<sub>AE</sub>2 ändern sich je nach Nutzung (Wohnen, Verwaltung oder Schule), hingegen bleibt GW<sub>GF-AE</sub>1 und GW<sub>GF-AE</sub>2 für alle Nutzungen konstant

Für die Haustechnikelemente, welche einen grossen Einfluss auf die Graue Energie haben, werden folgende Basisgrenzwerte verwendet (Basisgrenzwert 1 & 2 sind identisch):

Nutzung	PV-Anlage	Sonnenkollektoren	Erdsonde
	[MJ/m <sup>2</sup> a]	[MJ/m <sup>2</sup> a]	[MJ/m <sup>2</sup> a]
	bzgl. Bauteilfläche		Wenn Ja und bzgl. beheizte Fläche (A <sub>E</sub> )
Verwaltung	141	212	7
Schule			
Wohnen EFH/MFH			

Tabelle 41: Basisgrenzwerte für die Haustechnik.

**Objektspezifischer Grenzwert**

Aus den Basisgrenzwerten und den dazugehörigen Flächen (beheizt und unbeheizt) sowie den Angaben der vorhandenen Haustechnikelementen errechnet sich der untere und obere objektspezifische Grenzwert GW1 und GW2 in MJ pro m<sup>2</sup> Energiebezugsfläche und Jahr nach der Formel 13 und Formel 14 zu berechnen. Die objektspezifische Graue Energie eines Neubaus wird nun mit den objektspezifischen Grenzwerten in Relation gesetzt. Daraus ergibt sich Erfüllungsgrad für die Graue Energie für das spezifische Objekt.

$$GW1 = \frac{A_E \cdot GW_{AE}1(i) + (GF - A_E) \cdot GW_{GF-AE}1 + A_{PV} \cdot 141 + A_{SK} \cdot 212}{A_E} + 7$$

Formel 13: Berechnung von GW1.

$$GW2 = \frac{A_E \cdot GW_{AE}2(i) + (GF - A_E) \cdot GW_{GF-AE}2 + A_{PV} \cdot 141 + A_{SK} \cdot 212}{A_E} + 7$$

Formel 14: Berechnung von GW2.

- $GW_{AE1(i)}$  und  $GW_{AE2(i)}$ : Der Index  $i$  steht für die 3 Nutzungen Wohnen, Schule und Verwaltung.
- 141 [MJ/m<sup>2</sup> BT a]: Die Graue Energie pro m<sup>2</sup> PV-Anlage und Jahr.
- 212 [MJ/m<sup>2</sup> BT a]: Die Graue Energie pro m<sup>2</sup> Sonnenkollektoren und Jahr.
- 7 [MJ/m<sup>2</sup> A<sub>E</sub> a]: Die Graue Energie der Erdsonde pro m<sup>2</sup> A<sub>E</sub> und Jahr, falls „Ja“, sonst „0“.

### Bewertung

Die spezifische Graue Energie eines Gebäudes ( $GE_S$ ) wird mit den objektspezifischen Grenzwerten GW1 (unterer) und GW2 (oberer) in Relation gebracht. Auf diese Weise wird das Gebäude bezüglich seiner Grauen Energie bewertet, wie in Abbildung 43 dargestellt wird. Das Endresultat der Bewertung der Grauen Energie fällt in diesem Falle in den Bereich *befriedigend* (gelb), vergleiche dazu Abbildung 44. Wäre  $GE_S$  kleiner als GW1, so würde das Endresultat *gut* (grün) ausfallen.

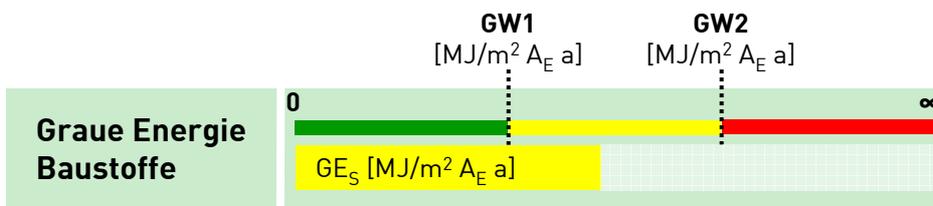


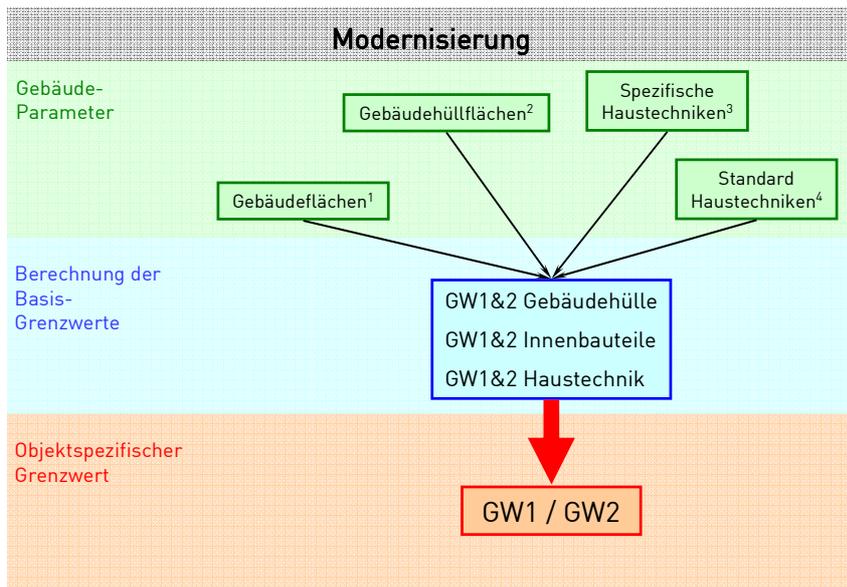
Abbildung 43: Bewertungsgrafik der Grauen Energie eines Gebäudes.



Abbildung 44: Bewertungsskala der der Ampel.

## Q Grenzwerte bei Modernisierungen

Die Abbildung 45 zeigt die Methodik für die Berechnung der objektspezifischen Grenzwerte (GW1 und GW2), welche zusammen mit den Gebäudeparametern und den daraus entwickelten Basisgrenzwerte hergeleitet werden.



- 1: Energiebezugsfläche, Geschossfläche
- 2: Aussenwände UG/OG, Dächer, Böden, Fenster und Türen
- 3: Erdsonde, PV-Anlage, Sonnenkollektoren
- 4: Lüftung, Sanitäranlagen, Elektroanlagen, Wärmeerzeuger und -verteiler

Abbildung 45: Methodik für die Berechnung der objektspezifischen Grenzwerte bei Modernisierungen.

### Methodik

Grunddaten zur Bestimmung der Basisgrenzwerte in den folgenden Tabellen stammen für die Gebäudehülle, PV-Anlage und Sonnenkollektoren pro Quadratmeter Bauteilfläche und für den Rest pro Quadratmeter Energiebezugsfläche ( $A_E$ ) aus der KBOB-Empfehlung [1]. Die Basisgrenzwerte für die Haustechnik ( $GW_{HT}$ ) in der Tabelle 44 sind bereits mit dieser Empfehlung berechnet worden. Je nach Antworten des Nutzers werden die einzelnen Werte in dieser Tabelle als Summe zu einem Basisgrenzwert ( $GW_{HT}$ ) zusammengefasst. Photovoltaik und die Sonnenkollektoren werden separat betrachtet und nicht zu  $GW_{HT}$  hinzugefügt.

Für die MINERGIE® Standards (-P) und (-A) müssen die Basisgrenzwerte mit dem Faktor 1.2 multipliziert werden, um das Budget für einen besseren Wärmeschutz zu erhöhen.

In den folgenden Tabellen ist einerseits mit Farbe die Eingabe des Nutzers gekennzeichnet und andererseits die drei Kategorien:

- Gebäudehülle (blau)
- Haustechnik (rot)
- Innenbauteile (grün)

Der Basisgrenzwert der Grauen Energie der Gebäudehülle berechnet sich aus einem Grenzwert pro  $m^2$  Bauteil (Aussenwände zu Erd- und Obergeschossen, Dächer, Bodenplatte, Fenster, Aussentüren und -tore). Der Basisgrenzwert der Grauen Energie der Haustechnik berechnet sich aus der Photovoltaik und der Sonnenkollektoren welche mittels der entsprechenden Flächen bestimmt wird (bei Nichtvorhandensein wird die Fläche auf  $0m^2$  gesetzt) sowie den Basisgrenzwert der Grauen Energie für den allfälligen Ersatz/Neuinstallation (Ja/Nein) der Lüftungsanlage (Gesamtanlage, Erdregister oder Abluft Küchen/Bad), der Heizungsanlage (Erzeugung und Verteilung), der Elektro- und der Sanitäranlagen. Falls eine Modernisierung der Innenbauteile (Innenwände und Zwischendecken) vorliegt (Ja/Nein) wird noch ein entsprechender Basisgrenzwert in den objektspezifischen Grenzwert mit eingerechnet.

	Aussenwände EG/OG		Dächer		Bodenplatte		Fenster / Aussentüren	
Eingabe	Fläche [ $m^2$ ] $A_A$		Fläche [ $m^2$ ] $A_D$		Fläche [ $m^2$ ] $A_B$		Fläche [ $m^2$ ] $A_{FT}$	
Einheit	[MJ/ $m^2$ Bauteil und Jahr]							
Verwaltung								
Schule	$GW_{A1}$	$GW_{A2}$	$GW_{D1}$	$GW_{D2}$	$GW_{B1}$	$GW_{B2}$	$GW_{FT1}$	$GW_{FT2}$
Wohnen								

Tabelle 42: Basisgrenzwerte der Gebäudehülle.

	PV-Anlage	Sonnenkollektoren
Eingabe	Fläche [ $m^2$ ] $A_{PV}$	Fläche [ $m^2$ ] $A_{SK}$
Einheit	[MJ/ $m^2$ Bauteil und Jahr]	
Grenzwert	Wenn vorhanden und bzgl. Bauteilfläche	
Verwaltung		
Schule	141 <sup>25</sup>	212 <sup>26</sup>
Wohnen		

Tabelle 43: Basisgrenzwerte der PV-Anlage und Sonnenkollektoren.

<sup>25</sup> 29'800 MJ/kWp mit einer Lebensdauer von 30 Jahren,  $1m^2$  entspricht 141Wp

<sup>26</sup> Annahme: 50% Sonnenkollektoren, Warmwasser MFH und 50% Sonnenkollektoren, Warmwasser EFH, KBOB  
Liste Stand März 2010, 4245 MJ/ $m^2$  Kollektorfläche mit einer Lebensdauer von 20 Jahren

	Lüftung gesamt	Erdre- gister	Abluft Kü- che/Bad	Sanitär- anlage	Wärme- erzeu- ger	Wärme- verteiler	Elektro- anlage	Erdson- de
Eingabe	Ja/N ein	Ja/N ein	Ja/Nei n	Ja/Nei n	Ja/Nei n	Ja/Nei n	Ja/Nei n	Ja/Nei n
Einheit	[MJ/m <sup>2</sup> A <sub>E</sub> *Jahr]							
Grenz- wert	Wenn Ja und bzgl. beheizte Fläche (A <sub>E</sub> )							
Verwal- tung	8.4 <sup>27</sup>	3.4 <sup>28</sup>	0	5.3 <sup>29</sup>	0.9 <sup>30</sup>	4 <sup>31</sup>	8.4 <sup>32</sup>	7 <sup>33</sup>
Schule	8.4 <sup>5</sup>	3.4 <sup>6</sup>	0	5.3 <sup>7</sup>				
Wohnen	7.1 <sup>5</sup>	2.0 <sup>6</sup>	1.9 <sup>34</sup>	7.7 <sup>7</sup>				

Tabelle 44: Basisgrenzwerte der Haustechnik bei einer Modernisierung (GW<sub>HT</sub>)

	Innenbauteile	
Eingabe	Ja/Nein	Ja/Nein
Einheit	Wenn Ja und bzgl. beheizte Fläche (A <sub>E</sub> ) [MJ/m <sup>2</sup> A <sub>E</sub> *Jahr]	
Verwaltung	GW <sub>1</sub>	GW <sub>2</sub>
Schule		
Wohnen		

Tabelle 45: Basisgrenzwerte der Innenbauteile (GW<sub>i</sub>).

Der objektspezifische untere (GW<sub>1</sub>) und der obere (GW<sub>2</sub>) Grenzwert errechnen sich ähnlich wie bei den Neubauten aus den sanierten Bauteilflächen und den entsprechenden Basisgrenzwerten, der vorhandenen Haustechnik (inkl. Fläche für PV-Anlage und Sonnenkollektoren) und der Innenbauteile. Diese Werte werden anschliessend auf die Energiebezugsfläche bezogen.

### Grenzwertbildung

Für die Modernisierung wurde für jedes Gebäudebauteil ein Basisgrenzwert bestimmt, sodass verschiedene Modernisierungstypen mit den entsprechenden Eingriffstärken repräsentiert werden können. Die Bestimmung erfolgte anhand von 11 Fallbeispiele (Im Hürdli besteht aus 3 Gebäuden), welche mit Lesosai 7.0 [5] und mit Hilfe von Berechnungen der Stadt Zürich (Dorflinde, Milchbuck und Kreisgebäude 3) analysiert wurden. Die Fallbeispiele mit den Grauen Energien ihrer Gebäudebauteile ist in der Tabelle 46 und in der Tabelle 47 aufgelistet, aufgeteilt in Gebäudehülle (Dach, Bode, Fenster/Türen, Fassade), welche sich auf die Flächen der jeweiligen Bauteile beziehen und jene der Innenbauteile, welche sich auf A<sub>E</sub> bezieht.

<sup>27</sup> 253 (Verwaltung/Schule) und 213 (Wohnen) MJ/m<sup>2</sup> A<sub>E</sub> mit einer Lebensdauer von 30 Jahren

<sup>28</sup> 103 (Verwaltung/Schule) und 29.1 (Wohnen) MJ/m<sup>2</sup> A<sub>E</sub> mit einer Lebensdauer von 30 Jahren

<sup>29</sup> 159 (Verwaltung/Schule) und 230 (Wohnen) MJ/m<sup>2</sup> A<sub>E</sub> mit einer Lebensdauer von 30 Jahren

<sup>30</sup> 17.6 MJ/m<sup>2</sup> A<sub>E</sub> mit einer Lebensdauer von 20 Jahren

<sup>31</sup> 120 MJ/m<sup>2</sup> A<sub>E</sub> mit einer Lebensdauer von 30 Jahren

<sup>32</sup> 252 MJ/m<sup>2</sup> A<sub>E</sub> mit einer Lebensdauer von 30 Jahren

<sup>33</sup> 137 MJ/m<sup>2</sup> A<sub>E</sub> (Anlage mit 20W pro m<sup>2</sup> A<sub>E</sub>) mit einer Lebensdauer von 20 Jahren. Aufgerundet.

<sup>34</sup> 57.5 MJ/m<sup>2</sup> A<sub>E</sub> mit einer Lebensdauer von 30 Jahren

Gebäude	Nutzung	A <sub>E</sub> [m <sup>2</sup> ]	Graue Energie [MJ/m <sup>2</sup> Bauteil a]			
			Dach	Boden	Fenst./Türen	Aussenwände
Moudon	MFH	793	37.5	0	81.2	17.7
BG Bülach	Verwaltung	3554	32.9	18.8	45.9	13.5
Dorflinde	Altersheim	9843	18.4	0	55.2	6.5
Milchbuck	Schule	8033	7.8	13.5	41.5	25.5
Kreisgebäude	Verwaltung	3270	0	11.4	39.5	50.8
Unterfelden	Schule	12333	1.9	0.3	60.3	18.7
Zelgweg	EFH	246	5.0	4.6	43.9	10.7
Hürdli 2	MFH	2140	0	8.4	0	0
Hürdli 4	MFH	2597	0	8.4	0	0
Hürdli 6	MFH	3053	0	8.4	0	0
Kornweg	EFH	844	0.4	0	81.5	17.7
Rouvraie	MFH	4848	0	0	55.0	42.2
Corderaie	MFH	816	9.3	31.8	59.8	6.3

Tabelle 46: Übersicht der Fallbeispiele der Modernisierung mit den Grauen Energien der Bauteile.

Gebäude	Nutzung	A <sub>E</sub> [m <sup>2</sup> ]	Graue Energie [MJ/m <sup>2</sup> A <sub>E</sub> a]	
			Innenbauteile	Exceltool <sup>35</sup>
Moudon	MFH	793	11.4	3.3
BG Bülach	Verwaltung	3554	6.0	2.7
Dorflinde	Altersheim	9843	19.2	5.6
Milchbuck	Schule	8033	15.8	5.4
Kreisgebäude	Verwaltung	3270	15.9	5.4
Unterfelden	Schule	12333	2.1	0.6
Zelgweg	EFH	246	0.4	2.1
Hürdli 2	MFH	2140	0	0
Hürdli 4	MFH	2597	0	0
Hürdli 6	MFH	3053	0	0
Kornweg	EFH	844	2.2	3.9
Rouvraie	MFH	4848	1.0	0.6
Corderaie	MFH	816	21.0	8.2

Tabelle 47: Die Grauen Energien der Innenbauteile.

Die Basisgrenzwerte bei der Modernisierung sind Grenzwerte für Graue Energien der unterschiedlichen Gebäudebauteile:

- GW<sub>A</sub>1 und GW<sub>A</sub>2: Unterer (1) und oberer (2) Basisgrenzwert der Aussenwände UG/EG
- GW<sub>B</sub>1 und GW<sub>B</sub>2: Unterer (1) und oberer (2) Basisgrenzwert der Böden
- GW<sub>D</sub>1 und GW<sub>D</sub>2: Unterer (1) und oberer (2) Basisgrenzwert der Dächer
- GW<sub>FT</sub>1 und GW<sub>FT</sub>2: Unterer (1) und oberer (2) Basisgrenzwert der Fenster und Türen
- GW<sub>I</sub>1 und GW<sub>I</sub>2: Unterer (1) und oberer (2) Basisgrenzwert der Innenbauteile

<sup>35</sup> **Exceltool:** Die vereinfachte Erfassung mit Excel, welches die Graue Energie der Innenbauteile von Modernisierungen, mit wenigen Angaben des Nutzers, berechnet.

Die Basisgrenzwerte GW<sub>1</sub> und GW<sub>2</sub> beziehen sich dabei auf A<sub>E</sub>, die restlichen Grenzwerte auf die jeweilige Bauteilfläche. Die Basisgrenzwerte der Haustechnik beziehen sich ebenfalls auf A<sub>E</sub> und sind bereits hergeleitet worden. All diese Basisgrenzwerte wurden für den MINERGIE® Standard berechnet und durch eine Multiplikation mit einem bestimmten Faktor lassen sich die Basisgrenzwerte für MINERGIE-P® ebenfalls bestimmen. Die Abbildung 46 zeigt die Zusammensetzung der Grauen Energien der einzelnen Kategorien von Gebäudebauteilen. Die in diesem Bericht beschriebenen Basisgrenzwerte der Modernisierung sind von der Nutzung unabhängig.

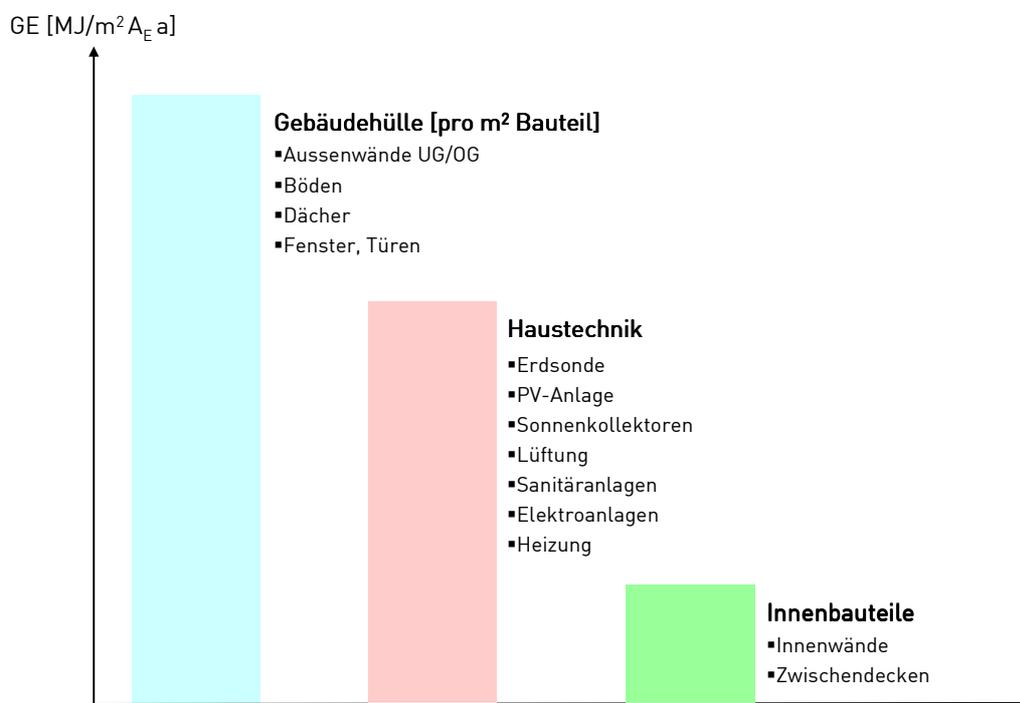


Abbildung 46: Zusammensetzung der Basisgrenzwerte bei einer Modernisierung.

### Basisgrenzwertbildung

In den nächsten 3 Abbildungen wurde mit Hilfe des elektronischen Bauteilkataloges die Graue Energie von Aussenwände, Böden und Dächer anhand von drei konstant gehaltenen U-Werten simuliert (orange, pink und dunkelblaue „Punktewolke“). Dabei wurden für die Aussenwände 39, für die Böden 51 und für die Dächer 34 verschiedene Variationen betrachtet. Die Variationen bestehen in der Wahl des Isoliermaterials. Die Dicke der Isolation wurde anhand des konstanten U-Wertes und aus Lambda berechnet (Lambda/U-Wert = Dicke). Das Lambda eines Isoliermaterials wurde produktspezifisch über die verschiedenen Hersteller gemittelt. Die restlichen Baumaterialien neben der Isolation (Tragkonstruktion) wurden nicht in die Kalkulation miteinbezogen. Die SIA 380/1 Norm *Thermische Energie im Hochbau* [12] schreibt ein minimaler U-Wert von 0.25 vor. Daraus abgeleitet sind die U-Werte für MINERGIE® (10% besser als SIA) und MINERGIE-P/A® (40% besser). Für diese drei U-Werte wurden die Baumaterialien untersucht, um wichtige Kenntnisse für die Grenzwertbildung zu gewinnen. Die Streuung innerhalb einer Punktewolke kommt zustande, wenn ein zweites, isolierendes Material im Bauteil vorhanden ist, welches aber über alle Variationen nicht in ihren Dicken verändert werden kann. Ganz rechts in den drei Graphiken sind die Bauteile der Fallbeispiele aufgezeichnet und

dienen als Kontrolle. Zwischen den Basisgrenzwerten des MINERGIE® Standards und derjenigen des MINERGIE-P/A® liegt ein Faktor von 1.2. Bauteile, die oberhalb des zweiten Grenzwertes zu liegen kommen, besitzen meistens Isoliermaterialien aus XPS, EPS oder PUR. Fallbeispiele, deren Bauteile sehr hohe Graue Energien aufzeigen, wurden nicht nur modernisiert, sondern auch zum Teil ganz ersetzt, so zum Beispiel die Aussenwände des Kreisgebäudes 3.

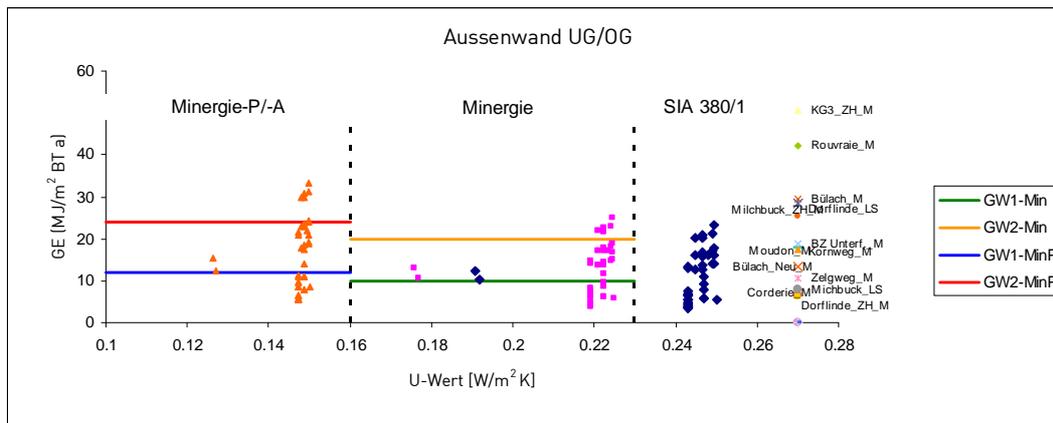


Abbildung 47: Graue Energien und Grenzwerte der Aussenwände mit 3 konstanten U-Werten und den Fallbeispielen.

Bei den Isoliermaterialien der Böden ist zu vermerken, dass die Dichte der Materialien eine wichtige Rolle spielt. Der Zusammenhang der Dichte des Isoliermaterials zur Dicke und Grauen Energie ist aber nicht linear. Es kann sogar vorkommen, dass das Lambda grösser wird trotz höherer Dichte.

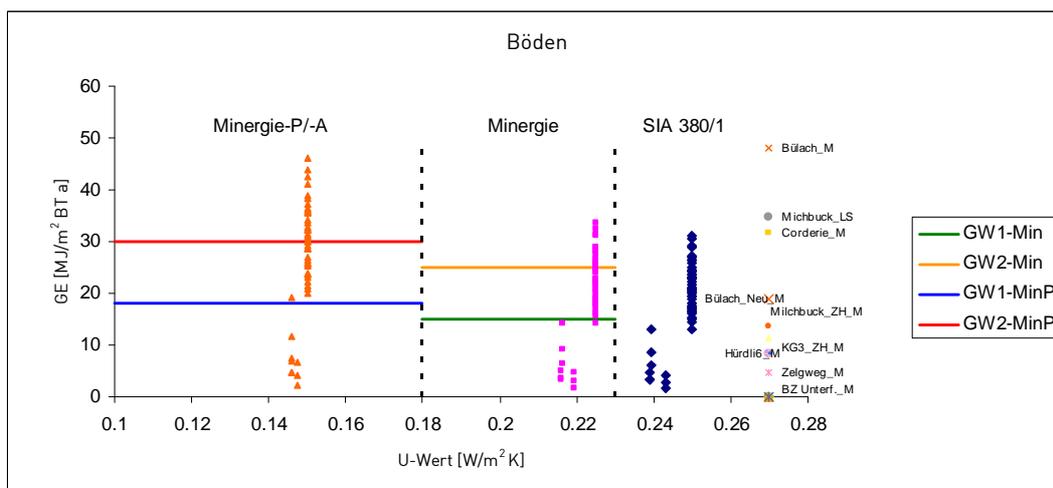


Abbildung 48: Graue Energien und Grenzwerte der Böden mit 3 konstanten U-Werten und den Fallbeispielen.

Die starke Streuung bei den Messpunkten der Dächer (Abbildung 49) kommt durch das Umkehrdach zustande. Die Umkehrdächer haben geringere U-Werte, die jedoch je nach Klimazone nicht überall anwendbar.

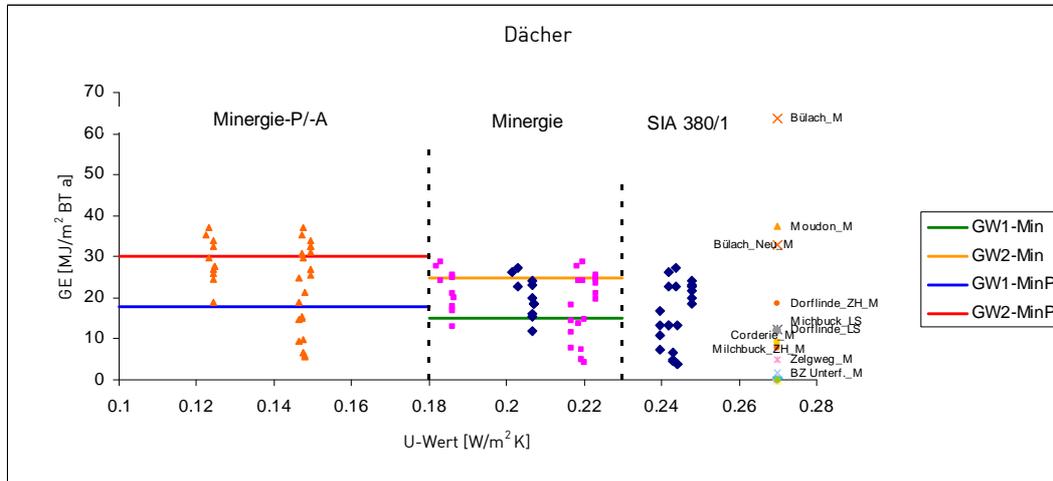


Abbildung 49: Graue Energien und Grenzwerte der Dächer mit 3 konstanten U-Werten und den Fallbeispielen.

In Abbildung 50 sind links die verschiedenen Fenster-Rahmen Typen mit Hilfe des BTK [2] zusammengestellt worden, jeweils pro Fensterrahmenkategorie mit 3 unterschiedlichen Verglasungen (2-IV, 2-IV-VSG und 3-IV) und 4 verschiedene Rahmenanteile. Rechts sind die Fallbeispiele aufgelistet mit der Grauen Energie der Fenster. Die grüne Linie (GW<sub>F1</sub>) wurde so gezogen, dass die Holz-Rahmen Fenster gut abschneiden, ausser mit 2-IV-VSG bzw. 3-IV und einem Rahmenanteil von 40%. Das gleiche gilt für den GW<sub>F2</sub>, wobei dort die Holz-Alu Rahmen Gruppe als Referenz betrachtet wurde.

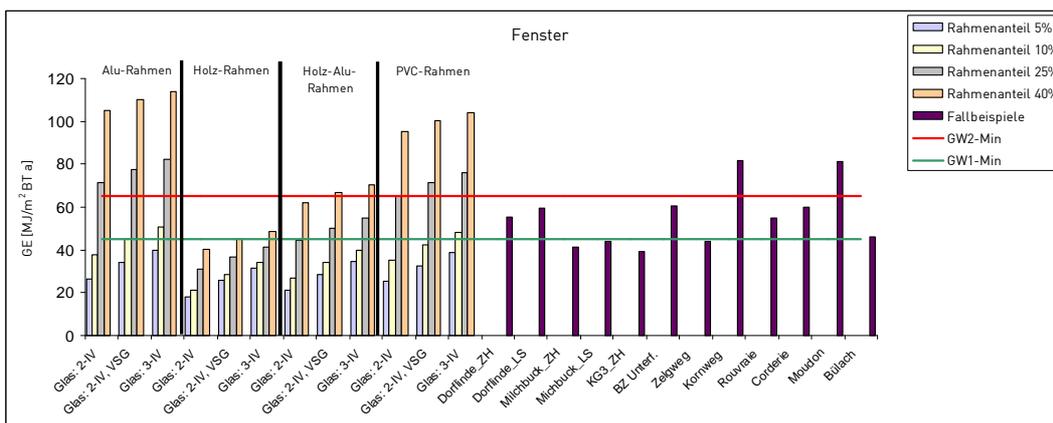


Abbildung 50: Graue Energien und Grenzwerte der Fenster mit verschiedenen Rahmenanteile und Verglasungen.

Die Basisgrenzwertbildung bei Modernisierungen von Innenbauteilen war nicht einfach. Unsere vereinfachte Erfassung mit einem Exceltool (VE-Tool hellblau, Abbildung 51) kann starke Modernisierungen, bei denen ganze Zwischenecken und Innenwände neu erstellt werden, nicht simulieren. Bei den Fallbeispielen Dorflinde, Milchbuck, Kreisgebäude 3, Corderie und Moudon ist dies sehr gut zu sehen. Hier stellt sich die Frage, ob solche starke Eingriffe in der Basisgrenzwertkategorie „Innenbauteile“ überhaupt eine Chance haben sollen, in den orangenen Bereich zu gelangen. Die Basisgrenzwerte GW<sub>1</sub> und GW<sub>2</sub> wurden so gewählt, dass nur kleinere Eingriffe (streichen, verputzen, Parkett schleifen und eine geringe Anzahl von Wän-

den verschieben oder erstellen) in Betracht gezogen werden können, um ein positives Resultat zu erreichen. Bei der Verwendung des Exceltools ist zu beachten, dass dieses nur in speziellen Fällen genutzt werden kann. In der Anleitung des Tools ist diese Problematik klar beschrieben.

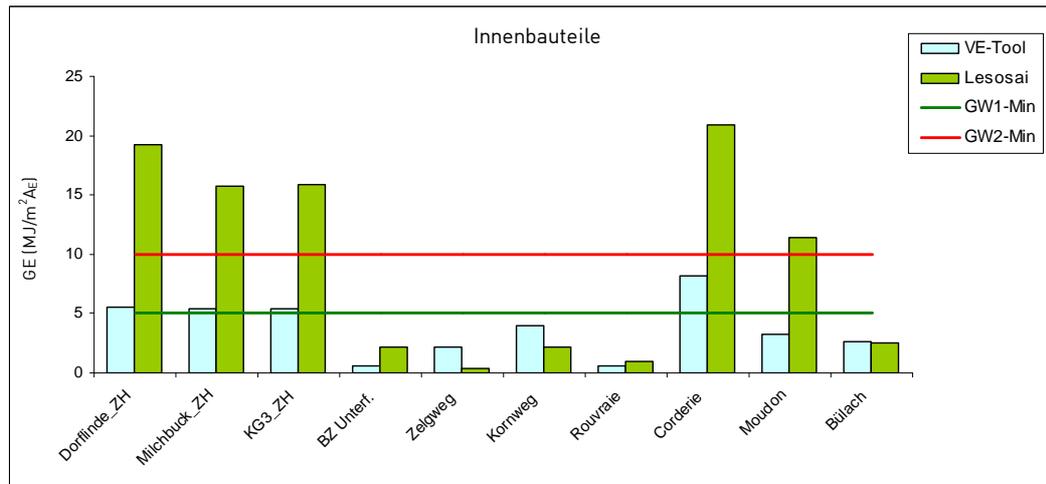


Abbildung 51: Graue Energie und Grenzwerte der Innenbauteile bei Modernisierungen.

### Zusammenfassung

In den nachfolgenden Tabellen sind die Basisgrenzwerte für die Modernisierung zusammengefasst, inklusive der Haustechnik.

	Aussenwände EG/OG		Dächer		Bodenplatte		Fenster / Aussen- türen	
Einheit	[MJ/m² Bauteil und Jahr]							
Grenzwert	GW <sub>A1</sub>	GW <sub>A2</sub>	GW <sub>D1</sub>	GW <sub>D2</sub>	GW <sub>B1</sub>	GW <sub>B2</sub>	GW <sub>FT1</sub>	GW <sub>FT2</sub>
<b>Verwaltung</b>								
Schule	10	20	15	25	15	25	45	65
<b>Wohnen</b>								

Tabelle 48: Basisgrenzwerte der Gebäudehülle.

Innenbauteile		
Einheit	[MJ/m²A <sub>E</sub> *Jahr]	
Grenzwert	GW <sub>I1</sub>	GW <sub>I2</sub>
<b>Verwaltung</b>		
Schule	5	10
<b>Wohnen</b>		

Tabelle 49: Basisgrenzwerte der Innenbauteile.

Haustechnik	Verwaltung	Schule	Wohnen
	[MJ/m <sup>2</sup> A <sub>E</sub> a]		
Lüftung gesamt <sup>1</sup>	8.4	8.4	7.1
Erdregister zu Lüftungsanlage	3.4	3.4	2
Lüftung Küche / Bad	0	0	1.9 (falls 1 = Nein, sonst 0)
Sanitäranlagen	5.3	5.3	7.7
Elektroanlagen	8.4	8.4	8.4
Wärmeerzeuger	0.9	0.9	0.9
Wärmeverteiler	4	4	4
Erdsonde	7	7	7

Tabelle 50: Basisgrenzwerte der Haustechnik (GW<sub>HT</sub>).

### Objektspezifischer Grenzwert

Mit der Bestimmung der Basisgrenzwerte ist es nun möglich, zusammen mit den Gebäudeparametern, die objektspezifischen Grenzwerte (GW1 und GW2) nach der Formel 15 und Formel 16 zu berechnen.

$$GW1 = \frac{A_A \cdot GW_A^1 + A_B \cdot GW_B^1 + A_D \cdot GW_D^1 + A_{FT} \cdot GW_{FT}^1 + A_{PV} \cdot 130 + A_{SK} \cdot 212}{A_E} + GW_I^1 + GW_{HT}$$

Formel 15: Berechnung von GW1.

$$GW2 = \frac{A_A \cdot GW_A^2 + A_B \cdot GW_B^2 + A_D \cdot GW_D^2 + A_{FT} \cdot GW_{FT}^2 + A_{PV} \cdot 130 + A_{SK} \cdot 212}{A_E} + GW_I^2 + GW_{HT}$$

Formel 16: Berechnung von GW2.

- GW<sub>A</sub>, GW<sub>B</sub>, GW<sub>D</sub> und GW<sub>FT</sub> siehe Tabelle 48
- 141 [MJ/m<sup>2</sup> BT a]: Die Graue Energie pro m<sup>2</sup> PV-Anlage und Jahr
- 212 [MJ/m<sup>2</sup> BT a]: Die Graue Energie pro m<sup>2</sup> Sonnenkollektoren und Jahr
- GW<sub>I</sub> siehe Tabelle 49 (GW<sub>I</sub> = 0, falls „Nein“)
- GW<sub>HT</sub> = Basisgrenzwerte der Haustechnik, stellt sich je nach Antworten aus den Werten der Tabelle 50 zusammen, z.B. falls alles „Ja“ ist GW<sub>HT</sub> für Verwaltung 37.4 [MJ/m<sup>2</sup>A<sub>E</sub> a]

### Bewertung

Die spezifische Graue Energie eines Gebäudes bei einer Modernisierung ( $GE_S$ ) wird mit den objektspezifischen Grenzwerten GW1 (unterer) und GW2 (oberer) in Relation gebracht. Auf diese Weise wird die Graue Energie der Modernisierung bewertet, wie in Abbildung 52 dargestellt wird. Das Endresultat der Bewertung der Modernisierung fällt in diesem Falle in den Bereich *befriedigen* (gelb), vergleiche dazu Abbildung 44. Wäre  $GE_S$  kleiner als GW1, so würde das Endresultat *gut* (grün) ausfallen.

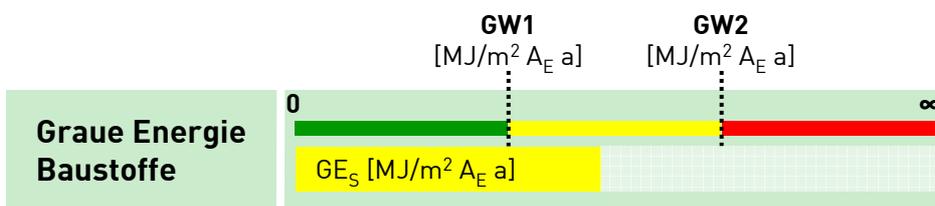


Abbildung 52: Bewertungsgrafik der Grauen Energie eines Gebäudes.



Abbildung 53: Bewertungsskala der der Ampel.

## **R Anleitung Tageslicht-Tool MINERGIE-ECO®**

Diese Anleitung bezieht sich auf die einzelnen Arbeitsblätter des neuen Excel-Tageslichttools MINERGIE-/-P/-A-ECO® 2011.

Das Tool kann [hier](#) heruntergeladen werden.

### **Arbeitsblatt "Überblick", Spalte "Objektdaten"**

1. Eingabe der Projektbezeichnung mit Adressangabe
2. Auswahl des Projekt-Typs: Hier kann zwischen einem Neubau oder einer Modernisierung gewählt werden. Eine Modernisierung nach MINERGIE® erfordert tiefe Eingriffe in das Gebäude. Von einem Neubau wird ausgegangen, wenn alle Bauteile (z.B. Fassade) neu erstellt werden.
  - Bei der Wahl "Neubau" erscheint automatisch der Kommentar "Bitte direkt Tabellenblatt "Tageslicht" ausfüllen". Das Tabellenblatt "Fragenkatalog Modernisierung" hat in diesem Fall keine Bedeutung.
  - Bei der Wahl "Modernisierung" erscheint automatisch der Kommentar "Bitte zuerst "Fragenkatalog Modernisierung" ausfüllen".
3. Eingabe Bauherr, Architekt, Elektroplanung, Beleuchtungsplanung und Ersteller des Nachweises: Hier soll der Name der Firma und die Kontaktperson eingegeben werden.

### **Arbeitsblatt "Überblick", Spalte "Zusammenfassung"**

1. Die Tabelle direkt unter Zusammenfassung kann nicht verändert werden und fasst die wichtigsten Informationen aus der Eingabe und das Gesamtergebnis zusammen.
2. Unter dem Titel "Vorgehen" befinden sich Links, welche direkt zu den Tabellenblättern führen:
  - Objektdaten eingeben auf dem Arbeitsblatt "Überblick"
  - Fragenkatalog Modernisierung auf dem gleichnamigen Arbeitsblatt
  - Typische Räume auf dem Arbeitsblatt "Tageslicht" eingeben
  - Nachweis Tageslicht auf dem gleichnamigen Arbeitsblatt
3. Die Grenzwertskala soll aufzeigen in welchen Bereichen der Nutzer MINERGIE-ECO® Anforderungen erfüllt (>50%) oder sehr gut erfüllt (>70%). Diese Skala gilt für Neubauten als auch Modernisierungen. Die Skala für Modernisierungen wurde so angepasst dass sie der von Neubauten entspricht.

### **Arbeitsblatt "Fragenkatalog Modernisierung", Bereich "Fragen"**

1. Falls es sich um eine Modernisierung handelt, gibt es die Möglichkeit, mit wenig Aufwand, d.h. ohne Eingabe aller Standardnutzräume einen Nachweis zu erbringen:  
Dabei wird davon ausgegangen, dass sich die Tageslichtsituation nicht grundsätzlich ändert. Die Beantwortung aller Fragen mit einem "Ja" soll dies bestätigen. Ein Nachweis der Antworten der Fragen muss mittels Plänen erfolgen. Der Tageslichterfüllungsgrad wird dann ohne weitere Eingaben mit 50% (genügend) angenommen.
2. Falls eine oder mehrere Fragen mit "Nein" beantwortet werden, erscheint automatisch folgende Meldung:  
"Bitte füllen Sie das Arbeitsblatt 'Tageslicht' für den Zustand nach der Modernisierung aus und bestimmen sie eine Gebäudekategorie, die ihrem Gebäude am nächsten kommt"

### **Arbeitsblatt "Fragenkatalog Modernisierung", Bereich "Gebäudekategorie"**

1. Falls es sich um eine Modernisierung handelt bei der eine Veränderung der Tageslichtsituation zu erwarten ist (mind. ein "Nein" im Fragenkatalog) muss eine dem Projekt am nächsten kommende Gebäudekategorie gewählt werden. Die Gebäude in der obersten Reihe besitzen einen eher kleinen Anteil Fensterfläche an der Fassadenfläche. Diejenigen in der Reihe darunter besitzen einen etwas höheren und die Gebäude in der Reihe zuunterst einen eher hohen Anteil Fensterfläche zu Fassadenfläche. Die Wahl erfolgt durch das Anklicken des dem realen Objekt am nächsten kommenden Objekts auf den Photos.
2. Aus dieser Wahl wird der obere und untere Grenzwert objektspezifisch berechnet. Für Gebäude verschiedenen Alters geht man davon aus, dass die Fensterrahmen unterschiedlich schmal und die Gläser einen eher tiefen Transmissionswert besitzen. Es wird zudem davon ausgegangen, dass der Fensterersatz aufgrund der heute höheren energetischen Ansprüche breitere Rahmenflächen und einen höheren Transmissionswert besitzt. Um solchen Objekten dennoch die Möglichkeit einer MINERGIE-ECO® Zertifizierung ohne tiefgreifende Anpassungen zu ermöglichen, werden die Grenzwerte entsprechend angepasst.

### **Arbeitsblatt "Tageslicht"**

1. Dieses Arbeitsblatt muss ausgefüllt werden, wenn es sich um einen Neubau oder um eine Modernisierung mit verschlechterter Tageslichterfüllung handelt.
2. Es sind alle typischen Hauptnutzräume einzugeben (keine Nebennutzräume!). Hauptnutzräume sind Räume, in denen sich Menschen eine längere Zeit aufhalten. Bei Räumen mit unterschiedlichen Eigenschaften können entweder Zonen gebildet werden (Fall A, Abbildung 54) und/oder Mittelwerte aufgrund der Fensteranteile für z.B. Auskragungen (Fall B, Abbildung 54 und Abbildung 55) oder Verbauungswinkel (siehe Abbildung 56, Punkt 8) eingegeben werden. Mittelwerte sind notwendig, da im Arbeitsblatt „Tageslicht“ pro Raum nur ein Wert für die Auskragungen und Verbauungswinkel anzugeben ist.

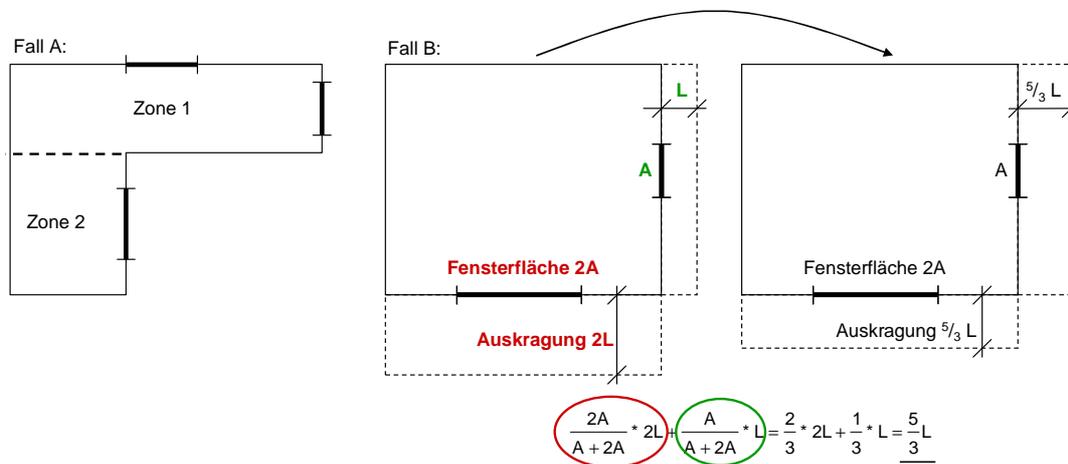


Abbildung 54: Zonen- oder Mittelwertbildung.

Verschiedene Varianten von Fall B:

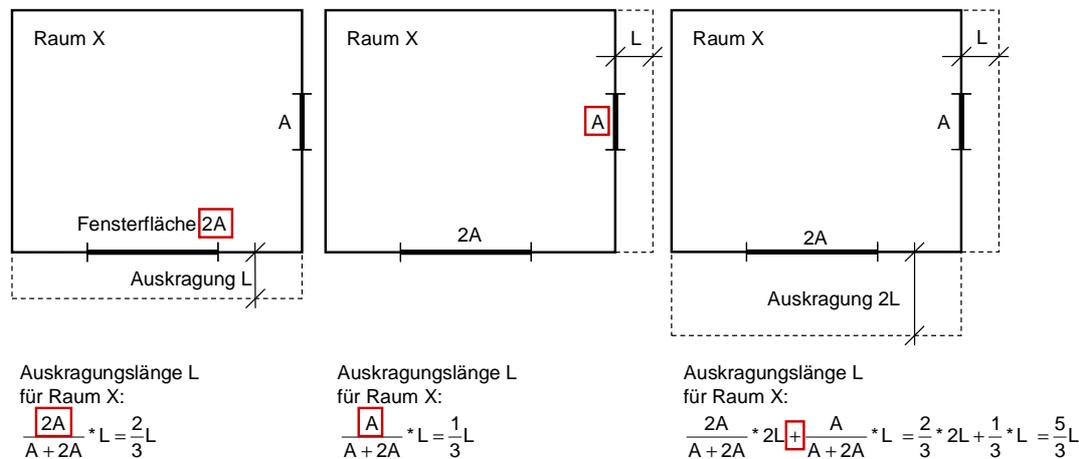


Abbildung 55: Verschiedene Ausgangslagen für die Mittelwertbildung.

3. Für grosse Gebäude mit einer Vielzahl verschiedener Räume muss aus Platzgründen gegebenenfalls mehrere Tageslichterfüllungsnachweise mit den entsprechenden Energiebezugsflächen berechnet und eingereicht werden.
4. Es ist grundsätzlich nicht nötig alle Räume einzeln zu erfassen. Es können sogenannte Raumtypen definiert werden (Bsp. Wohnzimmer, Schlafzimmer etc.). Grundlage der Nutzungstypen stellt das SIA Merkblatt 2024 [13] mit Ergänzungen aus der SIA Norm 416/1 [10] dar. Folgende Räume sind typische Hauptnutzräume:
  - Wohnen: Wohnraum, Schlafzimmer, Küche, Gemeinschaftsraum, Warteraum, Speiseraum, Haftzelle, etc.
  - Verwaltung: Einzel- und Gruppenbüro, Grossraumbüro, Sitzungszimmer, Schalterhalle, Empfang, Besprechungsraum
  - Schulen: Schulzimmer, Lehrerzimmer, Bibliothek, Hörsaal, Spezialraum, Versammlungsraum, Physik- und Chemiezimmer, Schulküche, Übungsraum, Sportraum

Um Nebennutzflächen, welche nicht erfasst werden müssen, handelt es sich bei Verkehrsflächen, WC, Bad und Dusche, Wasch- und Trockenräume, Kühlräume, Serverräume sowie Nebenräume wie Sanitärräume, Garderoben, Abstellräume, Fahrzeugabstellflächen (Parkhäuser), Fahrgastflächen ((Bahnsteige, Flugsteige inkl. dazugehörige Zugänge, Treppen und Rollsteige), Räume für zentrale Technik (Räume in Kraftwerken, Kesselhäusern, Müllverbrennungsanlagen, etc.) und Schutzräume (Räume für den zivilen Bevölkerungsschutz, auch wenn zeitweilig anders genutzt).

Für Spezialnutzungen, die nicht unter "Standardnutzungen Auswahl" aufgeführt sind, muss als Standardnutzung "Spezial" ausgewählt werden. Dafür müssen dann z.B. die Beleuchtungsstärke (Lux), die Beleuchtungsdauer, etc. manuell eingetragen werden.

5. Es wird bei der Berechnung des Tageslichterfüllungsgrades immer von einem bedeckten Himmel ausgegangen (diffuses Licht). Die Orientierung der Fenster hat somit keinen Einfluss auf die Beurteilung.
6. Räume mit ähnlicher Geometrie und den gleichen Eigenschaften bezüglich des Tageslichts (Auskrägung, Verbauungswinkel, etc.) können zusammengefasst werden.
7. Folgende allgemeine Informationen sind einzugeben:
  - Raumbezeichnung
  - Wahl der Standardnutzung
8. Folgende Informationen zu "Raummasse und Anzahl" sind einzugeben:
  - Länge (an der Fassade) des Raumes
  - Tiefe (in Richtung Gebäudeinnere) des Raumes
  - Höhe (lichte Höhe) des Raumes
  - Raumfläche (nur wenn Raum NICHT rechteckigen Grundriss aufweist)
  - Anzahl Räume mit den gleichen Eigenschaften

9. Folgende Informationen zur Tageslichtnutzung sind einzugeben:
- Glasfläche (ohne Rahmenfläche)
  - Vorhandensein von Oberlichtern (Ja/Nein)
  - Raumreflexion: "hoch" wenn Boden hell, Wände und Decke weiss, "mittel" wenn Boden eher dunkel restliche Flächen aber eher hell, "dunkel" wenn Boden und einige Flächen (Decke, Wände) eher dunkel)
  - Transmissionsfaktor des Fensterglases (Vorsicht bei Räumen wo das Tageslicht durch Oberlichter oder Balkonverglasung und dann durch innen liegende Fenster einfällt: die Tauwerte sind zu multiplizieren)
  - Abstand Fenster zu Decke (Sturzhöhe)
  - Sonnenschutztyp: Zu bewerten ist die Beeinflussung der Tageslichtsituation durch den Sonnenschutz:
    - o Gut: geringe Beeinflussung (z.B. helle Lamellenstoren)
    - o Mittel: deutliche Beeinflussung (z.B. Stoffstoren)
    - o Schlecht: starke Beeinflussung (z.B. Rollläden)
  - Auskragungen: Damit sind vor allem Balkone oder andere Lichteinschränkende Elemente gemeint (Bsp. Vordach)
  - Verbauungswinkel: Damit ist der Winkel ab Mitte Fenster, zwischen der Horizontalen und den vor dem Fenster stehenden Objekten gemeint. Der Verbauungswinkel kann in der Regel auch pro Fassade und über alle Stockwerke als Mittelwert eingegeben werden. Für die Berechnung der Tageslichterfüllung in Innenhöfen muss ebenfalls der Verbauungswinkel berücksichtigt werden.

- (1) Fensterfläche
- (2) Raumproportionen
- (3) Sturzhöhe
- (4) Verglasungseigenschaften
- (5) Reflexion Wände, Decken und Boden
- (6) Abschattung durch Vordächer, Balkone, Nachbarbauten
- (7) Sonnenschutz
- (8) Verbauungswinkel ( $\arctan(b/a)$ )

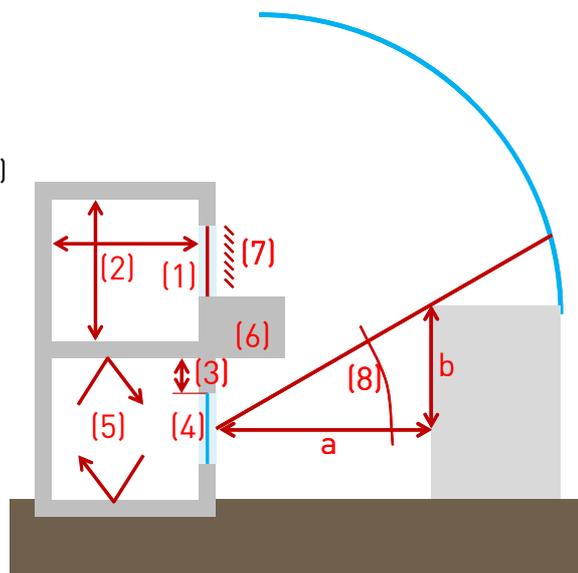


Abbildung 56: Eingabeparameter zur Tageslichterfüllungsberechnung.

### **Arbeitsblatt "Nachweis Tageslicht"**

1. Dieses Arbeitsblatt kann nicht verändert werden.
2. Darin werden die Tageslichterfüllungsgrade für die einzelnen Räume berechnet.
3. Aus der Summe aller Hauptnutzräume mit einem Tageslichterfüllungsgrad werden folgende Vorgaben geprüft:
  - Der flächengewichtete Tageslichterfüllungsgrad von allen Hauptnutzräumen muss mehr als 50% betragen
  - Die Fläche der Räume, welche einen Tageslichterfüllungsgrad von <50% besitzen, darf bezogen auf die gesamte Fläche der Hauptnutzung nicht mehr als 20% betragenBeide Bedingungen müssen erfüllt werden, doch nur die erste Bedingung (Tageslichterfüllungsgrad aller Hauptnutzräume > 50%) fließt in die Gesamtbeurteilung auf dem Arbeitsblatt "Überblick" ein.

## S Erweiterung des Vorgabenkataloges

### Konsolidierte Liste der thematischen Erweiterungen

Die folgenden Themen stehen für eine Ergänzung der bestehenden Vorgaben zur Diskussion:

Nr.	Thema	Inhalte	Einbindung
D9	Mikroklima	Mikroklima Dach (anhand Eigenschaften Bedachungsmaterial)	Kriterium Raumklima
L14	Heat Island Effect—Roof		
D13	Abfall nach Abfallkategorien	Abfalltrennung und –Rezyklierung auf der Baustelle gemäss SIA Empfehlung 430	Kriterium Herstellung
L32	Construction Waste Management		
D14	Frischwasserverbrauch Nutzungsphase	Zusätzl. Anforderungen über Checkliste SIA MB 2026	Kriterium Herstellung
L18	Innovative Wastewater Technologies		
D19	Thermischer Komfort im Winter	Strahlungsasymmetrie; Temperaturen, Luftfeuchte und Luftgeschwindigkeiten aus SIA 382/1	Kriterium Raumklima
D20	Thermischer Komfort im Sommer		
L51	Thermal Comfort—Design		
D22	Akustischer Komfort	Raumakustische Anforderungen	Kriterium Lärm
D23	Visueller Komfort	Blendfreiheit, Ausblick, Lichtverteilung,	Kriterium Licht
L54	Daylight and Views—Views	Lichtfarbe, Regulierbarkeit	
D24	Einflussnahme des Nutzers	Regulierbarkeit der Beleuchtung, der Raumtemperatur und der Luftmenge durch den Nutzer	Kriterium Raumklima
L49	Controllability of Systems—Lighting		
L50	Controllability of Systems—Thermal Comfort		
D29	Flächeneffizienz	Zusätzliche Benchmarks einführen	Kriterium Ressourcen
D51	Sicherung der Nachhaltigkeitsaspekte in Ausschreibung und Vergabe	Verwendung eco-devis	Zusatzfragen Bauökologie
D53	Baustelle/Bauprozess	Zusätzliche Themen Baulärm, Staub,	Kriterium Herstellung
L1	Construction Activity Pollution Prevention	Wasserhaltung, Sedimentation, Erosion, Lagerung von wasser- od. bodengefährdenden Produkten, teilweise auf Basis SIA 431	
L11	Stormwater Design—Quantity Control		
L12	Stormwater Design—Quality Control		
D55	Qualität der Bauausführung / Messungen zur Qualitätskontrolle	Blower-Door-Messungen, RL-Messungen	Kriterium Herstellung
D56	geordnete Inbetriebnahme	Anforderungen an die Inbetriebnahme	Kriterium Herstellung
L20	Fundamental Commissioning of Building Energy Systems		
L25	Enhanced Commissioning		
D68	Erweiterungsmöglichkeiten /Reserven	Aufstockungen, Anbauten auf dem Grundstück, Ausbauten im Gebäude	Kriterium Ressourcen
L4	Brownfield Redevelopment	Grundstück mit Verzeichnung im kant. Altlastenkataster	Kriterium Ressourcen
L26	Enhanced Refrigerant Mana-	Verwendung natürlicher Arbeitsmittel	Kriterium Herstellung

Nr.	Thema	Inhalte	Einbindung
	gement		
L27	Measurement and Verification	Mess- und Zählkonzept	Kriterium Herstellung
L33	Materials Reuse	Einsatz von wieder verwendeten Bauteilen	Kriterium Herstellung
L35	Regional Materials	Maximale Transportdistanzen für Kies, Beton und Dämmstoffe	Kriterium Herstellung
L40	Outdoor Air Delivery Monitoring	CO <sub>2</sub> -Steuerung der Luftmengen	Kriterium Raumklima
L41	Increased Ventilation	RL-Qualität RAL2	Kriterium Raumklima
L42	Construction IAQ Management Plan—During Construction	Ableitung von Anforderungen aus SWKI VA 104-1 in Form einer Checkliste	Kriterium Raumklima
L43	Construction IAQ Management Plan—Before Occupancy	Ableitung von Anforderungen aus SWKI VA 104-1 in Form einer Checkliste	Kriterium Raumklima
L48	Indoor Chemical and Pollutant Source Control	Anforderungen an die Lagerung von gesundheitsgefährdenden oder allergenen Produkten im Gebäude	Kriterium Raumklima
L55	Innovation in Design	Innovative Technologien, Verfahren oder Planungsprozesse	Zusatzfragen Gesundheit und Bauökologie

Tabelle 51: Themen für allfällige Ergänzungen der Vorgaben.

Alle diese Erweiterungen betreffen schwergewichtig die Phase Vorstudien/Projekt. Auch bei Ablösung der bestehenden Methodik durch den Systemnachweis können diese thematischen Erweiterungen weiter verwendet werden, da sie Gebiete betreffen, welche mit einer Ökobilanz nicht abgedeckt werden können.

### Finale Liste

Die Erstellung der finalen Liste sind verschiedene Diskussionen innerhalb der Arbeits- und der Fachgruppe vorangegangen. Nachfolgend diejenigen Themen die nicht weiter behandelt werden, ergänzt durch die Erklärung:

- Nr. D09 und L14: Nicht relevant
- Nr. D13 und L32: Relevant, inkl. Zusatzcontrolling (Entsorgungsweg und -mengen)
- Nr. D14 und L18: Relevant (Checkliste mit Massnahmen, Herstellungskriterien, Nutzungsunabhängig)
- Nr. D19 und D20: Durch MINERGIE® zu bearbeiten
- Nr. D22: Relevant, können uns aber nicht auf SIA stützen, da eine Funktion der Raumgrösse
- Nr. D23: Nur teilweise relevant: Die Aspekte Ausblick, Lichtfarbe und Regulierbarkeit sind relativ einfach zu behandeln und aufzunehmen
- Nr. D24, L49 bis L5: Durch MINERGIE® zu bearbeiten
- Nr. D29: schon genügend abgedeckt und ein eher ökonomisches Thema
- Nr. D51: Fragenkatalog auf Basis Eco-BKP
- Nr. D53 bis L1: Relevant
- Nr. L11 und L12: Nicht relevant, da zu aufwendig. Es wäre ein GEP (Genereller Entwässerungsplan) für die Beurteilung nötig
- Nr. D55, D56 und L20: Durch MINERGIE® zu bearbeiten
- Nr. D68: Nicht relevant; die Erweiterung ist nicht zwingend ökologisch

- Nr. L4: Relevant, die Anwendung könnte wie folgt aussehen: Falls es keine Altlast hat -> N/A, falls es Altlast hat auf Grundstück, aber nicht da, wo gebaut wird und diese entsorgt wird -> Ein Punkt.
- Nr. L26: Relevant, in der Anwendung könnte es einen Punkt geben, wenn weitergegangen wird als das Gesetz es vorschreibt
- Nr. L27: Durch MINERGIE® zu bearbeiten
- Nr. L33: Wird von eco-bau [13] erwünscht
- Nr. L35: Nicht relevant
- Nr. L40 und L41: Relevant, wenn es MINERGIE® nicht macht
- Nr. L42 und L43: Durch MINERGIE® zu bearbeiten (z.B. in Form von Checklisten)
- Nr. L48 und L55: Nicht relevant

Die folgende Tabelle ist die finale Liste der Themen:

Nr.	Thema	Inhalte	Einbindung
D13	Abfall nach Abfallkategorien	Abfalltrennung und -Rezyklierung auf der Baustelle gemäss SIA Empfehlung 430	Kriterium Herstellung
L18	Innovative Wastewater Technologies		
L51	Thermal Comfort—Design		
D22	Akustischer Komfort	Raumakustische Anforderungen	Kriterium Lärm
D23	Visueller Komfort	Ausblick, Lichtfarbe, Regulierbarkeit	Kriterium Licht
L54	Daylight and Views—Views		
D51	Sicherung der Nachhaltigkeitsaspekte in Ausschreibung und Vergabe	Verwendung eco-devis	Zusatzfragen Bauökologie
D53	Baustelle/Bauprozess	Zusätzliche Themen Baulärm, Staub, Wasserhaltung, Sedimentation, Erosion, Lagerung von wasser- od. bodengefährdenden Produkten, teilweise auf Basis SIA 431	Kriterium Herstellung
L1	Construction Activity Pollution Prevention		
L25	Enhanced Commissioning		
L4	Brownfield Redevelopment	Grundstück mit Verzeichnung im kant. Altlastenkataster	Kriterium Ressourcen
L26	Enhanced Refrigerant Management	Verwendung natürlicher Arbeitsmittel	Kriterium Herstellung
L33	Materials Reuse	Einsatz von wieder verwendeten Bauteilen	Kriterium Herstellung
L40	Outdoor Air Delivery Monitoring	CO2-Steuerung der Luftmengen	Kriterium Raumklima
L41	Increased Ventilation	RL-Qualität RAL2	Kriterium Raumklima

Tabelle 52: Finale Liste der Themen.

### Methodische Anpassungen

Falls die oben aufgeführten thematischen Erweiterungen umgesetzt werden sollen, so drängt sich eine Umbenennung des Kriteriums Raumluft beispielsweise in „Raumklima“ auf.

Die Unterscheidung der Ausschlusskriterien in Absolute Ausschlusskriterien und Nutzungsbezogene Ausschlusskriterien ist zu akademisch und deshalb nur schwer zu vermitteln. Deshalb sollen in Zukunft alle Ausschlusskriterien als absolut angesehen werden. Auch aus inhaltlicher Sicht lässt sich diese Unterscheidung – welche vor allem im Bereich der Lösemittel zur Anwendung kommt – nicht rechtfertigen, da der Luftaustausch zwischen den Räumen nicht kontrolliert werden kann und somit belastete Raumluft aus Bereichen, in welchem das Ausschlusskriterium nicht eingehalten werden musste, in empfindliche Bereiche gelangen kann.

#### **Ergänzungen des best. Vorgabenkatalogs**

- Elektrosmog: Neues Merkblatt Stadt Zürich integrieren
- RC-Beton: Neues SIA-Merkblatt / erfa-info integrieren
- Lüftungsanlagen: Konzeption nach SIA 382/1 [14] gehört zu MINERGIE® und wird nicht bei – ECO integriert
- Flachdächer: Vorgaben trennen nach begehbar / nicht begehbar, Holzkonstruktion/Massiv
- Legal compliance: Selbstdeklaration und Ausschlusskriterium

## **T   Vorgabenkatalog Neubau**

Unter folgendem Link sind die vollständigen Vorgabenkataloge und Umsetzungsanweisungen für Neubauten bei MINERGIE-ECO® 2011 einzusehen:

<http://www.minergie.ch/minergie-ecop-eco.html#neue-version>

## **U   Vorgabenkatalog Modernisierung**

Unter folgendem Link sind die vollständigen Vorgabenkataloge und Umsetzungsanweisungen für Modernisierungen bei MINERGIE-ECO® 2011 einzusehen:

<http://www.minergie.ch/minergie-ecop-eco.html#neue-version>

## Literaturverzeichnis

- [1] KBOB-Empfehlung "Ökobilanzdaten im Baubereich", Version Januar 2011
- [2] [www.bauteilkatalog.ch](http://www.bauteilkatalog.ch); kostenpflichtig
- [3] KBOB-Empfehlung "Ökobilanzdaten im Baubereich", Version März 2010
- [4] Hrsg. Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein: Merkblatt SIA 2032 *Graue Energie von Gebäuden*, Zürich, 2010
- [5] <http://www.lesosai.com/>, ab Version 7.1 mit vollständigem MINERGIE-ECO Nachweis
- [6] Hrsg. Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein: Norm SIA 380/4 *Elektrische Energie im Hochbau*, Zürich, 2006
- [7] Hrsg. Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein: Merkblatt SIA 2028 *Klimadaten für Bauphysik, Energie- und Gebäudetechnik*, Zürich, 2010
- [8] Hrsg. Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein: Norm SIA 2031 *Energieausweis für Gebäude*, Zürich, 2009
- [9] Hrsg. Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein: Norm SIA 181 *Schallschutz im Hochbau*, Zürich, 2006
- [10] Hrsg. Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein: Norm SIA 416/1 *Kennzahlen für die Gebäudetechnik - Bauteilabmessungen, Bezugsgrössen und Kennzahlen für Bauphysik, Energie- und Gebäudetechnik*, Zürich, 2007
- [11] Hrsg. Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein: Merkblatt SIA 2040 *SIA-Effizienzpfad Energie*, Zürich, 2011
- [12] Hrsg. Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein: Norm SIA 380/1 *Thermische Energie im Hochbau*, Zürich, 2009
- [13] <http://www.eco-bau.ch/index.cfm?Nav=11>
- [14] Hrsg. Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein: Norm SIA 382/1 *Lüftungs- und Klimaanlageanlagen - Allgemeine Grundlagen und Anforderungen*, Zürich, 2007