



# **IDSolutions**

## **Lösungen für die Sanierung mit Innendämmung im mehrgeschoßigen Gebäudebestand auf Ebene der Nutzungseinheit**

### **Leitfaden für die Sanierung mit Innendämmung Teil 2: Systemkomponenten und Beurteilungskriterien**

Steiner, T.  
Turner, C.  
Huemer-Kals, V.

IBO – Österreichisches Institut  
für Bauen und Ökologie GmbH



## Inhalt

<b>1</b>	<b>Allgemeines.....</b>	<b>3</b>
<b>1.1</b>	<b>Systemkomponenten.....</b>	<b>3</b>
1.1.1	Bestandskonstruktion .....	3
1.1.2	Innendämmung .....	3
1.1.3	Fenster.....	6
1.1.4	Heizung.....	6
1.1.5	Lüftung.....	6
<b>1.2</b>	<b>Beurteilungskriterien.....</b>	<b>7</b>
1.2.1	Praxistauglichkeit .....	7
1.2.2	Raumkomfort.....	8
1.2.3	Ökologie.....	8
1.2.4	Wirtschaftlichkeit .....	8
<b>2</b>	<b>Ökologische Bewertung .....</b>	<b>9</b>
<b>2.1</b>	<b>Ökobilanz .....</b>	<b>9</b>
<b>2.2</b>	<b>Umweltparameter.....</b>	<b>9</b>
2.2.1	Primärenergieinhalt .....	9
2.2.2	Beitrag zur Globalen Erwärmung bzw. Treibhauspotenzial (GWP).....	9
2.2.3	Versauerungspotential von Boden und Wasser .....	10
2.2.4	Ökoindex <sup>3</sup> (OI3) der Konstruktion .....	10
<b>2.3</b>	<b>Bewertung der Innendämmungen .....</b>	<b>10</b>
<b>2.4</b>	<b>Bewertung der Fenster.....</b>	<b>13</b>
<b>2.5</b>	<b>Bewertung der Heizung und Lüftung .....</b>	<b>13</b>
<b>3</b>	<b>Ökonomische Bewertung .....</b>	<b>15</b>
<b>3.1</b>	<b>Amortisationsdauer.....</b>	<b>15</b>
<b>3.2</b>	<b>Annuitätenmethode.....</b>	<b>16</b>
<b>3.3</b>	<b>Annuitätischer Gewinn.....</b>	<b>16</b>
<b>3.4</b>	<b>Bewertung der Innendämmungen .....</b>	<b>16</b>
<b>3.5</b>	<b>Bewertung der Fenster.....</b>	<b>18</b>
<b>4</b>	<b>Literatur .....</b>	<b>19</b>



## 1 Allgemeines

In diesem Teil des Leitfadens werden wesentliche Aspekte und Fragestellungen einzelner Systemkomponenten der Muster-Sanierungs-Lösungen thematisiert sowie Berechnungsverfahren und Methodik beschrieben, auf die sich die Beurteilung stützt.

### 1.1 Systemkomponenten

Die in Teil 3 des Leitfadens vorgestellten Muster-Sanierungs-Lösungen bestehen aus folgenden Systembereichen:

- Bestandskonstruktion
- Innendämmung
- Fenster
- Heizung
- Lüftung

Erst eine umfassend gedachte Sanierung, die alle diese Komponenten berücksichtigt, wird optimale Qualität erreichen. Für eine bestimmte Bestandskonstruktion wird ein geeignetes Innendämmsystem gewählt. Die Wärmeverluste können weiter reduziert werden, indem die Fenster ersetzt werden. Ökologische und ökonomische Auswirkungen dieser Maßnahmen hängen vom Energieträger für die Raumheizung ab. Um trotz der dichteren Hülle eine gute Raumluftqualität sicherzustellen, empfiehlt sich der Einbau einer Lüftungsanlage.

Die Praxistauglichkeit der Systemkomponenten ist Grundvoraussetzung für eine Sanierung, die Auswirkungen im Hinblick auf Wirtschaftlichkeit, Raumkomfort und Ökologie können durch Abstimmung aller Systembereiche optimiert werden.

#### 1.1.1 Bestandskonstruktion

Besonderheiten des Baubestandes werden für die Epochen Gründerzeit, Zwischenkriegszeit, Wiederaufbau, 70er Jahre und Bauordnung ab 1976 im Teil 3 „Muster-Sanierungs-Lösungen“ (Kapitel 2) erläutert.

#### 1.1.2 Innendämmung

Im Rahmen des Projektes wurden insgesamt 19 Innendämmsysteme, jeweils in Kombination mit verschiedenen Energieträgern für die Heizung, nach ökologischen und ökonomischen Kriterien beurteilt.



Tabelle 1 bietet eine detaillierte Beschreibung des Aufbaus der Innendämmsysteme ID01 – ID11. In der Analyse wurden diese Dämmsysteme teilweise variiert und durch Systeme aus dem IBO-Sanierungsbauteilkatalog ergänzt:

- 1 Kork verputzt
- 2 Steinwolle, GKP
- 3 Zellulose, GKP
- 4 Zellulosefaserflocken mit Kalkzementputz (ID01)
- 5 Perlitedämmplatte mit Innenputz (ID02)
- 6 Calciumsilikatplatte mit Innenputz (ID03)
- 7 Calciumsilikatplatte PU Kern und Innenputz (ID03b)
- 8 Calciumsilikatplatte SG Kern und Innenputz (ID03c)
- 9 Aerogeldämmplatte mit Grundputz und Oberputz (ID04)
- 10 Perlitedämmplatte mit Grundputz und Oberputz (ID05)
- 11 Holzfaserdämmplatte auf Lehmörtel mit Lehmputz (ID06)
- 12 Schilf/Strohplatte auf Lehmörtel mit Lehmputz (ID07)
- 13 Schaumglas auf Kaltbitumenkleber mit Innenputz (ID08)
- 14 Vakuumisulationspanel auf Kaltbitumenkleber mit Innenputz (ID09)
- 15 Mineralschaumplatte mit Abspachtelung (ID10b)
- 16 Mineralschaumplatte mit Abspachtelung, gedübelt (ID10bd)
- 17 EPS verputzt (ID11b)
- 18 Mineralwolle in Holzständerkonstruktion ohne Installationsebene (ID12a)
- 19 Mineralwolle in Holzständerkonstruktion mit Installationsebene (ID12b)



<b>Aufbau Variante</b>	<b>[mm]</b>	<b>Baustoffe</b>	<b>[mm]</b>
V1 – Zellulose	100	Kalkzementputz Zellulosefaserflocken	15 80
V2 – Perlite-Dämmplatte	110	Innenputz Glasfaserarmierung (Anteil 15 %) Perlitedämmplatte Mineralischer Kleber	10 1 92 10
V3 – Calciumsilikatplatte	140	Innenputz Calciumsilikatplatte Mineralischer Kleber	15 117 10
V4 – Aerogeldämmplatte	60	Oberputz Glasfaserarmierung (Anteil 15 %) Putzgrund Aerogel Mineralischer Kleber	15 1 5 30 10
V5 – Perlite-Dämmplatte	110	Oberputz Glasfaserarmierung (Anteil 15 %) Putzgrund Sto in Comfort Mineralischer Kleber	15 1 5 82 10
V6 – Holzfaserplatte	160	Lehmputz Holzfaserplatte Lehmmörtel	20 115 20
V7 – Schilf/Strohplatte	151	Lehmputz Schilf/Strohplatte unverputzt Lehmmörtel	20 111 20
V8 – Schaumglas	112	Innenputz Kaltbitumenkleber Schaumglas 120 kg/m <sup>3</sup> Kaltbitumenkleber	15 2 99 2
V9 – VIP	35	Innenputz Kaltbitumenkleber Vakuum-Isolations-Panell (VIP) Kaltbitumenkleber	15 2 16 2
V10 - Mineralschaum-Dämmplatte	110	Gipsspachtel Glasfaserarmierung (Anteil 15 %) Mineralschaumplatte Mineralischer Kleber	10 1 88 10
V11 - EPS-Dämmplatte	90	Oberputz Glasfaserarmierung (Anteil 15 %) Unterputz EPS Mineralischer Kleber	15 1 5 58 10

Tabelle 1: Bauteilaufbauten



### 1.1.3 Fenster

In Kapitel 4 des Abschnitts „Muster-Sanierungs-Lösungen“ (Teil 3 des Planungsleitfadens) finden sich ausführliche Beschreibungen und Empfehlungen zur Sanierung von Fenstern.

Speziell für die Bauepoche Gründerzeit wurde das Fenstersanierungssystem „WienerKomfortFenster“ entwickelt. Auch für andere Bauepochen bietet der Markt geeignete Fenstersanierungssysteme.

Im Projekt wurde der Austausch eines Bestandsfensters durch ein „WienerKomfortFenster“ betrachtet und die Umweltwirkungen und Kosten beim Einsatz verschiedener Energieträger für die Raumheizung ermittelt.

### 1.1.4 Heizung

Die unter ökologischen und ökonomischen Gesichtspunkten untersuchten Innendämmsysteme sowie das „WienerKomfortFenster“ wurden jeweils mit den folgenden Energieträgern für die Raumheizung kombiniert:

- Fernwärme
- Gas
- Holz
- Öl
- Pellets
- Strom
- Wärmepumpe Luft

Im Gebäudebestand kommt als Energieträger in erster Linie Erdgas (70 %), gefolgt von elektrischem Strom (11 %) und Heizöl (9 %), zum Einsatz. Der Anteil von Energieträgern aus erneuerbaren Rohstoffen ist derzeit noch gering.

Die in Teil 3 angegebenen Kosten und Umweltwirkungen beziehen sich auf die Energieträger Gas bzw. Fernwärme.

Auf die Umweltwirkungen aus der Herstellung eines Heizsystems wird im Teil 3, Kapitel 5, des Leitfadens kurz eingegangen.

### 1.1.5 Lüftung

Durch eine verbesserte Luftdichtheit der sanierten Gebäudehülle und aus energetischen Gründen wird der Einbau einer Lüftungsanlage empfohlen. Mögliche Ausführungen für die Anwendung - bezogen auf einzelne Nutzungseinheiten - sind dezentrale Lüftungssysteme



wie z.B. Einzelraum-Lüftungsgeräte (mit Wärmetauscher zur Wärmerückgewinnung) oder der Einbau eines Lüftungsgerätes pro Wohnung mit wohnungsinterner Leitungsführung.

Die Umweltwirkungen aus der Herstellung einer Lüftungsanlage werden im Teil 3, Kapitel 6, des Leitfadens thematisiert.

## 1.2 Beurteilungskriterien

In Teil 1, Abschnitt 2.3, wurden die Anforderungen und Herausforderungen, die sich bei Sanierungsprojekten stellen, beschrieben. In einer groben Einteilung umfassen diese die Praxistauglichkeit (rechtliche, bautechnische und bauphysikalische Themen) sowie architektonische, ökologische, ökonomische und soziale Aspekte.

Im Rahmen des Forschungsprojektes IDSolutions wurden die Muster-Sanierungs-Lösungen auf Praxistauglichkeit (insbesondere ihre bauphysikalischen Eigenschaften), Raumkomfort, Ökologie und Wirtschaftlichkeit hin untersucht. Weitere Themen sind für das konkrete Sanierungsvorhaben zu prüfen und zu bewerten.

### 1.2.1 Praxistauglichkeit

Zur Beurteilung der Praxistauglichkeit sind zum einen bauphysikalische Aspekte – insbesondere die Sicherstellung einer dauerhaft schadfreien Konstruktion – aber auch Aspekte der Verarbeitung und späteren Nutzung ausschlaggebend.

#### Bauphysik:

- Wärmeschutz
- Thermische Behaglichkeit
- Feuchteschutz
- Luftdichtheit
- Schallschutz
- Raumakustik
- Brandschutz

Bei der Verwendung von Innendämmsystemen zur Realisierung hoher Dämmstandards ist eine detaillierte bauphysikalische Nachweisführung zur Beurteilung der Dauerhaftigkeit und Schadensfreiheit der Konstruktion erforderlich.

#### Bautechnik:

- Deckenkonstruktionen
- Statik



Die Gewährleistung der Standsicherheit während und nach den Sanierungsarbeiten sind wesentliche Bestandteile einer fachgerechten Ausführung. Sie sind von geeigneten Fachkräften zu beurteilen.

### **1.2.2 Raumkomfort**

Raumkomfort ist ein komplexes Zusammenspiel mehrerer Fachbereiche. Durch die Materialökologie kann beeinflusst werden, welche Schadstoffe aus den unterschiedlichen Materialien in den Raum emittieren können. Dies kann direkte Konsequenzen auf die Gesundheit, und im weniger drastischen Fall auf das Wohlbefinden sein. Darunter fällt auch der Bereich der Geruchsbelästigung. Bei der Sanierung von Bestandsgebäuden können Schadstoffe vom Baumaterial selbst, Nutzungs-, Betriebs-, Wartung- oder Instandhaltungsprozessen ausgehen. Gefahren und präventive Maßnahmen, sowie Maßnahmen der Schadstofferkundung im Altbau sowie biologisch bedingte Gefährdungen durch Schimmelpilze und Holzerstörende Pilze stehen hier besonders im Fokus. Durch eine Schadstofferkundung können gefährliche Schadstoffe erfasst und durch geeignete Maßnahmen reduziert und vermieden werden, beispielsweise bei der Bearbeitung und dem Entfernen von bleihaltigen Beschichtungen auf Holz. Eine ausführliche Beschreibung der ökotoxikologischen Eigenschaften gibt Teil 3 des Leitfadens.

Die energetische Qualität des Gebäudes bestimmt sowohl die Raumlufttemperatur als auch die Temperatur der Wandoberflächen. Warme Wände strahlen IR-Strahlen aus, die auf den Menschen besonders angenehm wirkt. (detailliert in [1]). Eine Raumlüftung kann für konstanten Luftaustausch und damit für eine kontinuierliche gute Frischluftversorgung sorgen. Dabei gewinnt sie die Wärme der Abluft zurück. So wird vorgewärmte Luft in den Raum eingeblasen (detailliert in [2]).

### **1.2.3 Ökologie**

Die Muster-Sanierungs-Lösungen wurden eingehend auf ihre ökologischen Wirkungen untersucht. Eine ausführliche Beschreibung der Methodik folgt in Kapitel 2. Hier werden Ökobilanzen und die verwendeten Umweltparameter erklärt sowie Annahmen zur Modellbildung dokumentiert.

### **1.2.4 Wirtschaftlichkeit**

Die Bewertung der Wirtschaftlichkeit der Muster-Sanierungs-Lösungen erfolgt auf Basis der in Kapitel 3 beschriebenen Methoden und Annahmen. Förderungen beeinflussen die ökonomische Bewertung und müssen im Einzelfall berücksichtigt werden.





## 2 Ökologische Bewertung

### 2.1 Ökobilanz

Als methodische Grundlage für die ökologische Bewertung der Muster-Sanierungs-Lösungen dient die Ökobilanz. Damit werden die mit einem Produkt oder einer Dienstleistung verbundenen potentiellen Umweltwirkungen abgeschätzt. Der große Vorteil dieser quantitativen Methode liegt in der einheitlichen Vorgehensweise, der Vergleichbarkeit und der Nachvollziehbarkeit der Ergebnisse.

Dabei müssen in einem ersten Schritt zur Erstellung einer Sachbilanz sämtliche Stoff- und Energieflüsse der Herstellung eines Produkts erhoben werden. Im zweiten Schritt werden im Zug der Wirkbilanz den Stoff- und Energieflüssen Wirkungen zugeordnet, um den Einfluss auf die Umwelt in Zahlen fassen zu können.

Die Erstellung einer Ökobilanz wird in der Normenreihe ÖNORMEN ISO 14040 ff. geregelt. Darüber hinaus gibt der Leitfaden "Life cycle assessment: An operational guide to the ISO standards" Anleitungen für die praktische Durchführung einer Ökobilanz (CML 2001).

### 2.2 Umweltparameter

#### 2.2.1 Primärenergieinhalt

Als Primärenergieinhalt (abgekürzt PE) wird der zur Herstellung eines Produktes oder einer Dienstleistung erforderliche Gesamtbedarf an energetischen Ressourcen bezeichnet. Der PE wird in MJ angegeben und aus dem unteren Heizwert der eingesetzten energiehaltigen Ressourcen berechnet. Im Projekt IDSolutions wurde der Primärenergieinhalt aufgetrennt in Bedarf an nicht erneuerbaren Ressourcen und Bedarf an erneuerbaren Ressourcen betrachtet. Diese beiden Teilindikatoren können wiederum in Bedarf an energetisch und Bedarf an stofflich genutzten Ressourcen untergliedert werden.

#### 2.2.2 Beitrag zur Globalen Erwärmung bzw. Treibhauspotenzial (GWP)

Das Treibhauspotenzial GWP (Global Warming Potential) beschreibt den Beitrag eines Spurengases zur globalen Erwärmung. Die Beiträge der Treibhausgase werden über einen Zeithorizont von 100 Jahren (GWP100) und relativ zu Kohlendioxid bemessen und daher in kg-CO<sub>2</sub>-Äquivalenten angegeben.



Der Indikator „GWP, Summe“ bzw. „GWP100“ beinhaltet sowohl den Beitrag der Treibhausgasemissionen zur globalen Erwärmung als auch die in Biomasse gespeicherten Kohlendioxidmengen.

Das Treibhauspotenzial der IBO-Richtwerte wurde mit den Charakterisierungsfaktoren gemäß CML 2001 v3.9 (baseline) berechnet.

### **2.2.3 Versauerungspotential von Boden und Wasser**

Versauerung wird hauptsächlich durch die Wechselwirkung von Stickoxid- ( $\text{NO}_x$ ) und Schwefeldioxidgasen ( $\text{SO}_2$ ) mit anderen Bestandteilen der Luft verursacht. Zu den eindeutig zugeordneten Folgen zählt u.a. die Versauerung von Seen und Gewässern, welche zu einer Dezimierung der Fischbestände in Zahl und Vielfalt führt.

Das Versauerungspotenzial AP (Acidification potential) wird in kg  $\text{SO}_2$ -Äquivalenten dargestellt. Für die Berechnung werden die durchschnittlichen „Europäischen Säurebildungspotenziale“ gemäß CML 2001 v3.9 verwendet.

### **2.2.4 Ökoindex3 (OI3) der Konstruktion**

Der Ökoindex3 (OI3 bzw.  $\Delta\text{OI3}$ ) wird in Punkten angegeben und ist ein Summenindikator aus den Indikatoren

- Primärenergieinhalt an nicht-erneuerbaren Ressourcen (PENRT)
- Treibhauspotential (GWP, 100 Jahre)
- Versauerungspotential (AP)

Nähere Informationen zur Berechnung sind auf der IBO-Homepage veröffentlicht<sup>1</sup>.

## **2.3 Bewertung der Innendämmungen**

Im Rahmen des Forschungsprojekts IDSolutions wurden ökologische (und ökonomische) Kenndaten für ausgewählte Innendämmsysteme zusammengestellt, wobei je nach Datenqualität auf eine oder mehrere der Datenquellen zurückgegriffen wurde (Ökobilanzen, Umweltproduktdeklarationen, Referenzdaten aus der IBO Richtwerteliste, Produktdatenblätter). Lagen für einzelne Dämmsysteme keine ökologischen Kenndaten vor, wurden diese abgeschätzt.

Im betrachteten Lebenszyklus werden folgende Punkte berücksichtigt:

- Die Baumaterialien wurden stufenkumuliert über alle Prozesse von der Rohstoffgewinnung bis zum Ende der Produktionsphase bilanziert (cradle to Gate,

---

<sup>1</sup> Download des OI3 Leitfadens auf <http://www.ibo.at/de/oekokennzahlen.htm>



Module der Herstellungsphase A1 bis A3 gemäß EN 15804). Eine detaillierte Methodenbeschreibung findet sich auf der Website des IBO<sup>2</sup>.

- Während der Nutzungsphase entstehen ökologische Aufwände im Zuge der Beheizung.

Sofern der Betrachtungszeitraum die Nutzungsdauer der Baustoffe überschreitet, sollte auch die Erneuerung der Baustoffe berücksichtigt werden. Im Projekt wurden jedoch der Betrachtungszeitraum mit 30 Jahren und die Lebensdauer des Wärmedämmsystems mit 50 Jahren angenommen.

Aufbau und Daten der ausgewählten Innendämmsysteme wurden in das Programm ECOSOFT eingegeben. Für Bewertung und Vergleich der Systeme wurden die Daten in einem eigenen Excel-Tool, dem ökologisch-ökonomischen Amortisationsrechner<sup>3</sup>, zusammengefasst. Hier erfolgte die Berechnung der Umweltwirkungen (und Kosten) pro m<sup>2</sup> und Jahr, für Dämmstärken von 0 bis 20 cm in Schritten von einem Zentimeter.

Für die Aufwände im Zuge der Beheizung mussten zunächst die Energieverluste durch das Bauteil (pro m<sup>2</sup> und Jahr) berechnet werden. In die entsprechende Formel gehen der U-Wert der Konstruktion, die Anzahl der Heizgradtage und der Wirkungsgrad des Energieträgers für die Raumheizung ein. Daher variieren die Ergebnisse unter anderem in Abhängigkeit vom gewählten Energieträger, vom Standort oder je nach Dämmwert der Bestandswand. Liegen projektbezogen genaue Daten vor, können diese in der Berechnung berücksichtigt werden. Im Projekt IDSolutions wurden ein U-Wert der Bestandskonstruktion von 1,5 W/m<sup>2</sup>K und der Standort Wien vorausgesetzt, weitere Annahmen wurden entsprechend den geltenden Normen getroffen.

Energiebedarf und Umweltwirkungen, die aus Transmissionswärmeverlusten durch das Bauteil resultieren, wurden mit Datensätzen aus der IBO-Richtwerttabelle berechnet. Gemeinsam mit den Umweltwirkungen aus der Herstellung der Innendämmung ergeben sich die Gesamtbelastungen.

Im Rahmen eines Postprocessings wurden die auf Dämmstärke bezogenen Ergebnisse – zugunsten einer besseren Vergleichbarkeit der Dämmsysteme (variierende Wärmeleitfähigkeiten) – U-Wert bezogen dargestellt.

Wie in Abbildung 1 zu sehen, wurde für ausgewählte U-Werte (U-Werte 1,5 – 1,0 – 0,75 – 0,5 und 0,25 W/m<sup>2</sup>K) die erforderliche Dämmstärke ermittelt. Betrachtet wird der Bereich von 1 bis 0,25 W/m<sup>2</sup>K. Zur vereinfachten Darstellung wurden die Stützstellen der Kurve linear

---

<sup>2</sup> IBO-Richtwerte für Baumaterialien – Wesentliche Annahmen. IBO – Österreichisches Institut für Bauen und Ökologie GmbH.  
Zugriff: <http://www.ibo.at/de/oekokennzahlen.htm> (abgerufen am 30. Nov. 2013)

<sup>3</sup> Dieses Werkzeug ist nun als baubook Amortisations- und Wirtschaftlichkeitsrechner für Bauteile unter <http://www.baubook.at/awr/> verfügbar. In der kostenpflichtigen Vollversion soll es künftig möglich sein, eigene Bauteile einzugeben.



verbunden. Sind Punkte zwischen den Stützstellen von Interesse, können diese mittels einer Polynominterpolation (Polyfitting) 2. oder 3. Grades ermittelt werden.

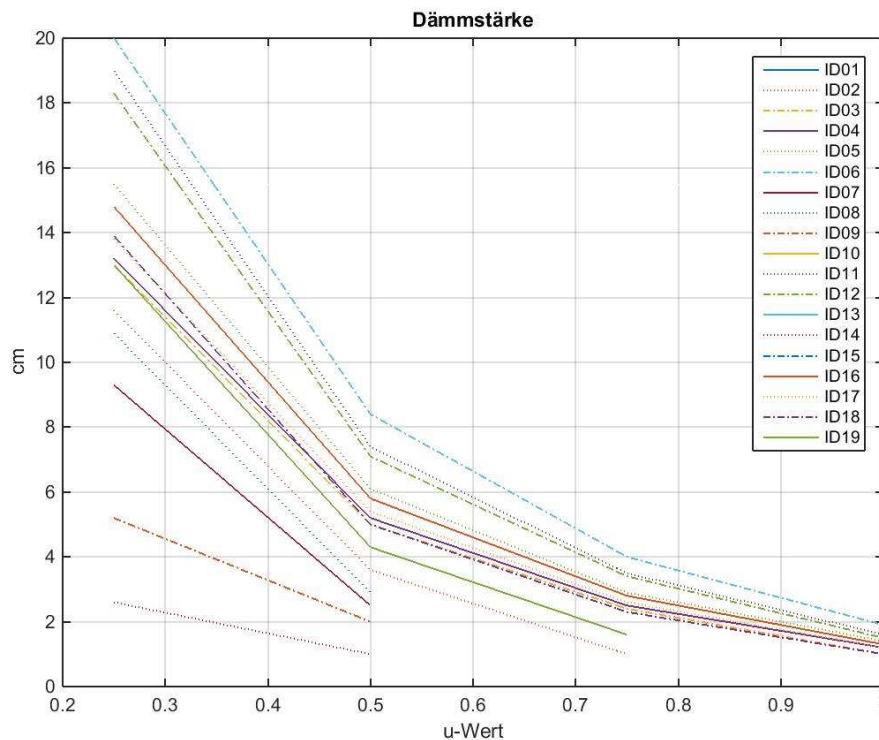


Abbildung 1: Dämmstärke ausgewählter Innendämm-Systeme in Abhängigkeit vom U-Wert, Bestandskonstruktion U-Wert 1,5 W/m<sup>2</sup>K

Zusätzlich zum Energiebedarf bzw. den Emissionen pro Jahr und Quadratmeter wurde auch die Einsparung im Vergleich zum Bestand ohne Dämmung ermittelt. Damit ist es auch möglich, eine ökologische „Amortisationsdauer“ anzugeben, nach der die Einsparung durch geringere Wärmeverluste den ökologischen Aufwand für die Herstellung der Dämmung übersteigt.

Grundsätzlich ist zu beachten, dass die hier dargestellte ökologische Betrachtung losgelöst von einer bauphysikalischen Eignung erfolgt. Diffusionsoffene Dämmsysteme sind beispielsweise bis zu hohen Dämmwerten angegeben, die eventuell in der bauphysikalischen Nachweisführung für diese Bereiche als ungeeignet einzustufen wären.

Zusätzlich zum Vergleich mittels des ökologisch-ökonomischen Amortisationsrechners wurden für elf Innendämmsysteme folgende Indikatoren ermittelt:

- $OI3_{Kon}$  in Kombination mit 48 cm starkem, beidseitig verputztem Ziegelmauerwerk
- $dOI3_{Kon}$  (Delta  $OI3_{Kon}$ )

Der  $OI3_{Kon}$  bewertet die Umweltauswirkungen, die mit der Herstellung eines m<sup>2</sup> einer Konstruktion einhergehen und bildet den ökologischen Einfluss von Bauteilen ab. Für die



Errichtung von gängigen Konstruktionen liegt der  $OI3_{Kon}$  zwischen ca. -30 bis 120 Punkten. Je höher der  $OI3_{Kon}$ , umso ökologisch aufwendiger ist die Baukonstruktion. Negative Punkte sind nur durch ökologisch besonders optimierte Konstruktionen zu erreichen (zum Beispiel durch den Einsatz von Materialien auf nachwachsender Basis).

Der Delta  $OI3$  (auch  $D\ OI3$  oder  $dOI3$  geschrieben) repräsentiert den Einfluss der einzelnen Bauteilschichten auf die Umwelt und ist damit als Maß für das Optimierungspotential einzelner Bauteilschichten zu verstehen. Je höher der Delta  $OI3$ , desto größer der Einfluss der Bauteilschicht auf die Umwelt.

## 2.4 Bewertung der Fenster

Im Rahmen des Forschungsprojekts IDSolutions wurde der Austausch eines Bestandsfensters durch ein sogenanntes „WienerKomfortFenster“ bewertet.

Im betrachteten Lebenszyklus werden folgende Punkte berücksichtigt:

- Herstellungsphase des neuen Fensters: Die Umweltkennzahlen des WienerKomfortFensters basieren auf einer Ökobilanz für ein Kastenfenster 4-flügelig, Holz "Lux Prototyp 3" (Berechnung mit SimaPro 7.1).
- Während der Nutzungsphase entstehen ökologische Aufwände im Zuge der Beheizung (unterschiedlich je nach Energieträger).  
Sowohl ökologisch als auch ökonomisch wurde nur die Herstellung des neuen Fensters, jedoch keine weitere Ersetzung nach Ablauf der Nutzungsdauer mitgerechnet.

Ebenso wie bei den Innendämmungen wurden im ökologisch-ökonomischen Amortisationsrechner die Daten zusammengefasst, die Wärmeverluste und die Umweltwirkungen pro  $m^2$  und Jahr berechnet. Grundlage sind ein U-Wert des Bestandsfensters von  $2,5\ W/m^2K$  und der Standort Wien. Der U-Wert des WienerKomfortFensters wird mit  $1,1\ W/m^2K$  angegeben.

## 2.5 Bewertung der Heizung und Lüftung

Bezüglich der Herstellung von Haustechniksystemen, insbesondere Heizungs- und Lüftungsanlagen, wird im Leitfaden auf Daten der Plattform [baubook](http://www.baubook.info)<sup>4</sup> verwiesen.

Alle Ökobilanz-Daten in [baubook](http://www.baubook.info) sind qualitätsgesichert. Es werden nur Daten veröffentlicht, welche mit der geltenden Methode im Einklang sind. Somit wird ein konsistenter Datensatz

---

<sup>4</sup> <http://www.baubook.info>

IDSolutions Leitfaden für die Sanierung mit Innendämmung  
Teil 2 – Systemkomponenten und Beurteilungskriterien



zur Verfügung gestellt. Die Daten entsprechen der ÖNORM EN ISO 14040 und 14044 sowie im Prinzip der ÖNORM EN 15804 (Produktkategorieregeln für Bauprodukte).



### 3 Ökonomische Bewertung

#### 3.1 Amortisationsdauer

Soll die Wirtschaftlichkeit einer Sanierungsmaßnahme beurteilt werden, ist eine zentrale Frage, ob und wann sich die Maßnahme amortisiert.

Die Amortisationsdauer einer monetären Investition kann mittels folgender Formel berechnet werden (Durchschnittsmethode/statische Amortisationsrechnung)<sup>5</sup>:

$$t = \frac{\text{Anschaffungsausgabe}}{\text{durchschnittlicher Rückfluss pro Jahr}} = \frac{KE - RW}{GnZ + AfA}$$

Abkürzung	Bedeutung
<i>KE</i>	Kapitaleinsatz = Anschaffungskosten + Anschaffungsnebenkosten (Investition)
<i>RW</i>	Restwert oder Liquidationserlös am Ende der gewöhnlichen Nutzungsdauer (soweit vorhanden)
<i>GnZ</i>	jährlicher Gewinn nach Zins = jährlicher Gewinn vor Zins + kalkulatorische Zinsen
<i>AfA</i>	jährlicher Abschreibungsbetrag
<i>t</i>	Amortisationszeit (in Jahren)

Tabelle 2: Abkürzungen/Berechnung der Amortisationsdauer

Da AfA und kalkulatorische Zinsen bei Ermittlung des Gewinnes herausgerechnet werden, müssen diese wieder addiert werden, um auf den Jahresüberschuss zu kommen.<sup>6</sup>

<sup>5</sup> <http://de.wikipedia.org/wiki/Amortisationsrechnung>, abgerufen am 7.5.2015

<sup>6</sup> <http://de.wikipedia.org/wiki/Amortisationsrechnung>, abgerufen am 7.5.2015



### 3.2 Annuitätenmethode

Bei der Annuitätenmethode werden die mit der Investition verbundenen Kosten (und eventuelle Einnahmen) in jährlich gleich große Zahlungen geteilt. Im Beispiel der untersuchten Innendämmungen entstehen Finanzierungs- und Heizkosten.

Für die Finanzierungskosten müssen zu den Investitionskosten die Kosten für Ersatzinvestitionen addiert werden, falls der Betrachtungszeitraum die Nutzungsdauer der Dämmung übersteigt. Der Restwert des Wärmedämmsystems nach Ablauf des Betrachtungszeitraums wird davon abgezogen. Das Resultat wird mit dem Annuitätenfaktor multipliziert, in dessen Berechnung die Parameter Kapitalzinssatz und Betrachtungszeitraum eingehen.

Bedarfs-/verbrauchsgebundene Zahlungen wie Heizkosten werden hingegen mit einem preisdynamischen Annuitätenfaktor multipliziert, der auch von der Inflationsrate bzw. Energiepreissteigerung abhängt.

### 3.3 Annuitätischer Gewinn

Die eben beschriebenen annuitätischen Heizkosten ohne bzw. mit Durchführung der Maßnahme werden verglichen und führen zum annuitätischen Erlös. Zieht man von diesem die annuitätischen Kosten ab, erhält man den annuitätischen Gewinn der Innendämmmaßnahme.

### 3.4 Bewertung der Innendämmungen

Die Wirtschaftlichkeits-Beurteilung der Muster-Sanierungs-Lösungen erfolgte ebenso wie die ökologische Bewertung (Kap. 2) mit dem ökologisch-ökonomischen Amortisationsrechner.<sup>7</sup> Alle Berechnungen erfolgten pro m<sup>2</sup> und Jahr, für Dämmstärken von 0 bis 20 cm in Schritten von einem Zentimeter.

Im Tool wurde der Betrachtungszeitraum (Kalkulationszeitraum, Kreditlaufzeit) mit 30 Jahren, die Lebensdauer des Wärmedämmsystems mit 50 Jahren angenommen.

Weitere Annahmen für die Wirtschaftlichkeitsberechnung (entsprechend den klimaaktiv Basiskriterien 2014 für Wohn- und Dienstleistungsgebäude):

- Kapitalzinssatz: 5 %
- allgemeine Inflationsrate: 2,5 %

---

<sup>7</sup> Online-Version siehe <http://www.baubook.at/awr/>





- Energiepreissteigerung: 5,5 %

Für die Investitionskosten der Innendämmsysteme wurde ein einfaches Modell, bestehend aus

- **Fixkosten für die Sanierung:** Kosten für die Fassadeninstandhaltung, falls keine Dämmmaßnahme durchgeführt wird
- **Fixkosten für das Wärmedämmsystem** und
- **variablen Kosten pro cm Dämmstärke:** Kosten des Dämmmaterials, eventuell mit einem Kostensprung ab einer gewissen Dämmstärke

entwickelt. Die zusammengestellten Kostendaten beruhen auf der Auswertung ausgeführter Projekte, Musterkalkulationen der Systemanbieter sowie statistischen Kostenkennwerten aus der Literatur. Richtwerte für die Errichtungskosten verschiedener Wärmedämmsysteme wurden einer Aufstellung der Umweltberatung<sup>8</sup> entnommen.

Wie in Kapitel 2 beschrieben wurden die Energieverluste und daraus die Heizkosten pro m<sup>2</sup> und Jahr berechnet. Für die Energiepreise wurden folgende Daten recherchiert:

Energieträger	Kosten pro kWh inkl. USt.[€]	Anmerkung
Holz <sup>9</sup>	0,0425	2000 kWh/Raummeter
Gas <sup>10</sup>	0,07	Jahresdurchschnittspreis 2013 Naturgas (Haushalte)/kWh
Öl <sup>11</sup>	0,07647	0,7647 / Liter (österr. Durchschnittspreis vom 8.12.2014), ca. 10 kWh/l
Fernwärme	0,08	Fernwärme aus Biomasse, Quelle: eigene Daten
Strom <sup>12</sup>	0,205	Jahresdurchschnittspreis 2013 Elektrischer Strom (Haushalte)/kWh
Pellets <sup>13</sup>	0,0503	24,64 Cent je kg/5,03 Cent je kWh

<sup>8</sup> <http://www.umweltberatung.at/downloads/waermedaemmung-infobl-bauen.pdf>, abgerufen am 7.5.2014

<sup>9</sup> <http://www.lko.at/?+Holz+&id=2500,,1298002>, abgerufen am 11.12.2014

<sup>10</sup> [http://www.statistik.at/web\\_de/statistiken/preise/energiepreise/index.html](http://www.statistik.at/web_de/statistiken/preise/energiepreise/index.html), abgerufen am 11.12.2014

<sup>11</sup> <http://www.iwo-austria.at/nc/konsumenten/heizkosten/energiepreisinformation.html>, abgerufen am 11.12.2014

<sup>12</sup> [http://www.statistik.at/web\\_de/statistiken/preise/energiepreise/index.html](http://www.statistik.at/web_de/statistiken/preise/energiepreise/index.html), abgerufen am 11.12.2014

<sup>13</sup> <http://www.propellets.at/de/pelletpreise/>, abgerufen am 11.12.2014



*Tabelle 3: Heizkosten*

Auf Basis der genannten Daten und Annahmen wurden für jedes Innendämmsystem in Kombination mit verschiedenen Energieträgern Annuität und Annuitätischer Gewinn ermittelt.

Die Berechnung der Amortisationsdauer erfolgte im ökologisch-ökonomischen Amortisationsrechner auf zwei verschiedene Arten. Einerseits ergibt sich der Rückfluss pro Jahr (vgl. 3.1) aus den eingesparten Kilowattstunden multipliziert mit dem derzeit gültigen Energiepreis. Berücksichtigt man eine Energiepreissteigerung über den Betrachtungszeitraum und bildet daraus einen mittleren Energiepreis, ergeben sich kürzere Amortisationsdauern. Die in Teil 3 angegebenen Amortisationsdauern wurden mittels letzterer Methode ermittelt.

Als Anschaffungsausgabe wurden genau die Investitionskosten angenommen. Kosten für eine Instandsetzung der Dämmung wurden nicht betrachtet; ein Restwert am Ende der gewöhnlichen Nutzungsdauer ist in diesem Modell nicht vorhanden.

### **3.5 Bewertung der Fenster**

Ebenso wie bei den Innendämmungen wurden im ökologisch-ökonomischen Amortisationsrechner die Daten zusammengefasst, die Wärmeverluste und die Heizkosten pro m<sup>2</sup> und Jahr berechnet. Grundlage sind ein U-Wert des Bestandsfensters von 2,5 W/m<sup>2</sup>K und der Standort Wien. Der U-Wert des WienerKomfortFensters wird mit 1,1 W/m<sup>2</sup>K, die Investitionskosten (ohne Förderung) mit 678 €/m<sup>2</sup> angegeben.

Es fließen lediglich die Investitionskosten in die Finanzierungskosten ein; Ersatzinvestitionen, Restwert oder Instandsetzungsfaktor werden nicht berücksichtigt.



## 4 Literatur

CML Centre of Environmental Science, Leiden University (Guinée, M.; Heijungs, Huppes, G.; Kleijn, R.; de Koning, A.; van Oers, L.; Wegener Seeswijk, S.; de Haes, U.); School of Systems Engineering, Policy Analysis and Management, Delft University of Technology (Bruijn, H.); Fuels and Materials Bureau (von Duin, R.); Interfaculty Department of Environmental Science, University of Amsterdam (Huijbregts, M.): Life Cycle assessment: operational guide to the ISO standards. Final Report, May 2001.

ecoinvent Data v2.2 Hg.v. Swiss Centre for Life Cycle Inventories, St.Gallen, 2010

IBO-Richtwerte für Baumaterialien – Wesentliche Annahmen. IBO – Österreichisches Institut für Bauen und Ökologie GmbH. Zugriff: <http://www.ibo.at/de/oekokennzahlen.htm> (abgerufen am 30. Nov. 2013)

ONORM B 8110-5: Wärmeschutz im Hochbau Teil 5: Klimamodell und Nutzungsprofile. 2011-03

ÖNORM B 8110-6: Wärmeschutz im Hochbau - Teil 6: Grundlagen und Nachweisverfahren - Heizwärmebedarf und Kühlbedarf - Nationale Festlegungen und nationale Ergänzungen zur ÖNORM EN ISO 13790. 2014 -11

ÖNORM EN 15804 Nachhaltigkeit von Bauwerken – Umweltdeklarationen für Produkte – Grundregeln für die Produktkategorie Bauprodukte. Ausgabe: 2014-04-15

ÖNORM EN 15978 Nachhaltigkeit von Bauwerken – Bewertung der umweltbezogenen Qualität von Gebäuden – Berechnungsmethode. Ausgabe: 2012-10-01

ÖNORM EN ISO 13790: Energieeffizienz von Gebäuden - Berechnung des Energiebedarfs für Heizung und Kühlung. 2008-10

ÖNORM EN ISO 14040:2006-10 Umweltmanagement – Ökobilanz – Grundsätze und Rahmenbedingungen

ÖNORM EN ISO 14044:2006-10 Umweltmanagement – Ökobilanz – Anforderungen und Anleitungen.

ÖNORM M 7140: Betriebswirtschaftliche Vergleichsrechnung für Energiesysteme nach dynamischen Rechenmethoden. 2013-07-01

VDI 2067: Wirtschaftlichkeit gebäudetechnischer Anlagen. 2013-12

Waltjen, T., et al., *Handbuch Komfort für Passivhaus-Büros*. 2011, Wien: IBO - Österreichisches Institut für Baubiologie und -ökologie.

ÖNorm, *ÖNorm H 6038 Lüftungstechnische Anlagen — Kontrollierte mechanische Be- und Entlüftung von Wohnungen mit Wärmerückgewinnung Planung, Ausführung, Inbetriebnahme, Betrieb und Wartung*. 2014.