

---

# "Nachhaltig Seriell Sanieren"

am Beispiel einer Gebäudezeile der Baugenossenschaft Oberricklingen:

Quellengrund 9, 11, 13, 15 in Hannover



bauart Architekten

---

Hainhölzer Str. 13 • 30159 Hannover • Tel. 0511 / 144 84  
sekretariat@bauartarchitekten.de

---

---

---

# "Nachhaltig Seriell Sanieren"

am Beispiel einer Gebäudezeile der Baugenossenschaft Oberricklingen:

Quellengrund 9, 11, 13, 15 in Hannover

Stand:  
09.12.2020

Im Auftrag der proklima GbR  
Ihmeplatz 2  
30445 Hannover



Bearbeitung:  
Architekt Dipl.-Ing. Friedhelm Birth  
Architektin Dipl.-Ing. Stefanie Sagebiel

Beratung:  
Architekt Dr. Burkhard Schulze Darup

bauart Architekten

---

### **Gender-Erklärung**

Aus Gründen der besseren Lesbarkeit wird in dieser Arbeit die Sprachform des generischen Maskulinums angewendet. Es wird an dieser Stelle darauf hingewiesen, dass die ausschließliche Verwendung der männlichen Form geschlechtsunabhängig verstanden werden soll und keinesfalls eine Geschlechterdiskriminierung zum Ausdruck bringt.

---

# Inhalt

<b>1 Einleitung</b>	7
1.1 Aufgabenstellung	7
1.2 Nachhaltigkeit	7
1.2.1 Begriff	7
1.2.2 Nachhaltigkeit im Bausektor	9
<b>2 Nachhaltige Baustoffe</b>	12
2.1 Auswahlkriterien	12
2.2 Qualitätsstandards bei ökologischen Baustoffen	12
2.2.1 Grundlagen der Umweltzeichen	13
2.2.2 gängige Umweltzeichen (Typ I) im Baubereich	15
2.2.3 Bewertungssysteme für nachhaltige Gebäude	17
2.3 Vor- und Nachteile von nachhaltigen Dämmstoffen	17
2.4 Vergleichsdaten	19
2.5 gebaute Beispiele	22
<b>3 Beispielprojekt "Quellengrund 9, 11, 13, 15"</b>	25
3.1 Allgemein	25
3.2 Objektbeschreibung (Quellengrund 9, 11, 13, 15)	27
<b>4 Fassadenkonstruktionen: Standard - Nachhaltig</b>	29
4.1 Standardkonstruktion mit Mineralwolle	29
4.1.1 Nachhaltigkeit von Mineralwolle	30
4.2 Konstruktionen aus nachhaltigen Baustoffen	32
4.2.1 nachhaltige Konstruktion - projektspezifisch	33
4.2.2 Hinweise zur Gebäudeklasse	37
4.3 Kostengegenüberstellung: Standard - Nachhaltig	38
4.3.1 Kosten Standardkonstruktion mit Minerallwolle	38
4.3.2 Kosten Konstruktionen aus nachhaltige Baustoffen	41
4.3.3 Kostenübersicht und Kostenbewertung	43
<b>5 Dämmung Dach und oberste Geschossdecke</b>	45
5.1 Konstruktionen aus nachhaltigen Baustoffen	45
5.2 Kostengegenüberstellung: Dach - oberste Geschossdecke	48
5.2.1 Kosten nachhaltige Dämmung Dach	49
5.2.2 Kosten nachhaltige Dämmung oberste Geschossdecke	52
5.3 Kostenübersicht und Kostenbewertung	53
<b>6 Fazit</b>	54
<b>7 Literatur</b>	58
7.1 Literatur- und Quellenverzeichnis	58
7.2 Internetquellen	59

---

---

# 1 Einleitung

## 1.1 Aufgabenstellung

Im Rahmen des Energiesprung Modellprojektes der Deutschen Energie Agentur dena soll anhand des Beispielprojektes Quellengrund 9, 11, 13, 15 in Hannover eine Ausarbeitung zur Nachhaltigkeit von Baustoffen und möglicher Umsetzung bei energetischen Modernisierungen erstellt werden.

In der Studie ist der Einsatz nachhaltiger Baustoffe und Konstruktionen im Vergleich zu herkömmlichen Wandkonstruktion (Wärmedämmverbundsystem mit Mineralwolle) in Bezug auf die Kostendifferenz zu betrachten.

Folgende Bereiche sind zu berücksichtigen:

- Für und Wider zur Nutzung nachhaltiger Dämmstoffe
- Varianten für nachhaltige Konstruktionen
- Kostenvergleich für Wand, oberste Geschossdecke und Dach

## 1.2 Nachhaltigkeit

### 1.2.1 Begriff

Nachhaltigkeit wird kurz als eine "längere Zeit anhaltende Wirkung"<sup>1</sup> beschrieben. Doch diese kurze Definition zeigt die Bedeutung und Tragweite des Wortes nur sehr unzureichend. "Kaum ein anderer Begriff hat sich in den letzten Jahren so stark entwickelt"<sup>2</sup> und wird so intensiv diskutiert. Eine allgemein gültige Begriffsdefinition zur Nachhaltigkeit konnte bisher nicht festgesetzt werden. Es gibt verschiedene Ansätze und Perspektiven sich diesem zu nähern. Für den Begriff der Nachhaltigkeit werden "je nach Herkunft des Definitionsansatzes (...) unterschiedliche Schwerpunkte thematisiert."<sup>3</sup>

---

<sup>1</sup> Bibliographisches Institut GmbH: Nachhaltigkeit, 2019, URL: <https://www.duden.de/rechtschreibung/Nachhaltigkeit>, Abruf vom 14.8.2019

<sup>2</sup> Aachener Stiftung Kathy Beys und IHK Nürnberg für Mittelfranken: Lexikon der Nachhaltigkeit, Nachhaltigkeit Definition, 13.11.2015, URL: [https://www.nachhaltigkeit.info/artikel/definitionen\\_1382.htm?sid=s2jen5psdf8pnoo3bg9c7rh7g5](https://www.nachhaltigkeit.info/artikel/definitionen_1382.htm?sid=s2jen5psdf8pnoo3bg9c7rh7g5), Abruf vom 8.8.19

<sup>3</sup> Aachener Stiftung Kathy Beys und IHK Nürnberg für Mittelfranken: Lexikon der Nachhaltigkeit, Nachhaltigkeit Definition, 13.11.2015, URL: [https://www.nachhaltigkeit.info/artikel/definitionen\\_1382.htm?sid=s2jen5psdf8pnoo3bg9c7rh7g5](https://www.nachhaltigkeit.info/artikel/definitionen_1382.htm?sid=s2jen5psdf8pnoo3bg9c7rh7g5), Abruf vom 8.8.19

Wesentliche Ansätze zur Nachhaltigkeit:

- Die Sicherstellung, "dass ein System in seinen wesentlichen Eigenschaften langfristig erhalten bleibt."<sup>4</sup>
- Die Nachhaltigkeit bezieht sich auf die Gegenwart und die Zukunft. Es besteht eine zeitliche Abhängigkeit.
- Die Erwirtschaftung von Gewinnen sollte nachhaltig in Bezug auf die Umwelt und die Sozialverträglichkeit erfolgen.
- Schutz und achtsamer Umgang mit natürlichen und nachwachsenden Ressourcen
- "Prinzip, nach dem nicht mehr verbraucht werden darf, als jeweils nachwachsen, sich regenerieren, künftig wieder bereitgestellt werden kann"<sup>5</sup>. (Ökologie)

Zusammenfassend kann gesagt werden, dass der Begriff der Nachhaltigkeit auf sämtliche gesellschaftliche Bereiche (sozial, ökologisch und ökonomisch) zu übertragen ist. Eine zukunftsfähige Gestaltung und ein schonender Umgang mit den Ressourcen unter gleichberechtigter Berücksichtigung dieser drei Bereiche kann als nachhaltiges Handeln bezeichnet werden. Das Ziel ist es unsere gesellschaftliche Verantwortung wahrzunehmen und den nachfolgenden Generationen eine intakte Umwelt zu hinterlassen bzw. die Folgen der bereits erfolgten Schädigung der Umwelt zu minimieren.

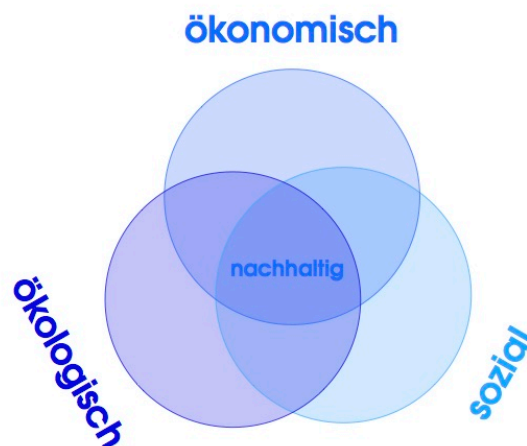


Abb. 1: Schaubild zur Nachhaltigkeit <sup>6</sup>

<sup>4</sup> Aachener Stiftung Kathy Beys und IHK Nürnberg für Mittelfranken: Lexikon der Nachhaltigkeit, Nachhaltigkeit Definition, 13.11.2015, URL: [https://www.nachhaltigkeit.info/artikel/definitionen\\_1382.htm?sid=s2jen5psdf8pnoo3bg9c7rh7g5](https://www.nachhaltigkeit.info/artikel/definitionen_1382.htm?sid=s2jen5psdf8pnoo3bg9c7rh7g5), Abruf vom 8.8.19

<sup>5</sup> Bibliographisches Institut GmbH: Nachhaltigkeit, 2019, URL: <https://www.duden.de/rechtschreibung/Nachhaltigkeit>, Abruf vom 14.8.2019

<sup>6</sup> vgl. Wikipedia: Nachhaltigkeit, 9.9.2019, URL: <https://de.wikipedia.org/wiki/Nachhaltigkeit>, Abruf vom 17.9.2019



## 1.2.2 Nachhaltigkeit im Bausektor

Speziell für den Bausektor ist das Thema der Nachhaltigkeit essenziell. Im Bauwesen werden viele Ressourcen in Anspruch genommen, Lebensräume gestaltet und durch die Nutzungszyklen der Gebäude langfristig Einfluss auf unsere Umwelt ausgeübt. Gemäß den Angaben vom VDI Zentrum für Ressourceneffizienz werden in Deutschland "jährlich 517 Millionen Tonnen mineralische Rohstoffe verbaut. Das entspricht 90 % der gesamten inländischen Entnahme."<sup>7</sup> Die Bau- und Abbruchabfälle im Baubereich machen etwa 52 % des deutschen Abfallaufkommens aus. Weltweit nimmt der Bau und- Wohnbereich "rund 40 % der Ressourcen und etwa 50 % der Primärenergie in Europa"<sup>8</sup> in Anspruch. Auf Grund dieser Dimensionen und da diese Ressourcen nur begrenzt zur Verfügung stehen, bietet ein nachhaltiges Handeln im Bausektor ein großes Einsparpotenzial. Ebenfalls kann durch die Qualität der Produkte ein großer Einfluss erzielt werden (Umwelt, Gesundheit, ...).

In allen Lebenszyklusphasen eines Gebäudes (Planung, Errichtung, Nutzung, Modernisierung und im Rückbau) ist daher ein zukunftsfähiges und nachhaltiges Konzept erforderlich, welches Themenbereiche wie "umwelt- und klimagerechtes Bauen, Energie-, Ressourcen- und Kosteneffizienz aber auch Anforderungen an die demographische Entwicklung"<sup>9</sup> berücksichtigt. Das heißt, die in der Abbildung 1 dargestellten Bereiche bzw. Aspekte sind auch beim nachhaltigen Bauen zu betrachten und gesamtheitlich zu bearbeiten.

Der **ökologische Bereich** deckt vor allem den Schutz und schonenden Umgang mit den Ressourcen ab. Dazu zählt aber nicht nur der optimierte Einsatz von Baustoffen, sondern auch eine Reduzierung des Energie- und Wasserverbrauches sowie eine geringe Inanspruchnahme von Flächen. Dabei darf nicht nur das Gebäude selbst betrachtet werden, sondern es sollten auch die verwendeten Bauprodukte mit ihren Auswirkungen in den Bereichen von Herstellung, Transport, Energieverbrauch, Rückbau, etc. mit einbezogen werden. "Ziel ist die Minimierung der Umweltbelastungen auf lokaler und globaler Ebene."<sup>10</sup>

Im **ökonomischen Bereich** werden die Errichtungskosten und die Baufolgekosten (Betriebskosten und Kosten für den Rückbau) bezogen auf den Lebenszyklus eines Gebäudes betrachtet. Auch die Wirtschaftlichkeit und die Wertstabilität zählen zu diesem Bereich. Durch

---

<sup>7</sup> Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit und VDI Zentrum für Ressourceneffizienz: Ressourceneffizienz im Bauwesen, ohne Jahr, URL: <https://www.ressource-deutschland.de/themen/bauwesen/?L=0>, Abruf vom 13.08.2019

<sup>8</sup> Internationaler Verein für zukunftsfähiges Bauen und Wohnen - natureplus e.V., URL: <https://www.natureplus.org>, Abruf vom 1.10.2020

<sup>9</sup> Bundesministerium des Inneren, für Bau und Heimat: Leitfaden Nachhaltiges Bauen, Zukunftsfähiges Planen, Bauen und Betreiben von Gebäuden, Januar 2019, Seite 4

<sup>10</sup> Bundesministerium des Inneren, für Bau und Heimat: Leitfaden Nachhaltiges Bauen, Zukunftsfähiges Planen, Bauen und Betreiben von Gebäuden, Januar 2019, Seite 15

eine gute Vorplanung bzw. eine Lebenszyklusanalyse können sich erhebliche Einsparpotenziale der Lebenszykluskosten von Gebäuden ergeben.

Der **soziale und kulturelle** Bereich befasst sich mit der Funktionalität, der Nutzerzufriedenheit, den Nutzerbedürfnissen aber auch mit der kulturellen oder ästhetischen Wahrnehmung von Gebäuden.

Für die Nachhaltigkeit von Gebäuden sind also alle drei Bereiche gleichzeitig und gleichwertig zu berücksichtigen.

Als Folge der gesetzlichen Vorgaben und verschiedener finanzieller Förderungen schreitet die Realisierung energieeffizienter Neubauten immer weiter voran. Meistens werden die Gebäude dazu unter den Vorgaben der EnEV betrachtet. Diese Betrachtungen weisen jedoch nur den Primärenergiebedarf für die Nutzungsphase eines Gebäudes aus. Die Emissionen und der Primärenergiebedarf für Herstellung und Transport der Baustoffe, die Erstellung des Gebäudes und der Gebäuderückbau sowie die Entsorgung werden in diesen Berechnungen nicht berücksichtigt.

Die folgende Abbildung vergleicht die CO<sub>2</sub>-Emissionen in der Nutzungsphase von EnEV-Gebäuden mit der CO<sub>2</sub>-Emission der Konstruktion des DGNB-Vergleichsgebäudes in Massivbauweise.

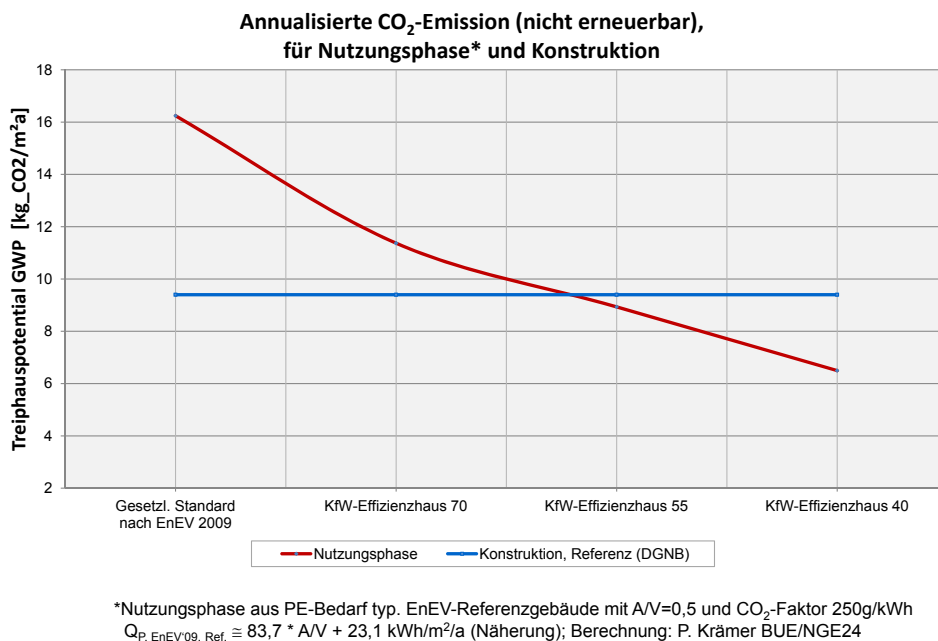


Abb. 2: Co2-Emission Nutzung-Herstellung<sup>11</sup>

<sup>11</sup> Stadt Hamburg, Behörde für Energie und Umwelt, Amt für Naturschutz, Grünplanung und Energie/ Energieabteilung, Dr. Peter Krämer: Referat Energieeffizientes und Nachhaltiges Bauen, 06.06.2016, Seite 5

Je besser der energetische Standard eines Gebäudes ist, desto weniger Treibhausgase werden in der Nutzungsphase erzeugt. Bei Gebäuden (hier exemplarisch in Massivbauweise) bleiben die erzeugten Treibhausgase für die verschiedenen energetischen Standards, die in der Konstruktion des Gebäudes stecken, annähernd gleich. Das bedeutet, dass die verwendeten Baustoffe sowie die Herstellung eines Gebäudes ein enormes CO<sub>2</sub>-Einsparpotenzial bieten.

In Deutschland entfällt der Großteil des Energieverbrauches jedoch auf die Bestandsgebäude. "Etwa zwei Drittel der Bestandsgebäude wurden vor der ersten Wärmeschutzverordnung 1977 errichtet und sind in der Regel noch keiner vollständigen energetischen Modernisierung unterzogen worden."<sup>12</sup> Daher bietet dieser Bereich ein großes Einsparpotenzial. Zusätzlich sind in den Gebäudekonstruktionen bereits Ressourcen sowie graue Energie gebunden. Die graue Energie umfasst die Energie, die "für die Herstellung von Gütern sowie für Transport, Lagerung und Entsorgung benötigt wird."<sup>13</sup> Daher stellen die Bestandsgebäude auch unter diesem Gesichtspunkt einen hohen ökologischen Wert dar. Die Verlängerung der Nutzungsdauer eines Gebäudes durch Erhaltung, Umnutzung und Modernisierung trägt somit zur Ressourcenschonung und Umweltentlastung bei.

Für den Umgang mit Bestandsgebäuden sind die gleichen Anforderungen an die Nachhaltigkeit anzusetzen wie für Neubauten. Zusätzlich prägen die Bestandsgebäude in Ihrer Vielfalt den städtischen Raum (Baukultur) und geben einer Stadt ihre unverwechselbare Identität. Dieser nicht messbare Wert ist im Rahmen eines nachhaltigen Umgangs mit dem Bestand ebenfalls zu berücksichtigen (soziokultureller Aspekt).

Zusammenfassend kann gesagt werden, dass der Bausektor große Potenziale in Bezug auf die Nachhaltigkeit bietet. Mit einer umfassenden Planung unter Berücksichtigung der weitreichenden Aspekte des nachhaltigen Bauens können zukunftsfähige Konzepte und Projekte geschaffen werden.

---

<sup>12</sup> Bundesministerium des Inneren, für Bau und Heimat: Leitfadens Nachhaltiges Bauen, Zukunftsfähiges Planen, Bauen und Betreiben von Gebäuden, Januar 2019, Seite 133

<sup>13</sup> ohne Autor: Graue Energie, Erstellt 26.04.2010, letzte Änderungen 03.05.2019, URL: [https://www.energie-lexikon.info/graeue\\_energie.html](https://www.energie-lexikon.info/graeue_energie.html)

## 2 Nachhaltige Baustoffe

### 2.1 Auswahlkriterien

Wie bereits in Kapitel 1 beschrieben, verursachen Gebäude während ihres Lebenszykluses einen hohen Energie- und Rohstoffverbrauch, der einen erheblichen Eingriff in das Ökosystem darstellt. Mit einem schonenden Umgang kann der Eingriff für die Umwelt begrenzt werden.

Durch die gesetzlichen Vorgaben und finanziellen Förderungen wurden in Deutschland bisher hauptsächlich CO<sub>2</sub>- und Energieeinsparungen umgesetzt. Die Verwendung nachhaltiger und gesundheitsverträglicher Baustoffe wurde eher vernachlässigt. Mittlerweile stehen verschiedene Produkte mit Nachweis ihrer Nachhaltigkeit zur Verfügung.

Um die baustofflichen Ressourcen zu schützen, sollten folgende Aspekte bei der Auswahl der Produkte berücksichtigt werden:

- Verwendung von nachwachsenden und natürlichen Baustoffen (nachhaltig erzeugt, keine fossilen Rohstoffe)
- bevorzugte Verwendung regionaler Baustoffe (kurze Lieferwege)
- Verwendung einfach verarbeiteter Materialien (naturnah, keine Verbundstoffe)
- von anerkannten Institutionen geprüfte und zertifizierte Materialien bevorzugen (z.B. IBR, naturplus, etc.)
- Verwendung schadstoffarmer Produkte zur Reduzierung der Belastung (für Verarbeiter, Nutzer, etc.) während der Nutzungsdauer
- Nutzung wiederverwendbarer oder -verwertbarer Produkte
- Möglichkeit der gefahrlosen Rückführung der Stoffe in den natürlichen Kreislauf<sup>14</sup>

### 2.2 Qualitätsstandards bei ökologischen Baustoffen

Um den Endverbrauchern oder den Planern die Auswahl bei nachhaltigen und ökologischen Bauprodukten zu erleichtern, nehmen verschiedene Einrichtungen oder Institute eine entsprechende Überprüfung und Zertifizierung vor. Mittlerweile gibt es jedoch eine

---

<sup>14</sup> vgl. Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V.: ALTBAUSANIERUNG mit nachwachsenden Rohstoffen, Naturbaustoffe, 2014, Seite 13

Vielzahl von Labeln bzw. Prüfzeichen, die unterschiedliche Bewertungskriterien zu Grunde legen.

Zusätzlich erfolgt auch bei den Baustoffen eine Ökobilanzierung bzw. eine Lebenszyklusanalyse (LCA). Diese quantifiziert die negativen Umwelteinflüsse der einzelnen Produkte. Eine entsprechende Datengrundlage für die Bilanzierung aus der Basis von Umweltproduktdeklarationen (EPD) liefert zum Beispiel die Datenbank ÖKOBAUDAT des Bundesministeriums des Inneren, für Bau und Heimat.<sup>15</sup>

Für eine verlässliche Bewertung des Produktes sollten verschiedene Kriterien berücksichtigt werden:

- umfassende Laborprüfung auf Emissionen
- "Verfügbarkeit der Ressourcen,
- Umweltbelastungen während der Produktion und Abbau der Ressourcen,
- Umweltbelastungen/Energiebedarf/Transport/Fabrikation,
- Umwelt- und Gesundheitsbelastungen während des Einbaus,
- Belastungen während der Nutzungsdauer und auch bei späterem Rückbau/Entsorgung"<sup>16</sup>

## 2.2.1 Grundlagen der Umweltzeichen

Um einen besseren Überblick über die verschiedenen Label und ihre Aussagefähigkeit zu bekommen, werden im Folgenden kurz die Grundlagen der Umweltzeichen dargestellt. Die Umweltzeichen lassen sich in 3 Gruppen unterteilen:

### Umweltzeichen Typ I nach DIN EN ISO 14024

Mit diesem Zeichen werden Produkte gekennzeichnet, die bestimmten Anforderungen im Bereich Umwelt und Gesundheit erfüllen und somit den Verbraucher/innen zur einfachen Identifizierung dienen. Die zu erfüllenden Kriterien werden von einer unabhängigen Vergabestelle vorgegeben. Erfüllt ein Produkt diese Vorgaben, kann nach eingehender Prüfung der eingereichten Unterlagen dieses Produkt mit dem entsprechenden Label gekennzeichnet werden.

Mögliche Schwierigkeiten:

- Im Baubereich werden einzelne Materialien gekennzeichnet, nicht aber das komplette Bauteil.

---

<sup>15</sup> vgl.: Bundesministerium des Inneren, für Bau und Heimat, URL: <https://www.oekobaudat.de>, Abruf vom 01.12.2020

<sup>16</sup> Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V.: ALTBAUSANIERUNG mit nachwachsenden Rohstoffen, Naturbaustoffe, 2014, Seite 14

- Durch die Vielzahl der unterschiedlichen Label am Markt wird die Vergleichbarkeit erschwert. Jeder Zertifikatgeber hat eigene Grundlagen und Vorgaben für die Zertifizierung der Produkte.
- Hersteller entscheiden sich oft nur für ein Zertifikat mit dem sie Ihre Produkte kennzeichnen möchten. Das heißt aber nicht, dass diese Produkte nicht auch die Anforderungen der anderen Zertifikatgeber erfüllen.

### **Umweltzeichen Typ II nach DIN EN ISO 14021**

Bei dem Typ II Zeichen kann ein Hersteller seine Produkte selbst in Bezug auf spezielle Produkteigenschaften kennzeichnen, die so genannte Selbstdeklaration. Dabei dient die DIN EN ISO 14021 als Grundlage. "Diese definiert unter anderem Anforderungen an Produkte, die mit einem geschützten Begriff gekennzeichnet werden. Zu diesen Begriffen gehören beispielsweise "kompostierbar", "zerlegbar konstruiert", "recyclingfähig" <sup>17</sup> etc. Eine Verwendung des Wortes "nachhaltig" schließt die Norm explizit aus, da es keine allgemeingültige Bewertungsgrundlage für diesen Begriff gibt.

Den Herstellern ermöglicht der Bereich der Typ II Umweltzeichen bestimmte Eigenschaften ihrer Produkte positiv hervorzuheben und an Verbraucherwünsche anzupassen. Allein der Hersteller bestimmt ob oder welche Eigenschaften der Produkte hervorgehoben werden sollen (freiwillige Selbstdeklaration). Die Typ II Bezeichnungen lassen sich somit auch schneller und einfacher anpassen (z.B. bei einer veränderten Produktzusammensetzung).

Nachteile:

- Es werden nur bestimmte Aspekte oder Eigenschaften eines Produktes hervorgehoben. Produktnachteile könne so verschwiegen werden. Für den Verbraucher sind die Produkte daher nur schwer zu vergleichen.
- Es erfolgt keine unabhängige Überprüfung.

### **Umweltzeichen Typ III nach DIN EN ISO 14025**

Für Produkte, die mit einem Umweltzeichen Typ III versehen sind, werden umfassende Umweltinformationen zu dem Produkt offen gelegt. Man erhält Angaben zur Ökobilanz, Inhaltsstoffen oder Emissionen. "Die Typ-III-Deklaration dient vor allem einem professionellen Informationsmanagement in Unternehmen und interessierten Kreisen. Die Initiative geht von der Wirtschaft aus, eine Teilnahme ist freiwillig." <sup>18</sup>

Die zur Verfügung gestellten Angaben werden einer unabhängigen Prüfung durch einen Sachverständigenrat unterzogen. Eine Bewertung der Eigenschaften oder eine Zertifizierung des Produktes erfolgt hier nicht. Da alle relevante Produktinformationen zur Verfügung

---

<sup>17</sup> Fischer, Diana: Umweltkennzeichnungen - eine Typfrage!, greenBUILDING, Ausgabe 77, Seite 18-21, Seite 20

<sup>18</sup> Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit: Umweltinformationen für Produkte und Dienstleistungen, Anforderungen - Instrumente - Beispiele, Mai 2014, Seite 41

stehen, ermöglicht dies eine Produktauswahl unter eingenen, gewünschten Anforderungen und Kriterien. Dies kann zum Teil positiv als auch negativ gesehen werden.

In der nachstehenden Abbildung werden die Unterschiede der einzelnen Typen zusammengefasst:

Kriterium	Umweltzeichen Typ I „Umwelt-Label“	Umweltzeichen Typ II „Selbstdeklaration“	Umweltzeichen Typ III „Umwelt-Deklaration“
<b>primäre Zielgruppe</b>	Verbraucher (z.B. Bauherren)	Verbraucher (z.B. Bauherren)	Wirtschaftsakteure, z.B. Planer und Auditoren
<b>Ziel</b>	Produktbewertung	Produktbewertung	transparente Informationsbereitstellung
<b>Verwaltung durch Externe Dritte</b>	ja	nein	ja
<b>unabhängige Prüfung</b>	ja	nein	ja (intern oder extern – zwingend extern bei an Verbraucher gerichteten Informationen und z.B. bei IBU-EPDs)
<b>Inhalt</b>	Prüfung auf zuvor vom Zeichengeber festgelegte Kriterien	aus Sicht des Anbieters hervorzuhebende umwelt- oder gesundheitsrelevante Eigenschaften	quantifizierte umweltbezogene Informationen
<b>Beispiele</b>	Blauer Engel, natureplus, Euroblume, FSC	Drei-Pfeile-Symbol, diverse Verbandssiegel (z.B. Demeter)	Umwelt-Produktdeklarationen

Abb. 3: Umweltzeichen<sup>19</sup>

## 2.2.2 gängige Umweltzeichen (Typ I) im Baubereich

Im Folgenden werden einige Umwelt-Label kurz vorgestellt. Dabei wird im Wesentlichen auf das natureplus-Zertifikat und das Prüfzertifikate vom Institut für Baubiologie in Rosenheim eingegangen. Die Baustoffe, die mit diesen beide Zertifikaten gekennzeichnet sind, werden durch proklima im Bereich der nachhaltigen Gebäudedämmung (Dämmung von Außenwänden, Dach, oberste Geschossdecke) gefördert. Die Zusammenstellung erhebt keinen Anspruch auf Vollständigkeit.

### natureplus

Der natureplus e.V. ist ein internationaler Verein für zukunffähiges Bauen und Wohnen. Die drei Bereiche der Nachhaltigkeit bilden die Grundlage für die Bewertung der Bauprodukte. Die wichtigsten Aspekte sind "Umwelt, Gesundheit und funktionale Qualität"<sup>20</sup> der Produkte. Diese werden unter Betrachtung der folgenden Bereiche zertifiziert: Saubere und effiziente Produktion, Schutz von Umwelt und Gesundheit und Nachhaltigkeit der Ressourcen. Das natureplus-Zeichen ist ein europäisches Label. Bei der Prüfung der Produkte bilden anerkannte internationale Standards die Grundlage.

Das Prüfzeichen steht für hohe Qualität von Baustoffen, die "aus nachwachsenden oder

<sup>19</sup> Fischer, Diana: Umweltkennzeichnungen - eine Typfrage!, greenBUILDING, Ausgabe 77, Seite 18-21, Seite 20

<sup>20</sup> Internationaler Verein für zukunftsfähiges Bauen und Wohnen - natureplus e.V., URL: <https://www.natureplus.org>, Abruf vom 1.10.2020

reichlich vorhandenen mineralischen Rohstoffen oder Sekundärrohstoffen<sup>21</sup> bestehen. Weiter werden Bereiche wie Gebrauchstauglichkeit, Zusammensetzung, Rohstoffgewinnung, Vorprodukte, Produktion, Verpackung, Recycling/ Entsorgung, etc. betrachtet.

[www.natureplus.org](http://www.natureplus.org)

### **Institut für Baubiologie in Rosenheim GmbH (IBR)**

Grundlage der Betrachtung des Siegels sind vor allem die Wohngesundheit sowie die Umweltfreundlichkeit von Bauprodukten. Zusätzlich werden auch Einrichtungsgegenstände unter dem Aspekt der Wohngesundheit mit berücksichtigt. Die Materialien werden anhand eingehender Laboruntersuchungen geprüft. Bei dem Siegel steht aber vor allem eine gesundheitliche Beurteilung im Mittelpunkt.

[www.baubiologie-ibr.de](http://www.baubiologie-ibr.de)

### **Blauer Engel**

"Die Vergabe des RAL-UZ-Zeichens folgt Richtlinien, die auch von Industrieverbänden mitgestaltet werden."<sup>22</sup> Das Hauptaugenmerk liegt hier auf möglichst schadstoffarmer Herstellung von Produkten und Komponenten. Die Ökobilanzen der einzelnen Produkte müssen die Hersteller offen legen. Diese haben aber keinen weiteren Einfluss auf die Vergabe der Zeichens (siehe z.B. Vergabekriterien für Wärmedämmverbundsysteme, DE-UZ-140, 2019).

[www.blauer-engel.de/de](http://www.blauer-engel.de/de)

### **Zertifikate der Forstwirtschaft**

Im Bereich der Forstwirtschaft gibt es zwei etablierte Zertifizierungssysteme die sich mit dem Rohstoff Holz befassen.

Der **FSC** (Forest Stewardship Council) ist international tätig und steht für eine verantwortungsvolle Waldbewirtschaftung. Dabei sind die sozialen, ökonomischen und ökologischen Aspekte bei der Bewirtschaftung von Wäldern zu berücksichtigen.

[www.fsc-deutschland.de/de](http://www.fsc-deutschland.de/de)

Das **PEFC** (Programme for the Endorsement of Forest Certification Schemes) ist ebenfalls international tätig und verfolgt das Ziel einer "weltweite(n) Verbesserung der Waldnutzung und Waldpflege"<sup>23</sup>. Hier werden Holz- und Papierprodukte gekennzeichnet, bei denen der Rohstoff aus nachhaltig bewirtschafteten Wäldern stammt.

[www.pefc.de](http://www.pefc.de)

---

<sup>21</sup> Hrsg. Internationaler Verein für zukunftsfähiges Bauen und Wohnen - natureplus e.V., URL: <https://www.natureplus.org/index.php?id=17>, Abruf vom 8.10.2020

<sup>22</sup> Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V.: ALTBASAUSANIERUNG mit nachwachsenden Rohstoffen, Naturbaustoffe, 2014, Seite 15

<sup>23</sup> Hrsg. PEFC Deutschland e.V., URL: <https://pefc.de/uber-pefc/hintergrunde-und-ziele/>, Abruf vom 1.10.2020



### 2.2.3 Bewertungssysteme für nachhaltige Gebäude

Zusätzlich zu der Zertifizierung einzelner Bauprodukte gibt es Bewertungssysteme für die Nachhaltigkeit kompletter Gebäude. Diese Bewertungssysteme und Standards sind allerdings von Land zu Land unterschiedlich. Die bekanntesten Systeme sind zum Beispiel

- das britische Bewertungssystem **BREEM**
- das amerikanische System **LEED**
- oder das Bewertungssystem der Deutschen Gesellschaft für nachhaltiges Bauen **DGNV**.

Die Bewertungssysteme für Gebäude sind nicht Umfang dieser Studie und werden daher nicht weiter betrachtet.

## 2.3 Vor- und Nachteile von nachhaltigen Dämmstoffen

Da sich die Studie ausschließlich auf eine energetische Fassadensanierung bezieht, wird im Folgenden vorwiegend auf die Vor- und Nachteile von nachhaltigen Dämmstoffen eingegangen.<sup>24 25</sup>

#### Produkteigenschaften:

- + Die verwendeten Baustoffe sind nachwachsend und ressourcensparend.
- + Die Produktion ist regional möglich und kann somit auch die Wirtschaft in strukturschwachen Gebieten fördern.
- + Die Baustoffe sind schadstoffarm und belasten die Umwelt während des Nutzungszyklusses nur gering: Produktion, Montage, Nutzungsdauer, Demontage, Entsorgung oder Recycling
- + Weniger Energieeinsatz und geringere Treibhausemissionen für die Herstellung der Produkte notwendig.
- + Pflanzliche Dämmstoffe sind CO<sub>2</sub>-neutral
- + Je nach Produktauswahl ist ein besserer sommerlicher Wärmeschutz zu erzielen (höhere Wärmespeicherzahl).
- + Je nach Produktauswahl ist ein besseres Feuchteverhalten zu erzielen ohne an Dämmkraft einzubüßen.
- + Dämmstoffe aus Naturfasern weisen eine hohe Schallschutzabsorptionsfähigkeit sowie ein hohes Flächengewicht auf. Sie besitzen daher günstige Schallschutzeigenschaften.

---

<sup>24</sup> vgl. Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V.: ALTBAUSANIERUNG mit nachwachsenden Rohstoffen, Naturbaustoffe, 2014

<sup>25</sup> vgl. Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V.: MARKTÜBERSICHT Dämmstoffe aus nachwachsenden Rohstoffen, Naturbaustoffe, 2015

- + Naturdämmstoffe können zum Teil wiederverwendet oder recycelt werden.
- + Eine gleichwertige Lebensdauer zu herkömmlichen Konstruktionen kann erzielt werden.
  
- Aus bautechnischen Gründen werden auch bei einigen Naturdämmstoffen Zusätze zum Schutz vor Brand, Feuchtigkeit, Schädlingen und zur Verstärkung der Formstabilität eingebracht.  
Dies sind zum Teil auch synthetische Zusatzstoffe, die aber nur in geringem Umfang eingesetzt werden.
- Je nach Produktauswahl ist auf Grund einer ggf. höhere Wärmeleitstufe der Einsatz einer größeren Dämmstärke notwendig.
- Nicht alle Produkte sind zertifiziert. Auf Grund der vielen verschiedenen Zertifizierungsmöglichkeiten sowie Prüfinstituten, die sich in Ihren Prüfrichtlinien und Standards unterscheiden, gestaltet sich die Auswahl für die Endverbraucher/innen schwierig.
- Auf Grund der guten Heizwerte von Naturdämmstoffen ist die thermische Verwertung momentan die vorherrschende Entsorgungsmethode. Es fehlen derzeit noch Möglichkeiten und Konzepte für ein preiswertes und praktikables Recycling. Dabei sollten Kreisläufe sowie eine mögliche kaskadische Nutzung (Mehrfachnutzung) berücksichtigt werden.
- Auf Verbundstoffe sollte bei dem Einsatz von Naturbaustoffen verzichtet werden.
- Weite Transportwege bei der Herstellung von Produkten aus nachwachsenden Rohstoffen sowie der Transport vom Hersteller bis zur Baustelle verringern die CO<sub>2</sub>-Einsparungen dieser Produkte zum Teil enorm.

### **Recht und Bautechnik:**

- + Für den Bereich der Gebäudeklasse 1 bis 3 gibt es eine große Produktauswahl mit sehr guten bauphysikalischen Eigenschaften.
- + Der Bezug zusätzlicher Fördermitteln für den Einsatz nachhaltiger Baustoffe ist möglich
- In speziellen Bereichen können Naturdämmstoffe nicht eingesetzt werden: z.B. Dämmung gegen Erdreich und im Spritzbereich oder Dämmung im Außenbereich von Flachdächern.
- Für die Gebäudeklasse 4 und 5 ergeben sich erhöhte Anforderungen an den Brandschutz. Die nachhaltigen Dämmstoffe allein erfüllen diese Anforderungen nicht. Für die bekannten Komplettsysteme liegen derzeit lediglich Zulassungen bis Gebäudeklasse 3 vor. Darüber hinaus ist das Erstellen eines Brandschutzkonzeptes oder die Zulassung im Einzelfall erforderlich. Dabei wird in Teilbereichen das Einbringen zusätzlicher nicht nachhaltiger Materialien erforderlich.

**Konstruktion und Verarbeitung:**

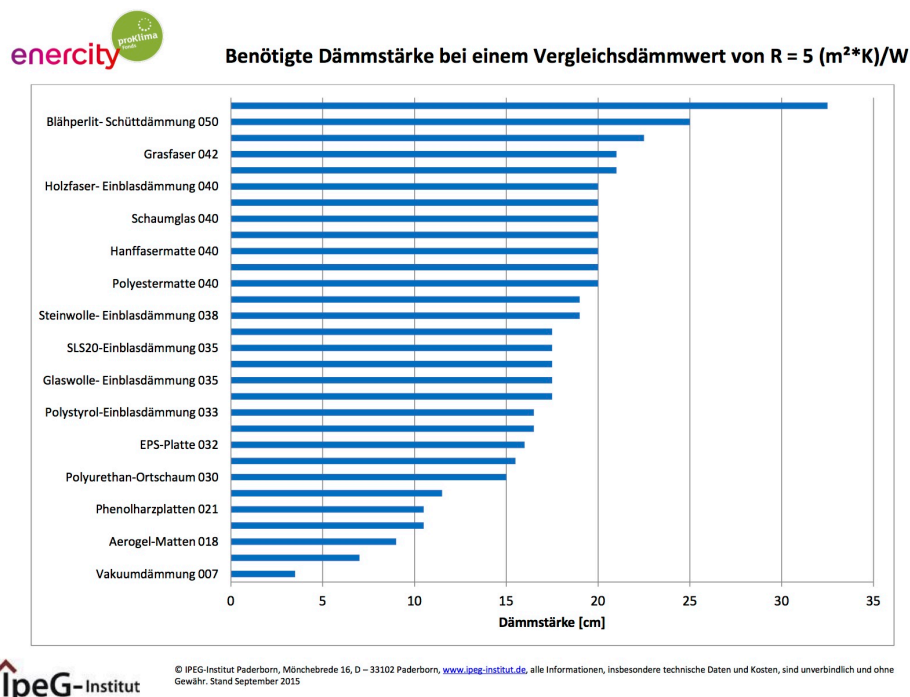
- + Die Baustoffe lassen sich einfach und gesundheitsfreundlich verarbeiten.
- + Die Materialien können ggf. mehrfach verwendet werden.
- + Bei möglichst naturnahen Materialien, können diese nach Demontage in neue Baustoffe umgewandelt werden.
  
- Die Anzahl der Firmen, die diese Systeme und Baustoffe fachgerecht einbauen können, ist geringer, aber die letztem Jahre stetig gewachsen.

**2.4 Vergleichsdaten**

Durch proklima wurden uns die folgenden 4 Auswertungen (Abb. 4-7), die durch das IPEG-Institut Paderborn erstellt wurden, zur Verfügung gestellt. Die Auswertungen zeigen einen Vergleich von U-Werten, Kosten und Primärenergie bezogen auf verschiedene Dämmstoffe.

Es ist zu erkennen, das nachhaltige Dämmstoffe bereits in vielen Bereichen als gleichwertig zu den herkömmlichen Produkten angesehen werden können.

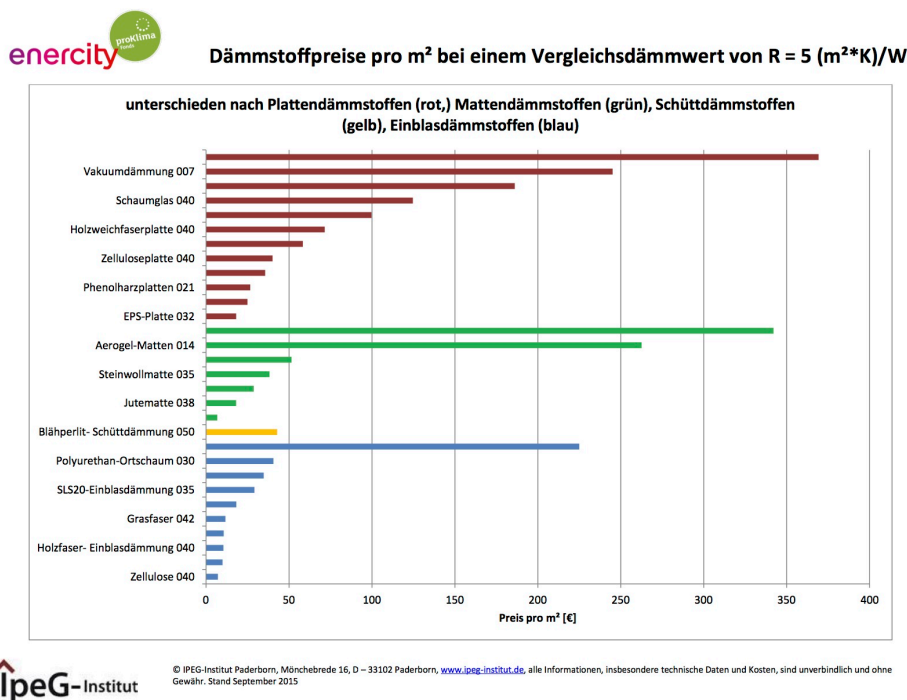
Aus der Abbildung 4 ist zu entnehmen, dass für Dämmstoffe aus nachwachsenden Rohstoffen bereits ähnliche Dämmstoffdicken in Bezug auf einen Vergleichsdämmwert erzielt werden können. Allerdings können Dämmstoffe aus nicht nachwachsenden Materialien weitaus bessere Dämmwerte erzielen und ermöglichen so geringere Dämmstärken.



 © IPEG-Institut Paderborn, Mönchebrede 16, D – 33102 Paderborn, [www.ipeg-institut.de](http://www.ipeg-institut.de), alle Informationen, insbesondere technische Daten und Kosten, sind unverbindlich und ohne Gewähr. Stand September 2015

Abb. 4: Vergleich Dämmstärken, IPEG- Institut Paderborn, 2015

Dämmstoffe, die besonders herausragende Dämmeigenschaften aufweisen sind aber auch erheblich kostenintensiver, siehe Abb. 5. Beispielsweise erzielt die Vakuumdämmung mit einer Stärke von ca. 3,5 - 4 cm den gleichen Dämmwert wie eine 20 cm starke Holzfaservereinblasdämmung. Bei den Kosten allerdings liegt die Vakuumdämmung nach Abb. 5 ca. bei 245 €/qm und die Holzfaservereinblasdämmung nur bei ca. 12,50 €/qm. Auf Grund der hohen Kosten werden Bauprodukte wie die z.B. die Vakuumdämmung nicht in der Masse, sondern hauptsächlich für spezielle Anwendungsfälle benötigt und eingesetzt. Somit sind die nachwachsenden Dämmstoffe durchaus konkurrenzfähig.



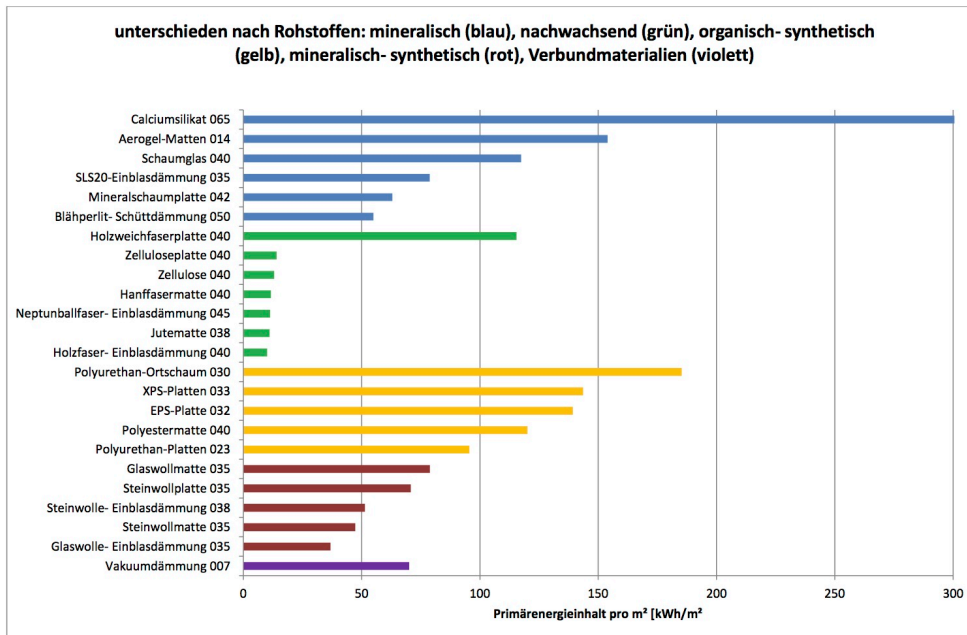
© IPEG-Institut Paderborn, Münchebreite 16, D - 33102 Paderborn, [www.ipeg-institut.de](http://www.ipeg-institut.de), alle Informationen, insbesondere technische Daten und Kosten, sind unverbindlich und ohne Gewähr. Stand September 2015

Abb. 5: Vergleich Kosten, IPEG- Institut Paderborn, 2015

Vor allem im Bereich der Einblasdämmungen sind Produkte aus Zellulose oder Holzfasern sehr kostengünstig. Zusätzlich überzeugen sie mit einem geringen Primärenergieinhalt und sehr guten Eigenschaften im sommerlichen Wärmeschutz.

Beim Vergleich der Primärenergie schneiden aber nicht alle Produkte aus nachwachsenden Rohstoffen gut ab. Zum Beispiel liegen die Werte für Holzweichfaserplatten ca. 10 mal höher als für die anderen ausgewerteten nachwachsenden Rohstoffe und auch deutlich über den Werten der Mineralwollen.

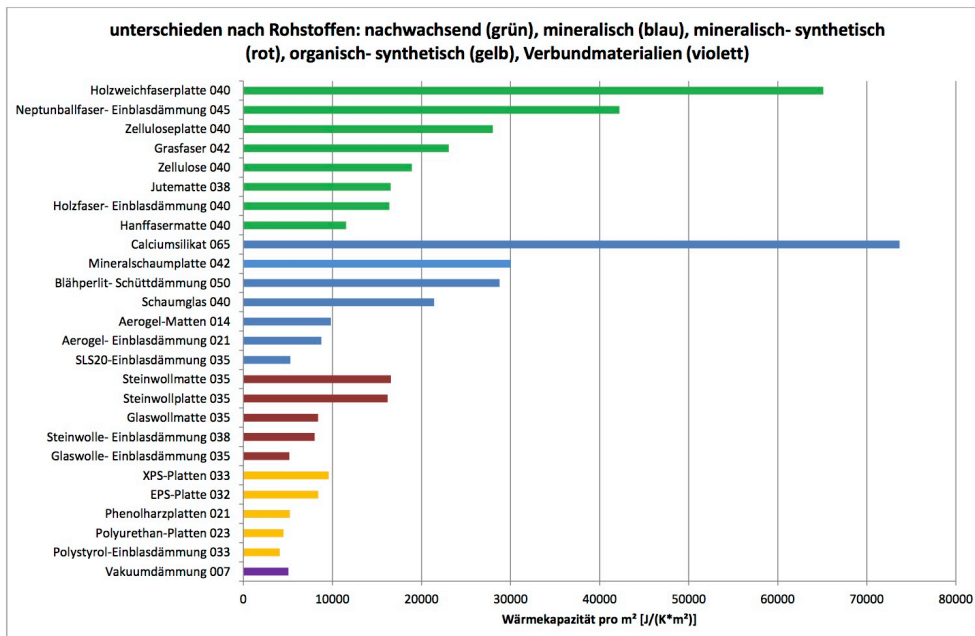
**enercity**  **Primärenergieinhalt pro m<sup>2</sup> bei einem Vergleichsdämmwert von R = 5 (m<sup>2</sup>\*K)/W**



© IPEG-Institut Paderborn, Münchebreite 16, D – 33102 Paderborn, [www.ipeg-institut.de](http://www.ipeg-institut.de), alle Informationen, insbesondere technische Daten und Kosten, sind unverbindlich und ohne Gewähr. Stand September 2015

Abb. 6: Vergleich Primärenergieinhalt, IPEG- Institut Paderborn, 2015

**enercity**  **Wärmekapazität pro m<sup>2</sup> bei einem Vergleichsdämmwert von R = 5 (m<sup>2</sup>\*K)/W**



© IPEG-Institut Paderborn, Münchebreite 16, D – 33102 Paderborn, [www.ipeg-institut.de](http://www.ipeg-institut.de), alle Informationen, insbesondere technische Daten und Kosten, sind unverbindlich und ohne Gewähr. Stand September 2015

Abb. 7: Vergleich sommerlicher Wärmeschutz, IPEG- Institut Paderborn, 2015

## 2.5 gebaute Beispiele

In Deutschland wurde bereits eine Vielzahl von Projekten unter dem Einsatz verschiedener nachhaltiger Materialien und Konzepte erprobt und umgesetzt. Im Folgenden stellen wir einige aktuelle, regionale Beispiele aus Hannover vor.

### Ohestraße 1c, Baugruppe Wohnidee



Abb. 8+9: Fotos: lindener baukontor

<b>Architekturbüro:</b>	lindener baukontor
<b>Baujahr (Fertigstellung):</b>	geplant 2021
<b>Energiestandard:</b>	Passivhaus
<b>Gebäudeklasse:</b>	4
<b>Fassadenkonstruktion:</b>	Erdgeschoss: Massivbauweise 1.-3. Obergeschoss: Hybridbauweise tragende Teile in Stahlbeton und Mauerwerk. Fassaden als Holzrahmenkonstruktion aus Konstruktionsvollholz (nichttragend)
<b>Aufbau:</b>	- OSB-Platte, d=18 mm - Mineralfaserdämmstoff, d = 280 mm, 0,035 W/mK - Fermacell Gipsfaser-Platte, d=12,5 mm - Holzunterkonstruktion als Traglattung - Formschlüssige Holzschalung, horizontale Fugen, Ladenburger Fassadenprofil TrendlinerKontrast, geölt

## Neubau Stephansplatz 12



Abb. 10+11:Fotos: Julian Martitz

**Architekturbüro:**

runge Architekten bda

**Baujahr (Fertigstellung):**

2016

**Energiestandard:**

Passivhaus

**Gebäudeklasse:**

5

**Fassadenkonstruktion:**

vorgefertigte Holzrahmenkonstruktion

**Aufbau:**

von Innen nach Außen

- OSB-Platte , d = 18 mm

- Zellulosedämmung, d = 280 mm

- KVH JI, d = 240 mm

- KVH Lattung, d = 40 mm

- regensichere und winddichte Membran

- Aquapanel , d = 12,5 mm

- Deckputz

## ÜSTRA-Siedlung



Abb. 12: Foto: MOSAIK Architekten bda

<b>Architekturbüro:</b>	MOSAIK Architekten bda
<b>Baujahr (Fertigstellung):</b>	2020
<b>Energiestandard:</b>	KfW 55
<b>Gebäudeklasse:</b>	4
<b>Fassadenkonstruktion:</b>	vorgefertigte Brettsperrholzelemente
<b>Aufbau:</b>	Brettsperrholz Mineralwollgedämmung, d= 22 cm Brettschalung, Douglasie



## 3 Beispielprojekt "Quellengrund 9, 11, 13, 15"

### 3.1 Allgemein

Bei den 4 Mehrfamilienhäusern im Quellengrund 9-15 ist eine energetische Modernisierung nach dem Energiesprong-Prinzip geplant. Nach diesem Konzept sollen die folgenden Kriterien umgesetzt werden:

- **NetZero-Standard:** "Die Gebäude erzeugen über das Jahr so viel Energie, wie die Bewohner für Raumwärme, Warmwasser und Strom benötigen."<sup>26</sup>
- **Qualitätsgarantie:** Verpflichtung des Generalübernehmers, die vereinbarten Standards langfristig einzuhalten (10 - 30 Jahre)
- **schnelle Umsetzung:** Die Sanierung der Außenhülle erfolgt mit vorgefertigten Elementen. Dadurch wird eine kurze Bauphase ermöglicht, was die Sanierung im bewohnten Zustand vereinfacht.
- **Bezahlbarkeit:** Mieterhöhungen sollen durch die Energieeinsparungen kompensiert werden. Der Wert der Immobilie wird gesteigert.
- **Attraktivität:** Durch die energetische Sanierung und den Einsatz neuer Technologien soll die Attraktivität des Gebäudes für Mieter und Vermieter gesteigert werden.

Dieses Bauvorhaben dient in der folgenden Ausführung als Beispielprojekt. Anhand dieser Gebäudezeile werden zwei Konstruktionen für eine mögliche energetische Fassadensanierung aufgeführt und verglichen.

---

<sup>26</sup> Energiesprong: NetZero-Sanierung nach dem Energiesprong-Prinzip, Datum unbekannt

## Projektbeteiligte:

### Bauherrin

Die **Baugenossenschaft Obericklingen eG** gehört zu den kleinsten Wohnungsgenossenschaften in Hannover. Sie ist die Rechtsnachfolgerin der 1950 gegründeten „Gemeinnützige Baugenossenschaft der Kriegsbeschädigten e.G.m.b.H.“. Die Baugenossenschaft Obericklingen hat 229 Mitglieder (Stand 31.12.2019) und wird durch das hauptamtliche Vorstandsmitglied Ewald Ernst und das nebenamtliche Vorstandsmitglied Malgorzata Voßhage vertreten.

### Bauherrenberatung

Das Büro bauart Architekten unterstützt den Vorstand der Genossenschaft beratend bei dem Projekt und führt die Leistungsphasen bis zur Genehmigungsplanung aus.

### Energieberatung

Die energetische Vordimensionierung für das Projekt erfolgte durch Herrn Dr. Schulze Darup.

### Deutsche Energie-Agentur (dena) / Energiesprung

Die dena hat es sich zum Ziel gesetzt die Energiewende national sowie international voranzutreiben. Ein Ansatz ist es, der seriellen Komplettsanierung von Mehrfamilienhäusern aus einer Hand in Deutschland einen Markt zu schaffen. Daher startet "die dena gemeinsam mit der Bauindustrie und der Immobilienwirtschaft unter Einbindung des BMWi und der holländischen Initiative „Energiesprung“ das Projekt „Serielle Sanierung von Mehrfamilienhäusern“.<sup>27</sup>

Eine Klärung zur Umsetzung des Projektes und zu möglichen weiteren Projektbeteiligten befindet sich im Prozess.

---

<sup>27</sup> Hrsg. Deutsche Energie-Agentur GmbH (dena), URL:<https://www.dena.de/themen-projekte/projekte/gebäude/serielles-sanieren-von-mehrfamilienhaeusern/>

### 3.2 Objektbeschreibung (Quellengrund 9, 11, 13, 15)

Der Gebäudekomplex Quellengrund 5-15 umfasst 10 Gebäude in 3 Häuserzeilen und wurde um 1958 errichtet. 2 Zeilen bestehen aus jeweils 4 Gebäuden und eine Zeile umfasst zwei Gebäude.

Im Folgenden werden die 4 Mehrfamilienhäuser der mittleren Gebäudezeile (Quellengrund 9, 11, 13, 15) näher betrachtet. Bei den Gebäuden handelt es sich um Zweispänner mit jeweils 6 Wohneinheiten auf 3 Etagen. Ferner haben die Gebäude jeweils ein Kellergeschoss mit Abstellräumen und ein Dachgeschoss, welches als Trockenboden genutzt wird. In dem Gebäude Quellengrund 13 ist im Dachgeschoss eine zusätzliche Wohneinheit untergebracht. Somit verfügt die Gebäudezeile über insgesamt 25 Wohneinheiten.

Die einzelnen Gebäude sind nach § 2 Abs. 3 der Niedersächsischen Bauordnung (NBauO) in die Gebäudeklasse 4 einzuordnen.

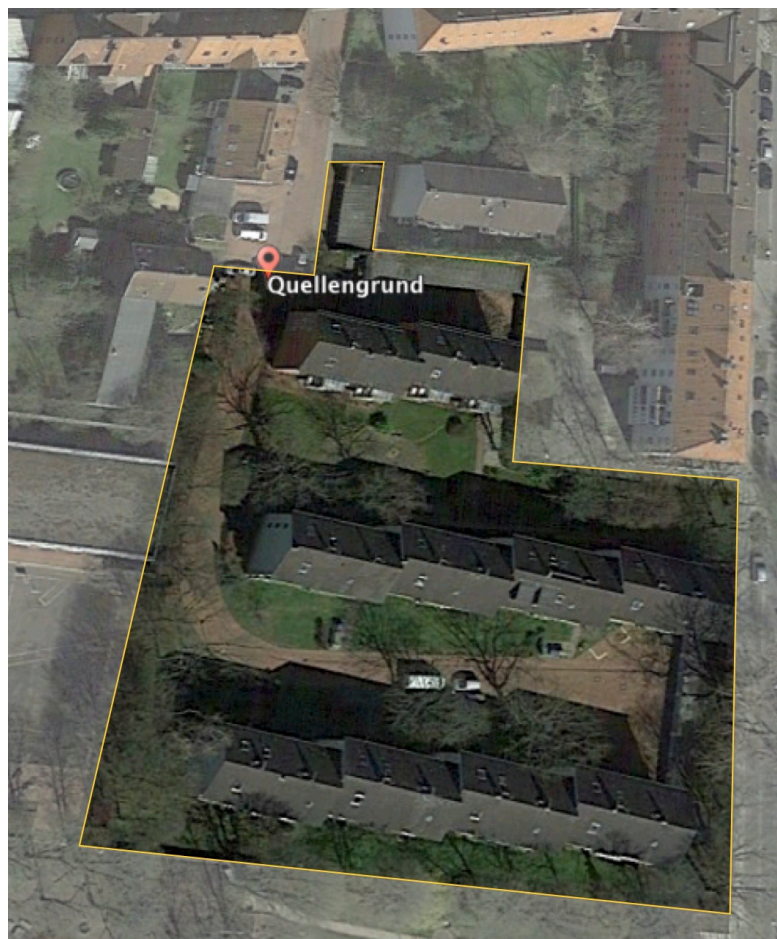


Abb. 13: Quellengrund 5-15<sup>28</sup>

Die Erschließung der Gebäude erfolgt über den Quellengrund, der in einem Wendeham-

<sup>28</sup> Bildausschnitt google maps, Stand April 2019

mer auf der Südseite der Zeile endet. Der Zugang zu den einzelnen Gebäuden erfolgt auf der Nordseite über einen Fußweg, den man über eine Treppe und eine Rampe vom Quellengrund aus erreicht.



Abb. 14: Lageplan ohne Maßstab, bauart Architekten

Bei der beschriebenen Gebäudezeile soll eine NetZero-Sanierung nach dem Energiesprung-Prinzip durchgeführt werden. Dieses Sanierungskonzept ermöglicht einen "hohen Wohnkomfort, minimale Sanierungszeiten und ein innovatives Finanzierungsmodell mit einem zukunftssicheren Energiestandard" zu vereinen<sup>29</sup>. Dabei sollen die Gebäude nach Abschluss der Maßnahmen im Jahresdurchschnitt so viel Energie erzeugen, wie von Ihnen verbraucht wird.

Für die energetische Sanierung des Bauteils Außenfassade werden im Folgenden die Varianten einer herkömmlichen Konstruktion zu einer nachhaltigen Konstruktion betrachtet und gegenübergestellt.

<sup>29</sup> Energiesprung: NetZero-Sanierung nach dem Energiesprung-Prinzip, Datum unbekannt

## 4 Fassadenkonstruktionen: Standard - Nachhaltig

Anhand der Gebäudezeile Quellengrund 9-15 wird eine konventionelle energetische Sanierungsmethode (Standardkonstruktion) mit einer Sanierung mit nachhaltigen Baustoffen in Bezug auf die Kostendifferenz verglichen. Der Ansatz einer seriellen Fertigung aus den Vorgaben des Energiesprung-Prinzips wird berücksichtigt.

### 4.1 Standardkonstruktion mit Mineralwolle

Für die Festlegung einer Standardkonstruktion gehen wir von einem aktuell marktüblichen Aufbau aus. Erfolgt bei der Gebäudezeile eine konventionelle energetische Sanierung, würde ein Wärmedämmverbundsystem zur Ausführung kommen. Auf Grund der Gebäudeklasse sowie der Stellung der einzelnen Gebäude zueinander wäre eine Dämmung aus Mineralwolle zu empfehlen.

Im Rahmen des Energiesprung Modellprojektes wurde für den Quellengrund 14 für eine zukünftige Sanierung von Herrn Dr. Schulze Darup eine Berechnungsdokumentation zum Nachweis/Ausweis nach der Verordnung über energiesparenden Wärmeschutz und energiesparende Anlagentechnik bei Gebäuden erstellt. In dem Ergebnisbericht wird eine entsprechende Konstruktion für das Bauteil zu Grunde gelegt. Die dort beschriebene Dämmung wird für die Standardkonstruktion bei der energetischen Sanierung der Außenwände festgelegt. Für das Bauteil wird ein U-Wert von  $0,156 \text{ W/m}^2\text{K}$  nach Abschluss der Sanierung angegeben.

#### **Aufbau von Innen nach Außen:**

- Innenputz,  $d = 1,5 \text{ cm}$
- Mauerwerk Bestand,  $d = 24,0 \text{ cm}$
- Kalkzementmörtel (Außenputz Bestand),  $d = 2,0 \text{ cm}$
- Mineralwolle, WLS 035,  $d = 20 \text{ cm}$
- Außenputz,  $d = 2,0 \text{ cm}$

2009/10 erfolgte eine energetische Sanierung der Häuserzeile Quellengrund 5 und 7. Im Rahmen dieses Projektes wurden an einigen Fenstern die Brüstungen entfernt. Aus Fotos der Bauüberwachung konnte entnommen werden, dass es sich bei dem Bestandsmauerwerk um Betonhohlblocksteine handelt. Die U-Wertberechnung wurde entsprechend angepasst. Neuer U-Wert:  $0,151 \text{ W/m}^2\text{K}$ .

Der Wandaufbau der Vergleichskonstruktion wird wie folgt festgelegt:

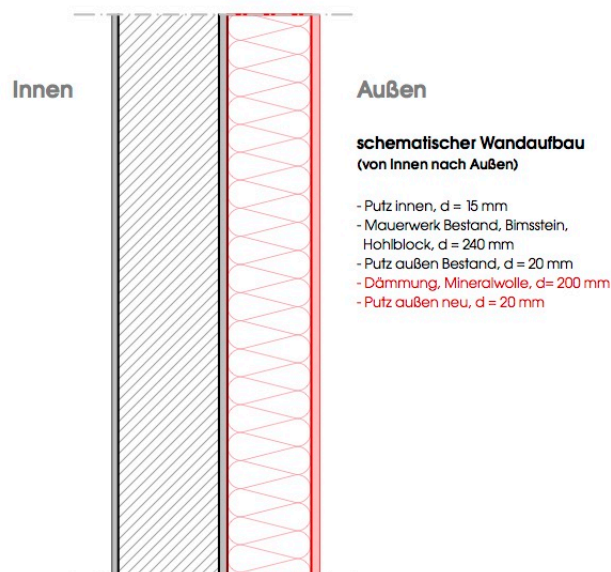


Abb. 15: Wandaufbau Standardkonstruktion, ohne Maßstab, bauart Architekten

### 4.1.1 Nachhaltigkeit von Mineralwolle

Prinzipiell werden erst einmal alle Wärmedämmverbundsysteme als klimaschonend bezeichnet, da durch die Dämmung von Gebäuden die Energieeffizienz gesteigert wird. Betrachtet man die Produkte, die als Dämmstoffe eingesetzt werden können, jedoch im Einzelnen, gibt es Unterschiede zwischen den genutzten Rohstoffen, zum Beispiel in der Herstellung und Verarbeitung, den Transportwegen sowie in der Ökobilanz.

Mineralwolle (Glas- oder Steinwolle) wird aus mineralischen Rohstoffen (z.B. Quarzsand, Kalk, Soda, Eisenerz, etc.) und Altglas hergestellt und besteht damit im Grunde aus natürlichen Materialien. Dabei wird das Materialgemisch bei 1.300 bis 1.600 Grad Celsius geschmolzen und zu Fasern versponnen. Im Herstellungsprozess (siehe "Herstellverfahren Mineralwolle" von Isover) werden zusätzlich Bindemittel für die Formgebung und die mechanischen Eigenschaften sowie Silikone für die wasserabweisenden Eigenschaften beigefügt. Je nach Höhe des Anteils an verwendeten Recyclingmaterialien verändert sich der Energiebedarf für die Produktion des Produktes. Insgesamt entsteht bei der Herstellung von Mineralwolle größere CO<sub>2</sub>-Emissionen und ein höherer Primärenergiebedarf als bei nachwachsenden Rohstoffen.<sup>30</sup>

Wie aus der Tabelle 1 zu entnehmen ist, liegt der Primärenergiebedarf von Steinwolle bei 150-400 kW/m<sup>3</sup>. Betrachtet man nur die synthetischen und mineralischen Dämmstoffe, hat Steinwolle einen vergleichsweise geringen Primärenergiebedarf im Gegensatz zu anderen herkömmlichen Dämmmaterialien.

<sup>30</sup> vgl. Hrsg. SAINT-GOBAIN ISOVER G+H AG, URL: <https://www.isover.de/herstellverfahren-mineralwolle>, Abruf vom 1.10.2020

**Tabelle1: CO<sub>2</sub>-Emissionen und Primärenergiebedarf für verschiedene Dämmstoffe<sup>31</sup>**

Herkunft	Material	CO <sub>2</sub> -Emissionen in der Herstellung in kg/m <sup>3</sup>	Primärenergiebedarf in kWh/m <sup>3</sup>
nachwachsend	Schafwolle	24,04-48,08	40-80
	Hanf	30,05-48,08	50-80
	Flachs	30,05-48,08	50-80
	Holzfaserdämmung (flexibel)	30,05-60,10	50-100
	Zellulose	42,07-60,10	70-100
	Holzweichfaser	360,60-901,50	600-1.500
	synthetisch	EPS	120,20-456,76
XPS		270,45-601,00	450-1.000
PUR		480,80-901,50	800-1.500
mineralisch	Blähperlit	54,09-96,16	90-160
	Steinwolle	90,15-240,40	150-400
	Glaswolle	150,25-300,50	250-500
	Blähglas	210,35-601,00	350-1.000
	Schaumglas	450,75-961,60	750-1.600

Im Bereich des Brandschutzes hat Steinwolle Vorteile im Gegensatz zu nachwachsenden Rohstoffen. Steinwolle wird als nichtbrennbar (Baustoffklasse A1) eingestuft, siehe Tabelle 2. Daher sind diese Produkte im Bereich des Brandschutzes bisher nicht durch nachwachsende Materialien zu ersetzen.

Des weiteren ist das Material bei einem fachgerechten Einbau sehr langlebig. Die Nutzungsdauer liegt bei Wärmedämmverbundsystemen bei 40 Jahren bei der Verwendung als Kerndämmung, Trittschalldämmung oder Zwischensparrendämmung sogar bei ≥ 50 Jahren.<sup>32</sup>

Probleme ergeben sich allerdings bei der Entsorgung von Mineralwolle. Da sie hauptsächlich aus mineralischen Rohstoffen besteht, ist sie thermisch nicht verwendbar. Ebenfalls ist Mineralwolle nicht volumenbeständig und somit für Deponien eher ungeeignet.<sup>33</sup>

Ein Recycling von Mineralwolle ist prinzipiell möglich. Allerdings müssen entsprechenden Strukturen sowie die Logistik hierfür noch entstehen. Abfälle oder Verschnitt der laufenden Produktion werden in der Regel direkt bei dem Hersteller recycelt.<sup>34</sup> Für Bauabfälle gibt es

<sup>31</sup> Tabelle: Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V.: MARKTÜBERSICHT Dämmstoffe aus nachwachsenden Rohstoffen, Naturbaustoffe, 2015, Seite 22

<sup>32</sup> vgl. Hrsg. Bundesministerium für Bau-, Stadt- und Raumforschung, Forschungsinitiative ZukunftsBAU, TU Berlin; Autoren: Frank U. Vogdt, Diana Fischer, Falk Schaudienst, Michael Schober: Leitfaden "Recyclingpotential von Mineralwolle, S. 10

<sup>33</sup> vgl. Hrsg. Bernard Kolb, Forum Nachhaltiges Bauen, URL: <https://nachhaltiges-bauen.de/baustoffe/Steinwolle>, Abruf vom 01.10.2020

<sup>34</sup> vgl. Hrsg. Bundesministerium für Bau-, Stadt- und Raumforschung, Forschungsinitiative ZukunftsBAU, TU Berlin; Autoren: Frank U. Vogdt, Diana Fischer, Falk Schaudienst, Michael Schober: Leitfaden "Recyclingpotential von Mineralwolle

bisher kaum Möglichkeiten der Rückführung. In Deutschland erfolgt eine freiwillige Rücknahme von Steinwolle der Firma Rockwool (Rockcycle). Dabei gibt es für sortenreinen Baustellenverschnitt von Rockwool Produkten einen Rücknahmeservice. Ebenfalls wird alte sortenreine Rockwool-Steinwolle Dämmung zurückgenommen, wenn die Sanierung mit neuen Rockwool-Dämmungen erfolgt (Alt gegen neu).<sup>35</sup> In der Schweiz gibt es von der Firma Flumrock ein ähnliches Rücknahmeangebot.

Rücknahmemöglichkeiten für Glaswolle sind uns derzeit nicht bekannt.

## 4.2 Konstruktionen aus nachhaltigen Baustoffen

Für eine energetische Sanierung der Außenfassade mit nachhaltigen bzw. nachwachsenden Materialien kommen für die Gebäude des Quellengrunds verschiedenen Konstruktionen in Betracht.

### 1) Wärmedämmverbundsysteme

Bei den Ausführungen von WDV-Systemen können an Stelle von Dämmmaterialien aus EPS oder Mineralwolle nachhaltige Dämmstoffe (zum Beispiel mit Dämmplatten aus Holzweichfasern) verwendet werden.

Auf dem Markt gibt es bereits zugelassene Systeme, die eine natureplus Zertifizierung oder Zertifizierung durch das IFB Rosenheim erhalten haben (z.B. StoTherm Wood, Z-33.43-925 oder GUTEX Thermowall WDVS, Z-33.47-660 und Z-33.43-942). Die entsprechenden Zulassungen decken eine Fassadendämmung bis Gebäudeklasse 3 ab.

In Abhängigkeit der möglichen Wärmeleitstufe des verwendeten Produktes können ggf. größere Dämmstärken im Vergleich zu der Verwendung von EPS- oder Mineralwoll-Dämmung erforderlich werden. Außerdem ist zu beachten, dass Holzweichfaserplatten einen sehr hohen Primärenergiebedarf aufweisen, der den von Mineralwolle mindestens um das 3-fache übersteigt (siehe Tabelle 1).

### 2) Holzrahmenkonstruktion

Eine weitere Möglichkeit besteht in der Ausführung einer gedämmten Holzrahmenkonstruktion. Hierbei wird auf einem tragenden Rahmen eine tafelförmige, aussteifende Beplankung aufgebracht. Es werden standardisierte Holzquerschnitte verwendet, die auf die gängigen Plattenmaße der Beplankung abgestimmt sind. Die Holzkonstruktion wird direkt auf die Fassade aufgebracht. Die Dämmung der Gefache kann z.B. mit nachhaltigen Einblasdämmstoffen (Holzfasern, Zellulose, etc.) erfolgen. Die Herstellung der Fassadenbekleidung kann mittels eines entsprechenden Putzsystems oder auch anderer Bekleidungen, wie z. B.

---

<sup>35</sup> vgl. Hrsg. DEUTSCHE ROCKWOOL GmbH & Co. KG, URL: <https://www.rockwool.de/services-und-tools/planungshilfen/abfallruecknahme-rockcycle/>, Abruf vom 1.10.2020



einer Holzverschalung erfolgen. Einzelne Komponenten sind mit einem natureplus Zertifikat zu erhalten. Für eine Verwendung ab der Gebäudeklasse 4 ist ein Brandschutzkonzept erforderlich, in dem die jeweiligen, spezifischen Besonderheiten der Projekte Berücksichtigung finden müssen.

### 3) Vorgefertigte Vorhangfassaden

Die Ausführung der vorgefertigten Fassadenelemente erfolgt in der Holztafelbauweise. Diese Fertigung lehnt sich vom Aufbau an die Holzrahmenbauweise an. Die Holztafelbauweise zeichnet sich durch einen höheren Grad der Vorfertigung aus. Hier werden zum Beispiel komplette Fassadenelemente inkl. Dämmung und Fenstern direkt zur Baustelle geliefert. Die Außenwandbekleidung kann optional auch auf der Baustelle ausgeführt werden. Auch bei dieser Konstruktion ist der Brandschutz im Einzelnen zu klären und abzustimmen.

Die Vorteile einer vorgefertigten Konstruktion sind jedoch:

- temperatur- und witterungsunabhängige Produktion der Fassadenelemente
- kürzere Montagezeit auf Grund der Vorfertigung im Werk
- gleichbleibende Qualität, hohe Präzision, Qualitätskontrolle im Werk
- keine Trocknungszeiten bei der Montage (konstruktionsabhängig)

## 4.2.1 nachhaltige Konstruktion - projektspezifisch

Für das Modellprojekt ist eine energetische Sanierung der Gebäudezeile mit vorgefertigten Vorhangelementen aus nachhaltigen Materialien geplant. Diese Vorgabe bildet die Grundlage für die auszuwählende Konstruktion.

Die folgenden Angaben zu Gebäudeklassen, Anforderungen an den Brandschutz, etc. sind projektspezifisch und können nach Gebäude und Bundesland abweichen.



Abb. 16: Gebäudezeile Ansicht Süd, bauart Architekten

Die 4 Gebäude der mittleren Gebäudezeile sind versetzt zueinander angeordnet. Aus Gründen des Brand- und Feuchteschutzes kann eine Konstruktion aus nachhaltigen, nachwachsenden Materialien nicht an allen Fassadenbereichen eingesetzt werden. Die Außenwände werden aus diesem Grund für die weitere Betrachtung in die folgenden 3 Bereiche eingeteilt:

- **Erdberührende Bauteile / Spritzbereich**

Das Kellergeschoss befindet sich nur zum Teil im Erdboden. Die Oberkante des Fertigfußbodens des Erdgeschosses liegt ca. bei 1,60 m über OKT. Aus dem Ergebnisbericht von Herrn Dr. Schulze Darup ist zu entnehmen, dass die Außenwände im Keller zu dämmen sind. Für die erdberührenden Bauteile bzw. den Spritzbereich ist ein herkömmlicher Konstruktionsaufbau mit feuchteresistenten Baustoffen erforderlich.

- **Brandwand**

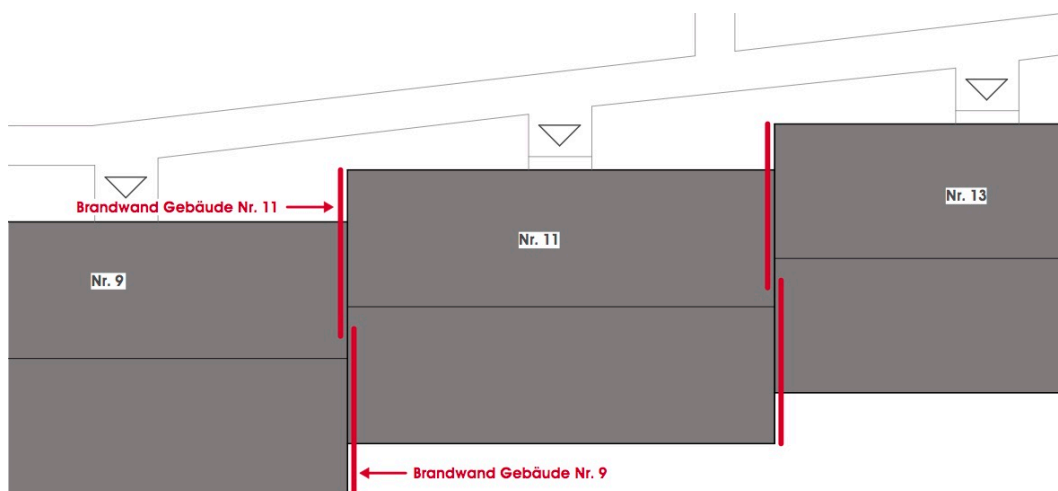


Abb. 17: schematische Darstellung Lage Brandwand: Ausschnitt Gebäudezeile, ohne Maßstab, bauart Architekten

Durch den Versatz der einzelnen Gebäude untereinander sind die Gebäudeabschlusswände in Teilen auch die Außenwände. Diese sind als Brandwand nach § 30 NBauO und § 8 Allgemeine Durchführungsverordnung zur Niedersächsischen Bauordnung (DVO-NBauO) in der Gebäudeklasse 4 wie folgt auszuführen:

- unter zusätzlicher mechanischer Beanspruchung hochfeuerhemmend
- außenseitige Oberflächen und Bekleidungen müssen einschl. der Unterkonstruktion und der Dämmstoffe nichtbrennbar (Baustoffklasse A1 oder A2 nach DIN 4109) sein.

Diese Anforderungen können mit vorgefertigten Konstruktionen aus nachhaltigen

gen, nachwachsenden Baustoffen nicht erreicht werden, da diese Dämmstoffe bzw. die Holzkonstruktion in die Baustoffklassen B1 oder B2 eingruppiert werden.

**Tabelle 2: Bausoffklasse von Wärmedämmstoffen**<sup>36</sup>

Dämmstoff	Baustoffklasse
Flachs- oder Hanfmattenmatten	B2
Holzfaserdämmplatten	B2
Holzwolleplatten, Holzwolleakustikplatten	B1
Korkplatte	B2
Schafwolle	B2
Zelluloseflocken	B2
Zelluloseplatten	B2
<b>konventionelle Dämmstoffe</b>	
Polysterol (exp.)	B1
Steinwolle	A1

Daher kommt für den Bereich der Brandwände kein System in Holztafelbauweise in Frage und es muss auf ein herkömmliches WDVS mit Mineralwolle, wie unter Punkt 2.2 beschrieben, zurückgegriffen werden. Die genaue Ausführung bzw. weitere mögliche Alternativen wären im Rahmen der Ausführungsplanung unter Hinzuziehung eines Sachverständigen für Brandschutz zu klären.

#### • Außenwand

Dieser Bereich betrifft alle Außenwände die nicht unter die zwei oben aufgeführten Punkte fallen.

Für die Erstellung der vorgefertigten Holztafelelemente müssen die folgenden Anforderungen für Außenwände in der Gebäudeklasse 4 nach § 28 NBauO und § 6 DVO-NBauO erfüllt werden:

- Außenseitige Oberflächen und Bekleidungen von Außenwände einschl. der Dämmstoffe und Unterkonstruktion müssen schwerentflammbar sein (Baustoffklasse B1 nach DIN 4102-1).
- Unterkonstruktionen außenseitiger Bekleidungen dürfen aus normalentflammbaren Baustoffen (Baustoffklasse B2 nach DIN 4102-1) bestehen, wenn die Brandausbreitung auf und in den Außenwänden ausreichend lang begrenzt ist.

Holz wird der Baustoffklasse B2 zugeordnet, daher kann die Tragkonstruktion entsprechend hergestellt werden. Für das Dämm-Material können nach der Tabelle

<sup>36</sup> Tabelle: Aus unserer Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V.: MARKTÜBERSICHT Dämmstoffe aus nachwachsenden Rohstoffen, Naturbaustoffe, 2015, Seite 12

2 Holzwolleplatten verwendet werden, da diese die Anforderung B1 erfüllen. Welche Maßnahmen zur Begrenzung der Brandausbreitung getroffen werden müssen, sind im Einzelnen mit einem Sachverständigen für Brandschutz abzustimmen. Vermutlich werden Dämmeinlagen aus Mineralwolle oder der Einbau anderer Materialien erforderlich. Auch die weiteren verwendeten Produkte müssen entsprechend der vorgegebenen Baustoffklasse überprüft werden. Ggf. kann es hier Schwierigkeiten bei der Produktauswahl geben, da die meisten natürlichen Baustoffe in die Baustoffklasse B2 einzusortieren sind.

Für das serielle Sanieren von Gebäuden der Gebäudeklasse 4 wird auf Grund der Anforderungen an den Brandschutz hauptsächlich Mineralwolle als Dämmmaterial eingesetzt. Ein exemplarischer Aufbau ist der Abb. 10 zu entnehmen. Eine mögliche Verwendung von nachhaltigen Baustoffen aus nachwachsenden Rohstoffen ist im Einzelnen mit einem Sachverständigen für Brandschutz sowie mit der zuständigen Bauordnung abzustimmen.

schematischer Wandaufbau Außenwand für die Gebäudeklasse 4:



Abb. 18: Wandaufbau für GK 4, ohne Maßstab, bauart Architekten

## 4.2.2 Hinweise zur Gebäudeklasse

Bei der Gebäudeklasse 1-3 entfallen die unter Punkt 3.4.1 beschriebenen Anforderungen für die außenseitigen Oberflächen und Bekleidungen der Außenwände (§ 6 DVO-NBauO, Abs. 5). Eine Vorhangkonstruktion aus nachhaltigen Baustoffen wäre unter diesen Umständen einfacher umzusetzen.

Alternativ: schematischer Wandaufbau Außenwand für die Gebäudeklasse 3:

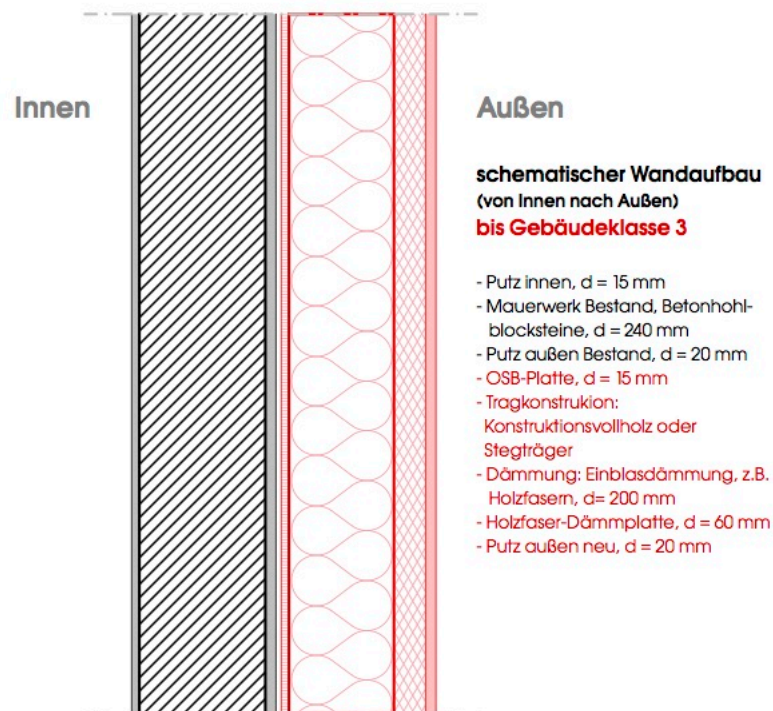


Abb. 19: Wandaufbau für GK 3, ohne Maßstab, bauart Architekten

Brandwände/ Gebäudeabschlusswände sind in der Gebäudeklasse 3 nach § 30 NBauO und § 8 DVO-NBauO wie folgt auszuführen:

- innere Brandwände: hochfeuerhemmend (F60)
- Gebäudeabschlusswände: feuerhemmend (F30) von Innen nach Außen  
feuerbeständig (F90) von Außen nach Innen

Für die Eingruppierung eines Gebäudes in die Gebäudeklassen nach §2 der NBauO wird die Höhe der Fußbodenoberkante des höchstgelegenen Aufenthaltsraumes über der Geländeoberfläche im Mittel betrachtet. Unter die Gebäudeklasse 3 fallen sonstige Gebäude mit einer Höhe bis zu 7 m.

Bei der gewählten Gebäudezeile (ohne Quellengrund 13) liegt diese Höhe zwischen 7,16 m und 7,19 m, also nur knapp oberhalb der 7 m.

Könnte die Gebäudeklasse 3 bei der Gebäudezeile erreicht werden, würden sich umfangreiche Vereinfachungen in der Umsetzung ergeben. Daher empfehlen wir im Rahmen der Umsetzungsplanung der Gesamtmaßnahme zu diesem Punkt Gespräche mit der Bauordnung unter dem Hinzuziehen eines Sachverständigen für Brandschutz anzustreben. Gegebenenfalls kann eine Befreiung von § 2, Absatz 3 in Bezug auf die Gebäudeklasse im Rahmen der Baugenehmigung auf Grund geringer Abweichung zugelassen werden.

Des weiteren sollte die Alternative erörtert werden ob in diesem Fall eine Anhebung des Geländes in Betracht gezogen werden kann. Dabei würde man das Gelände um die Gebäudezeile herum neu modellieren. Im Bereich der Eingänge (Nordseite) entfallen dann die Podeste. Auf der Südseite wird das Gelände ebenfalls angehoben. Hier müssen die Kellerabgänge entsprechend angepasst werden.

Wird das Erreichen der Gebäudeklasse 3 für alle Gebäude angestrebt, kann die Wohneinheit im Dachgeschoss von Quellengrund 13 nicht erhalten werden. Es besteht aber auch die Möglichkeit das Gebäude Quellengrund 13 gesondert mit der Gebäudeklasse 4 zu betrachten.

## 4.3 Kostengegenüberstellung: Standard - Nachhaltig

Dieser Punkt soll einen Überblick geben, in welchem Rahmen sich die Kosten für eine serielle Sanierung der Außenwand mit nachhaltigen Materialien in Bezug auf die Standardkonstruktion mit Mineralwolle bewegen. Hierbei wird bei den angegebenen Kosten ausschließlich der Wandaufbau inklusive der notwendigen Befestigungsmittel betrachtet.

Folgenden Punkte werden im Quadratmeterpreis nicht berücksichtigt.

- Untergundvorbereitung (losen Putz oder Metallteile entfernen, etc.)
- Fenster
- alle Werte sind inkl. 19% Mehrwertsteuer angegeben

### 4.3.1 Kosten Standardkonstruktion mit Minerallwolle

Die Angabe der Kosten für die Standardkonstruktion (WDVS mit Mineralwolle) basiert auf verschiedenen Grundlagen. Diese Grundlagen sind im Folgenden zusammengestellt.

Für alle angegebenen Preise erfolgte eine Indexanpassung auf den Baupreisindex für Wohngebäude, Stand II/2020 = 117,7.

- **ALTBAU modern sanieren, proKlima**

Dämmung Außenwand inkl. Putz und Anstrich

- WDVS 135 - 185 €/qm brutto <sup>37</sup>

Die angegebenen Preisen beziehen sich auf geförderte Wärmedämmverbundsysteme an Außenwänden (ca. 18-20 cm). Vermutlich erfolgte die Dämmung der Wohngebäuden zum größten Teil mit EPS, so dass sich der Preis für Mineralwolle eher am oberen Ende der Preisspanne abzeichnet.

- **Baukosten 2018**

Wärmedämmverbundsystem inkl. notwendiger Vorarbeiten, ca. 14-18 cm Wärmedämmung, armiertem Kunstharz- / Mineralputz und Randabschlussprofilen

- WDVS, PS-Hartschaum 126 €/qm brutto, Mittelwert
- WDVS, Mineralfaser 150 €/qm brutto, Mittelwert  
160 €/qm brutto, Höchstwert <sup>38</sup>

In den angegebenen Preisen sind keine Einflussfaktoren für Kostenabweichungen enthalten. Die angegebenen Preise beziehen sich auf eine Dämmstärkenpanne. Da bei der Standardkonstruktion eine Dämmstärke von 20 cm vorgesehen ist, kann hier von einem Preis im Bereich des Höchstwertes ausgegangen werden. Der Mehrpreis für Mineralwolle zu PS-Hartschaum wird in dieser Quelle mit ca. 19% angegeben.

- **BKI Baukosten 2019 Neubau, Bauelemente**

Außenwandbekleidungen, außen für Wohngebäude, Mehrfamilienhäuser (MFH) mit bis zu 6 - 19 Wohneinheiten

- mittlerer Standard 136 €/qm brutto, Mittelwert  
168 €/qm brutto, Höchstwert <sup>39</sup>

Bei den Angaben zur Außenwandbekleidung erfolgt keine Differenzierung der verwendeten Materialien sowie der Dämmstärken. Wir gehen davon aus, dass aus Kostengründen hauptsächlich Bauteile nach den Vorgaben der EnEV mit Dämmstoffen aus PS-Hartschaum gedämmt wurden. Für die Kosten der Standardkonstruktion Mineralwolle gehen wir daher mindestens von dem Höchstwert aus.

---

<sup>37</sup> vgl. proKlima: ALTBAU modern sanieren, Weniger Kosten - mehr Komfort, 02.2013, Seite 16

<sup>38</sup> vgl. Verlag für Wirtschaft und Verwaltung Hubert Wingen GmbH & Co., Schmitz/ Krings/ Dahlhaus/ Meisel: Baukosten 2018, Band 1, Instandsetzung, Sanierung, Modernisierung, Umnutzung, 23. Auflage, 2018, Seite 114

<sup>39</sup> vgl. BKI Baukosteninformationszentrum: BKI Baukosten 2019 Neubau, Statistische Kostenkennwerte für Bauelemente, 2019, Seite 325

- **BKI Baukosten 2018 Altbau, Positionen**

WDVS im Klebeverfahren, einschl. konstruktiver Dübelung und Armierung mit vollflächiger Gewebeeinlage, Dämmstärke 20 cm (Putz, Anstrich sowie Eckenschutzschienen und Tropfkantenprofile sind gesondert gerechnet)

- WDVS, PS-Hartschaum 106 €/qm brutto, Mittelwert
- WDVS, Mineralfaser 116 €/qm brutto, Mittelwert <sup>40</sup>

Putz, Anstrich und Kantenprofile sind in diesem Preis nicht enthalten und können somit nicht vergleichend herangezogen werden. Allerdings kann hieraus ein Mehrpreis für Mineralwolle zu PS-Hartschaum von ca. 10 % abgeleitet werden.

- **Auswertung Projekte, bauart Architekten**

Energetische Modernisierung MFH, Hannover

Auswertung von Angeboten zur Ausführung WDVS mit Mineralwolle, 16 cm, WLS 035, ohne Sockeldämmung

- WDVS, Mineralfaser 182 €/qm brutto, Mittelwert
- umgesetzt 179 €/qm brutto

Energetische Modernisierung MFH, Hinterhaus, Hannover

Ausführung WDVS mit Mineralwolle 18 cm, WLS 035, ohne Sockeldämmung

- WDVS, 18cm 177 €/qm brutto, Mittelwert
- WDVS, 20 cm 182 €/qm brutto, Mittelwert
- umgesetzt (20 cm) 168 €/qm brutto

### **Fazit Standardkonstruktion Mineralwolle**

Auf Grund der oben aufgeführten Zusammenstellung ergibt sich eine Preisspanne für eine Wärmedämmung mit Mineralwolle (18-20 cm) von ca. **160-180 €/qm brutto**.

---

<sup>40</sup> vgl.:BKI Baukosteninformationszentrum: BKI Baukosten 2018 Altbau, Statistische Kostenkennwerte für Positionen, 2018, Seite 271



### 4.3.2 Kosten Konstruktionen aus nachhaltige Baustoffen

Die Angabe der Kosten für die Konstruktionen aus nachwachsenden Rohstoffen basiert auf verschiedenen Grundlagen. Diese Grundlagen sind im Folgenden zusammengestellt. Für alle angegebenen Preise erfolgte eine Indexanpassung auf den Baupreisindex für Wohngebäude, Stand II/2020 = 117,7.

- **Auswertung handwerkliche Fertigung**

Neubau Einfamilienhaus (EFH), Ronnenberg, bauart Architekten

Holzrahmen mit FJI-Trägern und Holzweichfaserplatte auf Mauerwerk, Einblasdämmung (Zellulose), d = 30 cm, Bekleidung mit Putz oder Holzverkleidung

- Konstruktion ohne Putz	170 €/qm brutto, Mittelwert
- Putzflächen	137 €/qm brutto, Mittelwert
- gesamt	307 €/qm brutto, Mittelwert
- umgesetzt	230 €/qm brutto

Bei dem Objekt wurden lediglich Kleinmengen als Putzflächen ausgebildet. Daher ergibt sich bei der Auswertung ein relativ hoher Durchschnittspreis für die Erstellung der Putzflächen. Ein üblicher Kostenansatz für die Ausführung der Putzarbeiten bei Kleinmengen liegt eher bei ca. 60 bis 70 €/qm brutto.

Wird dies berücksichtigt, ergeben sich Kosten von ca. 240 €/qm brutto für diese Fassadenkonstruktion. Dieser Wert liegt im Bereich der Mindestbieter mit ca. 230 €/qm brutto.

#### **Fazit handwerkliche Fertigung**

Bei der Fertigung einer nachhaltigen Fassadenkonstruktion bei EFH auf der Baustelle ergeben sich in Bezug auf die Standardkonstruktion mit Mineralwolle Mehrkosten um ca. 30%.

- **Auswertung Teilvorfertigung**

Modernisierung MFH (Abfrage Zimmerei I, Gebäudeklasse 3 (GK 3))

Tafelbauweise mit Doppelstegträger, Weichfaserplatten und Zellulosedämmung eingeblasen, Außenputz, Aufbaustärke d= 30 cm, Teilvorfertigung

-	310 - 380 €/qm brutto
---	-----------------------

#### **Fazit Teilvorfertigung**

Bei der Teilvorfertigung für den Gebäudebereich der Gebäudeklasse 3 entstehen durch die Berücksichtigung von Brandschutzanforderungen, den aufwendigeren statischen Haltekonstruktionen und dem Einsatz von Kranfahrzeugen bei der Montage höhere Kosten, als bei der handwerklichen Fertigung im EFH-Bereich.

- **Auswertung serielle Fertigung**

energetische Modernisierung MFH, GK 4, Hannover, bauart Architekten  
vorgefertigte Holztafelbauelemente mit Putzfassade und Mineralwollerdämmung mit d = 24 cm und Steinwollelammelle mit d = 4 cm, inkl. Auflager und Befestigungsmittel (ohne Fenster und Baustelleneinrichtung)

- 445 €/qm brutto

Modernisierung MFH (Abfrage Zimmerei II)

vorgehängte Konstruktion in Holztafelbauweise inkl. Befestigungen und Außenputz

- Konstruktion	237 €/qm brutto
- Putz	58 €/qm brutto
- Brandschutz (ab GK4)	88 - 100 €/qm brutto
- gesamt	ca. 385 €/qm brutto

Neubau MFH, Hannover

Stahlbetonskelett mit vorgefertigten Holzrahmenelementen (OSB-Beplankung Innen, Aquapanel Außen), Zellulosedämmung mit d = 28 cm und Außenputz, inkl. Auflager und Befestigungsmittel (ohne Fenster und Baustelleneinrichtung)

- Fassadenelement ca. 405 €/qm brutto

Neubau MFH, Hannover

Holzrahmenkonstruktion aus Konstruktionsvollholz, Mineralfaserdämmung mit d = 28 cm und Holzschalung, inkl. Auflager und Befestigungsmittel (ohne Fenster und Baustelleneinrichtung)

- Fassadenelement ca. 550 €/qm brutto

### **Fazit nachhaltige serielle Fertigung**

Auf Grund der Auswertung ergeben sich für vorgefertigte Fassadenelemente folgende Preisspannen:

ca. **380 - 550 €/qm brutto**

Die Bewertung der Kosten für vorgefertigte Fassadenelemente ist sehr stark abhängig von der gewählten Fassadenkonstruktion (Materialien, Aufbau), den Vorgaben aus der Tragwerksplanung (Art und Ausführung der Befestigung) sowie den Vorgaben aus dem Brandschutz in Abhängigkeit der Gebäudeklasse. Diese Faktoren können den Preis unterschiedlich stark beeinflussen, was zu der angegebenen großen Preisspanne führt.

### 4.3.3 Kostenübersicht und Kostenbewertung

Die Ergebnisse (Punkte 4.3.1, 4.3.2) sind in der folgenden Abbildung zusammengefasst.

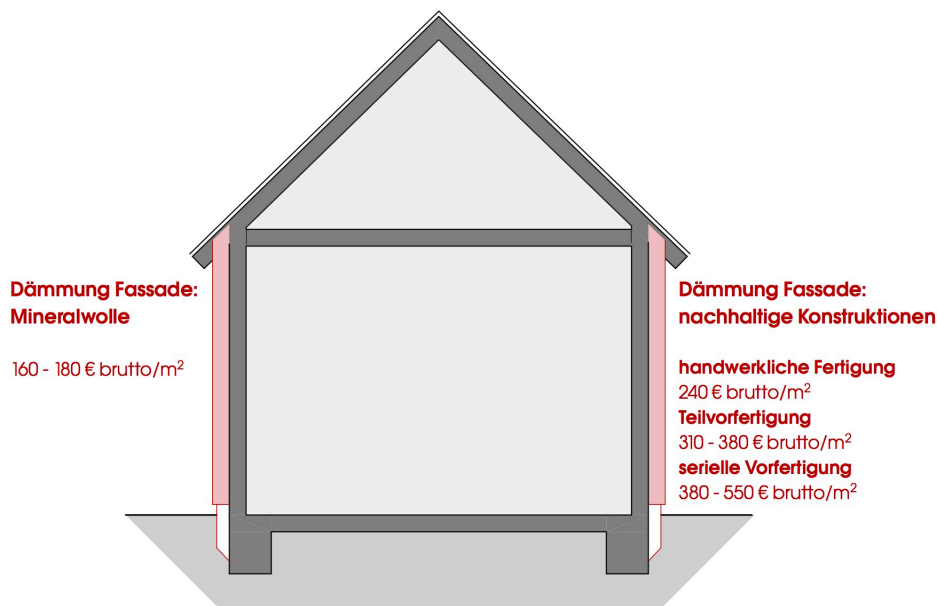


Abb. 20: Kostenübersicht Fassade, bauart Architekten

Vorgefertigte Fassadenkonstruktionen bieten heute schon im Neubaubereich eine Alternative zu anderen Wandaufbauten. Auch teilvorgefertigte Vorwandkonstruktionen stellen im Bereich der Gebäudeklasse 3 eine annähernd konkurrenzfähige Alternative dar. Wie jedoch die unter Punkt 1.1.2 aufgezeigten Preisspannen zeigen, ist bei Bestandsgebäuden ab der Gebäudeklasse 4 die Montage komplett vorgefertigter Fassadenelemente zur Standardkonstruktion eines WDVS mit Mineralwolle noch nicht konkurrenzfähig. Der Mehrpreis liegt bei mindestens ca. 200 €/qm brutto, so dass eine seriell vorgefertigte Fassade mehr als doppelte so teuer ist, wie ein energetisch vergleichbares WDVS.

Aus unserer Sicht gibt es dafür verschiedene Gründe:

- Ein Wärmedämmverbundsystem ist eine übliche Konstruktion, die schon lange am Markt besteht und erprobt ist. Alle notwendigen Zulassungen liegen vor und die Firmen haben das notwendige Fachwissen für die Montage. Im Gegensatz dazu befinden sich vorgefertigte Elemente noch in der "Entwicklung".
- Für vorgefertigte Fassadenelemente entstehen zusätzliche Kosten, um die Anforderungen an den Brandschutz zu erfüllen. Die Höhe dieser Kosten hängen stark von der Gebäudeklasse, vom Brandschutzkonzept und den gewählten Materialien ab. Produkte aus nachwachsenden Rohstoffen müssen ersetzt oder zusätzlich gekapselt werden.

- Vorgefertigte Elemente können in der Regel nicht direkt an den Außenwänden befestigt werden. Sie benötigen eigene Fundamente oder aufwendige Haltekonsolen, die in verschiedenen Ebenen des Gebäudes mit Anbindung an die Decken montiert werden. Die Kosten dafür liegen bei ca. 50,- € brutto/qm.
- Da es noch keine zugelassenen Systeme gibt, werden zusätzliche Kosten für Planungsleistungen im Bereich Brandschutz, Tragwerk und Konstruktion erforderlich.

Nur durch die Entwicklung von standardisierten Vorhangfassadenelementen mit entsprechender bauaufsichtlicher Zulassung können bei steigender Nachfrage und vereinfachter Planung die Preise sinken und somit der Anreiz zu deren Einsatz für die Immobilienbesitzer gesteigert werden. Aus unserer Sicht ist dies jedoch nur unter Berücksichtigung nachhaltiger Aspekte bei der Auswahl der Baumaterialien zukunftsweisend.

## 5 Dämmung Dach und oberste Geschossdecke

In zahlreichen Bestandsgebäuden befinden sich ungedämmte Dachgeschosse. Da die Wärme nach oben aufsteigt, geht über diese Flächen viel Energie verloren. Dies kann im Bereich des Daches bis zu 35% betragen<sup>41</sup>. Es bietet sich daher an, das Dach oder die oberste Geschossdecke zu dämmen. Um die richtige Variante zu wählen, sollte im Vorfeld genau überlegt werden, ob die Möglichkeit oder der Wunsch zum Ausbau des Dachgeschosses besteht.

Um bauphysikalischen Schäden oder Mängeln bei der Modernisierung von Bestandsgebäuden vorzubeugen, "hat es sich (...) bewährt, mit gleichartigen Materialien und Konstruktionssystemen (...) weiterzubauen."<sup>42</sup> Daher eignen sich nachhaltige, nachwachsende Bauprodukte besonders gut für Bereiche, in denen bereits nachwachsende Rohstoffe verbaut wurden (z.B. Dachstühle, Holzbalkendecken, etc.) eingesetzt wurden.

Wie man den Abbildungen aus dem Kapitel 2.4 entnehmen kann, sind besonders Einblasdämmstoffe für das Dämmen des Daches oder der obersten Geschossdecke zu bevorzugen. Sie weisen zum einen sehr gute Eigenschaften im sommerlichen Wärmeschutz und im Feuchteverhalten auf. Zum anderen stellen diese Dämmstoffe mittlerweile eine kostengünstig Alternative zu herkömmlichen Materialien dar und weisen nur einen geringen Primärenergieinhalt auf. Aus diesen Gründen werden wir im Weiterem nur auf Dämmungen mit nachhaltigen Baustoffen eingehen.

### 5.1 Konstruktionen aus nachhaltigen Baustoffen

Für den Bereich der Dachdämmung stehen verschiedenen Ausführungsmöglichkeiten zur Verfügung. Üblicherweise wird bei Bestandsdächern der Sparrenzwischenraum ausgedämmt. Oft reicht jedoch die Sparrenhöhe im Bestand nicht aus, um die energetischen Anforderungen zu erreichen. Die Zwischensparrendämmung kann dann durch eine zusätzliche Untersparren- oder Aufsparrendämmung bzw. Aufdopplung der Bestandssparren ergänzt werden. Es ist auch möglich ausschließlich mit einer Aufsparrendämmung zu arbeiten.<sup>43</sup>

---

<sup>41</sup> vgl.: Deutsche Bundesstiftung Umwelt, Osnabrück: Mehrwert statt Mehrkosten, Auch für Ihr Haus!, 01.2008, S. 6

<sup>42</sup> Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V.: MARKTÜBERSICHT Dämmstoffe aus nachwachsenden Rohstoffen, Naturbaustoffe, 2015, S. 19

<sup>43</sup> vgl.: Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V.: ALTBAUSANIERUNG mit nachwachsenden Rohstoffen, Naturbaustoffe, 2014, S. 43-44

Die Auswahl des geeigneten Systems und Materials muss jeweils im Einzelfall auf das Objekt abgestimmt sein. Aspekte der Statik und des Brandschutzes sind ebenfalls in die Auswahl mit einzubeziehen. Die folgenden Abbildungen stellen exemplarisch zwei Beispiele dar, wie eine Dämmung im Dach mit Einblasdämmstoffen ausgeführt werden kann.

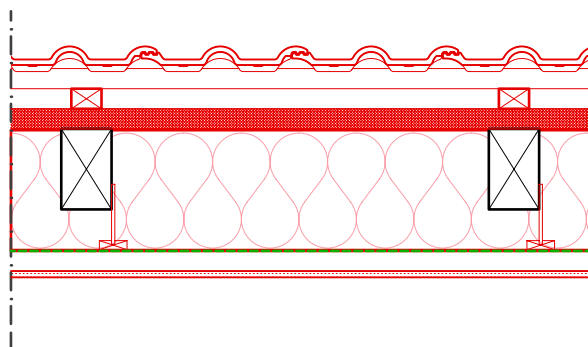


Abb. 21: Beispieldetail Dämmung Dach, ohne Maßstab,  
bauart Architekten

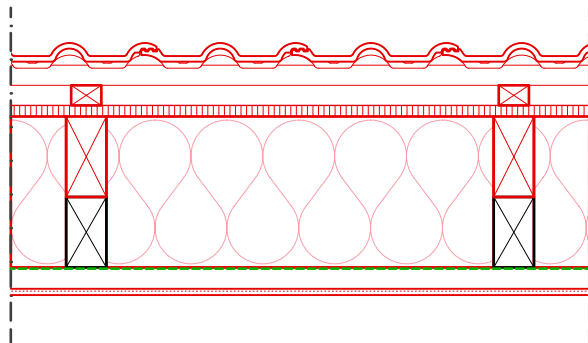


Abb. 22: Beispieldetail Dämmung Dach, ohne Maßstab,  
bauart Architekten

Können oder sollen Dachgeschosse nicht ausgebaut werden, ist auch das Dämmen der obersten Geschossdecke möglich. Dabei ist es meistens am einfachsten und kostengünstigsten die Decke von oben zu dämmen.<sup>44</sup> Je nach Deckenkonstruktion Bestand und Erfordernis einer Begehbarkeit, kann zwischen verschiedenen Ausführungsmöglichkeiten gewählt werden: z.B. Auslegen von Dämm-Matten kreuzweise in zwei Lagen ggf. auch mit

<sup>44</sup> vgl. Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V.: ALTBAUSANIERUNG mit nachwachsenden Rohstoffen, Naturbaustoffe, 2014, Seite 42

Kanthölzern und Gehbelag, Vollsparrendämmung zwischen Bestandssparren aber auch eine unterseitige Deckendämmung ist denkbar. Auch dieser Bereich bietet vielfältige Möglichkeiten für den Einsatz nachwachsender, nachhaltiger Dämmstoffe. Die Aspekte der Statik und des Brandschutzes sind zu berücksichtigen.<sup>45</sup>

Das folgende schematische Beispiel zeigt eine begehbare Zwischensparrendämmung mit Einblasdämmstoff im Bereich der Gefache.

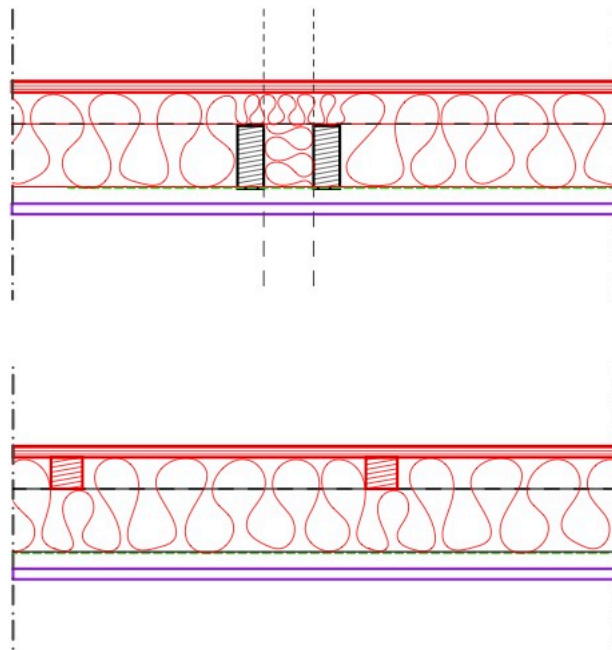


Abb. 23: Beispieldetail oberste Geschossdecke, ohne Maßstab,  
bauart Architekten

Zu beachten ist, dass bei Dämm-Maßnahmen der obersten Geschossdecke der Bereich des Anschlusses zur Dachschräge bei Holzbalkendecken luftdicht ausgeführt werden muss.

<sup>45</sup> vgl.: Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V.: ALTBAUSANIERUNG mit nachwachsenden Rohstoffen, Naturbaustoffe, 2014, S. 41

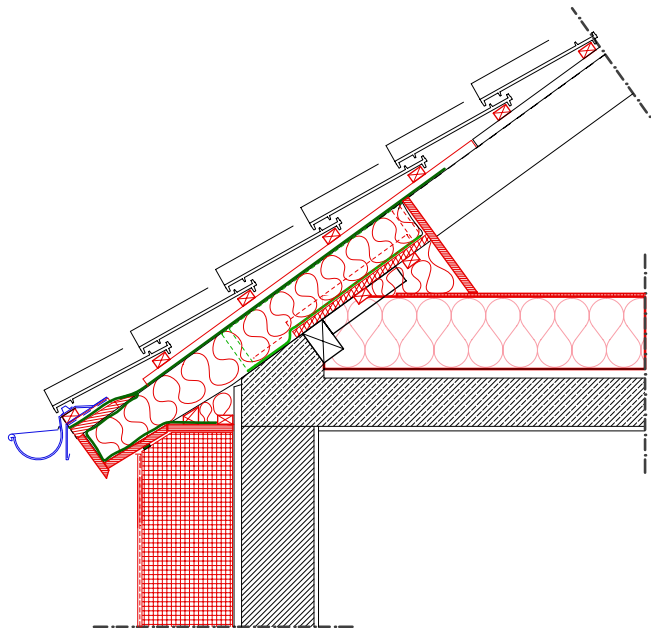


Abb. 24: Beispieldetail oberste Geschossdecke und Anschluss an Fassade ndämmung, ohne Maßstab, bauart Architekten

Bei Stahlbetondecken im Bestand lassen sich die obersten Geschossdecken einfach dämmen. Bei der Umsetzung sollte immer das ganzheitliche energetische Konzept berücksichtigt werden, um eine lückenlose "warme Hülle" herzustellen (siehe Abbildung 24). Auch wenn zum Beispiel eine Fassadendämmung zu einem späteren Zeitpunkt geplant ist, sollten die Anschlüsse und Übergänge schon entsprechend vorbereitet werden. So können Wärmebrücken minimiert oder ganz vermieden werden.

## 5.2 Kostengegenüberstellung: Dach - oberste Geschossdecke

Die folgende Auswertung zeigt die Preisspanne, in der sich die Kosten für eine Dämmung des Daches sowie der obersten Geschossdecke unter Verwendung nachhaltiger Materialien bewegen.

Folgenden Punkte werden im Quadratmeterpreis nicht berücksichtigt.

- Dachflächenfenster
- alle Werte sind inkl. 19% Mehrwertsteuer angegeben



Die Angabe der Kosten für die Dämmung der Dachfläche bzw. der obersten Geschossdecke basiert auf verschiedenen Grundlagen, die im Folgenden zusammengestellt sind. Für alle angegebenen Preise erfolgte eine Indexanpassung auf den Baupreisindex für Wohngebäude, Stand II/2020 = 117,7.

## 5.2.1 Kosten nachhaltige Dämmung Dach

- **ALTBAU modern sanieren, proKlima**

Dämmung Dach inkl. neuer Eindeckung,  $U_{\text{Dach}} = 0,15 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$

- Dämmfläche 246 - 283 €/qm brutto

Dämmung oberste inkl. eines begehbaren Belags  $U_{\text{Decke}} = 0,15 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$

- Dämmfläche 62 - 111 €/qm brutto<sup>46</sup>

Die Preise beziehen sich auf geförderte Dämmflächen. Dabei wird auf die Auswahl der Materialien nicht weiter eingegangen.

- **Baukosten 2018**

Wärmedämmende Schichten einbauen als separate Maßnahme oder im Zusammenhang mit der Dacherneuerungen, inkl. Vorarbeiten,  $d = 14\text{-}18 \text{ cm}$

- lose Dämmstoffe in Dächer einblasen 37 - 49 €/qm brutto

- Dachdämmung, Mineralfaser 37 - 47 €/qm brutto<sup>47</sup>

Wärmedämmende Schichten einbauen als separate Maßnahme oder im Zusammenhang mit der Deckenbekleidungen, inkl. Vorarbeiten,  $d = 12\text{-}16 \text{ cm}$

- Dämmung, PS- Hartschaum 33 - 45 €/qm brutto

- Dämmung, Mineralfaser 38 - 45 €/qm brutto

- Zellulose-Dämmschüttung in Decken 32 - 41 €/qm brutto

- lose Dämmstoffe in Decken einblasen 35 - 43 €/qm brutto<sup>48</sup>

Die Preisspannen für die Dämmung der Dachflächen enthalten keinen Kostenansatz für die Erneuerung der Dacheindeckung. Die angegebenen Preise beziehen sich jeweils auf eine Dämmstärkenspanne. Es ist lediglich von einer Zwi-

---

<sup>46</sup> vgl. proKlima: ALTBAU modern sanieren, Weniger Kosten - mehr Komfort, 02.2013, Seite 16

<sup>47</sup> vgl. Verlag für Wirtschaft und Verwaltung Hubert Wingen GmbH & Co., Schmitz/ Krings/ Dahlhaus/ Meisel: Baukosten 2018, Band 1, Instandsetzung, Sanierung, Modernisierung, Umnutzung, 23. Auflage, 2018, Seite 203

<sup>48</sup> vgl. Verlag für Wirtschaft und Verwaltung Hubert Wingen GmbH & Co., Schmitz/ Krings/ Dahlhaus/ Meisel: Baukosten 2018, Band 1, Instandsetzung, Sanierung, Modernisierung, Umnutzung, 23. Auflage, 2018, Seite 180

schensparrendämmung auszugehen.

Um die aktuellen Förderbedingungen zu erfüllen, müsste bei Dämmung der obersten Geschossdecke bzw. des Daches eher eine Dämmstärke von ca. 25-28 cm angesetzt werden. Daher sind zusätzliche Kosten für eine Unter- oder Aufsparrendämmung bzw. eine Aufdopplung der Sparren mit einzubeziehen. Es ist aber zu erkennen, dass sich die Kosten der reinen Dämm-Maßnahme mit unterschiedlichen Materialien bei einer Dachdämmung und Dämmung der obersten Geschossdecke in einem ähnlichen Preisrahmen bewegen.

- **Auswertung Projekte, bauart Architekten**

Die angegebenen Preisspannen zeigen den Rahmen der eingegangenen Angebote für das jeweilige Bauvorhaben an. Die tatsächlichen Kosten der umgesetzten Maßnahme werden durch das untere Ende der Preisspanne dargestellt.

### **Neubau Dächer**

Neubau EFH, Hannover

Sparrendach aus FJI-Trägern, Dämmung mit Zellulose d = 40 cm, inkl. Dacheindeckung (Zink) und Entwässerung

- Zimmer- und Holzbauarbeiten	157 - 225 €/qm brutto
- Dachdeckungsarbeiten	288 - 460 €/qm brutto
- Dämmarbeiten	42 - 48 €/qm brutto
- umgesetzt	487 €/qm brutto

Bei diesem Projekt wurde ein Zinkdach verbaut, weshalb die Kosten für die Dacharbeiten hier deutlich über den üblichen Werten liegen. Die Differenz zwischen einer Bedachung aus Zink und Tonziegeln liegt bei ca. 120 €/qm brutto. Unter Berücksichtigung dieser Angabe können wir für dieses Objekt folgenden Preis ansetzen: 365 €/qm brutto.

Neubau EFH, Ronnenberg

Sparrendach aus FJI-Trägern, Dämmung mit Zellulose d = 40 cm, inkl. Dacheindeckung und Entwässerung

- Zimmer- und Holzbauarbeiten	199 - 210 €/qm brutto
- Dachdeckungsarbeiten	124 - 162 €/qm brutto
- Dämmarbeiten	42 - 54 €/qm brutto
- umgesetzt	365 €/qm brutto

Neubau EFH in Hannover

Pultdach aus FJI-Trägern, Dämmung mit Zellulose d = 40 cm, inkl. Dacheindeckung und Entwässerung

- Zimmer- und Holzbauarbeiten	128 - 150 €/qm brutto
- Dachdeckungsarbeiten	158 - 259 €/qm brutto
- Dämmarbeiten	30 - 40 €/qm brutto
- umgesetzt	316 €/qm brutto

### **Dämmung Dachflächen Bestand**

Modernisierung Doppelhaushälfte (DHH), Hannover

Sparrendach, Aufdopplung der Bestandssparren mit Kanthölzern, Dämmung aus Zellulose d = 30 cm, inkl. Dachneueindeckung, Entwässerung, Brandschutz

- Zimmer- und Holzbauarbeiten	129 - 145 €/qm brutto
- Dachdeckungsarbeiten	116 - 146 €/qm brutto
- Dämmarbeiten	30 - 33 €/qm brutto
- umgesetzt	275 €/qm brutto

Modernisierung Reihenendhaus, Hannover

Sparrendach, Aufdopplung der Bestandssparren mit Kanthölzern, Dämmung aus Zellulose d = 30 cm, inkl. Dachneueindeckung, Entwässerung, Brandschutz

- Zimmer- und Holzbauarbeiten	152 - 324 €/qm brutto
- Dachdeckungsarbeiten	99 - 107 €/qm brutto
- Dämmarbeiten	30 €/qm brutto
- umgesetzt	281 €/qm brutto

Modernisierung EFH freistehend, Nordstemmen

Sparrendach, Aufdopplung der Bestandssparren Zwischensparrendämmung + Aufsparrendämmung mit Holzfaserdämmplatten d = 32 cm, inkl. Dachneueindeckung und Entwässerung (ohne Gerüst, ohne DFF, ohne Demontage der Altdämmung) 270 €/qm brutto

Im Vergleich zu den folgenden ausgewerteten Projekten ist der Preis bei einem freistehenden EFH geringer, da hier keine Anforderungen an den Brandschutz erfüllt werden müssen.

Auswertung von Direktangeboten verschiedener Modernisierungen (DHH und RH), Hannover

Aufdopplung der Bestandssparren + Aufsparrendämmung mit Holzfaserdämmplatte mit d = 32 cm, inkl. Dachneueindeckung und Entwässerung sowie Brandschutz zum Nachbarn (ohne Gerüst, ohne Dachflächenfenster, ohne Demontage der Altdämmung) 300 - 370 €/qm brutto

### Fazit Dämmung Dachschrägen mit Neueindeckung

In der Regel ist festzustellen, dass die Aufdopplung und Ertüchtigung vorhandener Dachkonstruktionen kostengünstiger ist, als die komplette Erneuerung eines Dachstuhl. Lediglich bei umfänglichen Umbaumaßnahmen und schlechtem Allgemeinzustand der Konstruktionen kann eine komplette Erneuerung des Dachstuhl vorteilhaft sein. Hierzu wird eine entsprechende fachliche Begutachtung empfohlen.

Der Einbau von Zellulosedämmung ist bei umfassenden energetischen Maßnahmen im Dachbereich kostengünstiger, zumindest kostengleich wie mit Mineralwolle umsetzbar. Die Mehrkosten für den Einbau von Konstruktionen mit Holzfaserdämmstoffen liegen bei den ausgewerteten Projekten im Bereich von ca. 8 bis 30 %. Da es sich bei diesen um Projekte der QS-Baubegleitung mit Direktangeboten an Bauherren handelt, sehen wir hier im Preiswettbewerb ein Einsparpotenzial von 5-10 %, so dass sich die Mehrkostenspanne nach unserer Einschätzung entsprechend reduzieren müsste.

Aus der oben aufgeführten Zusammenstellung ergeben sich folgende Preisspannen:

Neubau von Dächern	ca. <b>315 - 365 €/qm brutto</b>
Dämmung von Dächern im Bestand	
mit Zellulose	ca. <b>275 - 285 €/qm brutto</b>
mit Holzfaserdämmplatte	ca. <b>300 - 370 €/qm brutto</b>

## 5.2.2 Kosten nachhaltige Dämmung oberste Geschossdecke

- **Auswertung Projekte, bauart Architekten**

Modernisierung MFH, Hannover

Dämmung der obersten Geschossdecke als begehbare Dämmung auf Stahlbetondecke: Gehbelag, Unterkonstruktion und Zellulosedämmung (d = 30 cm)

- Dämmfläche 98 €/qm brutto

Modernisierung MFH, Hannover

Dämmung oberste Geschossdecke, Dämmen der Gefache der Holzbalkendecke, begehbar, Einblasdämmung mit d = 20 cm. In den angegebenen Preisen ist der luftdichte Anschluss im Bereich des Übergangs Dach/ Decke enthalten.

- Dämmfläche 130 - 160 €/qm brutto

- umgesetzt 130 €/qm brutto

### Fazit Dämmung oberste Geschossdecke

Der Einbau von Zellulosedämmung auf der obersten Geschossdecke ist bei umfassenden energetischen Maßnahmen zumindest kostengleich wie mit Mineralwolle/EPS umsetzbar. Aus der Zusammenstellung ergeben sich folgende Preisspannen:

Dämmung oberste Geschossdecke Bestand ca. **100 - 130 €/qm brutto**

## 5.3 Kostenübersicht und Kostenbewertung

Die Ergebnisse aus dem Punkt 5.2 sind in den folgenden Abbildungen zusammengefasst.

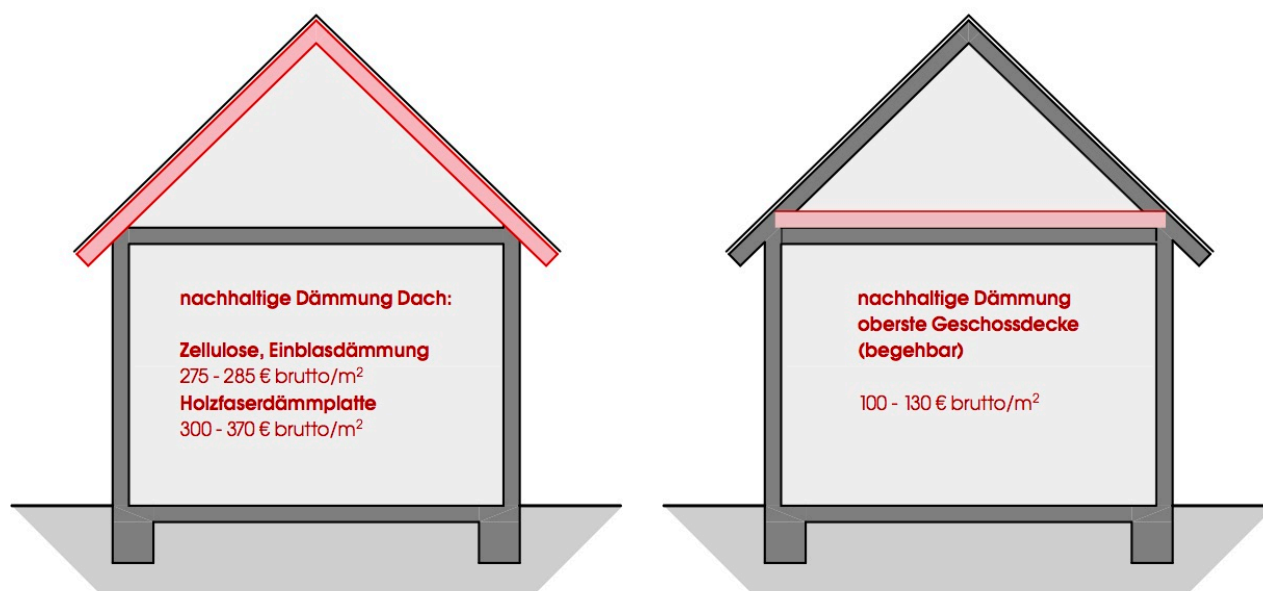


Abb. 25: Kostenübersicht nachhaltige Dämmung Dach und oberste Geschossdecke, bauart Architekten

Auf Grund der Preisvergleiche (siehe auch 2.4) ist festzustellen, dass nachhaltige Materialien bei umfänglichen energetischen Modernisierungen im Dachbereich und bei der Dämmung der obersten Geschossdecke konkurrenzfähig einsetzbar sind. Kann oder soll ein Dachgeschoss nicht ausgebaut werden, ist das Dämmen der obersten Geschossecke auf jeden Fall die kostengünstigere Alternative und relativ einfach umzusetzen.

Die Kostenauswertung hat noch einmal bestätigt, dass sich Einblasdämmstoffe bereits am Markt etabliert. Vergleichbare Systeme aus Holzfaserdämmplatten sind derzeit deutlich teurer.

Eine vergleichende Betrachtung mit komplett vorgefertigten Dachelementen wäre noch eine sinnvolle Ergänzung.

## 6 Fazit

Die vorliegende Ausarbeitung beschäftigt sich mit der Nachhaltigkeit von Baustoffen und möglichen Umsetzungen bei energetischen Modernisierungen, denn Nachhaltigkeit ist weltweit eines der wichtigsten Zukunftsthemen.

Der Bausektor nimmt viele Ressourcen in Anspruch und ist für ein erhebliches Abfallaufkommen verantwortlich. Hier besteht großes Einsparpotential.

In Bestandsgebäuden ist ein großer Anteil von Ressourcen, die so genannte graue Energie, bereits gebunden. Mit guten, ganzheitlichen Konzepten zur Weiter- oder Umnutzung sowie Modernisierungsmaßnahmen mit nachhaltigen Baustoffen können besonders große Effekte erzielt werden. Durch Vermeidung von Gebäudeabbrissen kann das Abfallaufkommen bei der Weiternutzung von Bestandsgebäuden erheblich reduziert werden. Somit werden für den Rohbau keine CO<sub>2</sub>-Emissionen freigesetzt. Zusätzlich wird dadurch der Primärenergiebedarf bei einer energetischen Modernisierung in der Nutzungsphase des Gebäudes gesenkt. Durch die Verwendung nachhaltiger Materialien aus regionaler Herstellung lassen sich weitere CO<sub>2</sub>-Emissionen einsparen.

Daher müssen schon bei der Planung alle Lebenszyklusphasen eines Gebäudes und der Bauteile berücksichtigt werden, um ein nachhaltiges und zukunftsfähiges Konzept für Bestandsgebäude und Neubauten zu entwickeln. Der ökologische, der ökonomische sowie der sozio-kulturelle Bereich sind dabei möglichst gleichwertig zu beachten.

Die Auswahl der Bauprodukte spielt eine entscheidende Rolle. Eine Betrachtung von der Rohstoffgewinnung bis zum Rückbau der Produkte ist dabei zwingend erforderlich. Die Auswahl nachwachsender und ressourcensparender Rohstoffe, kurze Lieferwege sowie ein geringer Energieeinsatz bei der Herstellung bildet die Grundlage für ein nachhaltiges und klimaschonendes Bauprodukt. Homogenität, Trennbarkeit und Schadstofffreiheit bei den ausgewählten Produkten ermöglichen ein hohes Maß an Recyclingfähigkeit auch bei einem späteren Rückbau.

Zur Erarbeitung eines nachhaltigen Gebäudekonzeptes, ist es erforderlich auch entsprechende Produkte auszuwählen und bei der Umsetzung zu verwenden. Der Markt an Bauprodukten aus nachwachsenden Rohstoffen erweitert sich stetig. Nachwachsende Rohstoffe sind als CO<sub>2</sub>-neutral einzustufen und erzielen bessere Eigenschaften im Feuchteverhalten und im Sommerlichen Wärmeschutz als viele herkömmliche Produkte. Es sollte aber ein besonderer Augenmerk auf die Transportwege in der Herstellungskette des Produktes sowie auf den Bezugsort des Produktes gelegt werden. Auf Grund weiter Transportwege kann die CO<sub>2</sub>-Ersparnis bereits aufgebraucht sein.

Ein weiterer besonderer Vorteil von Baustoffen aus nachwachsenden Ressourcen ist, dass sie schonend und schadstoffarm sind und sich gesundheitsfreundlich verarbeiten lassen. Sie schaffen somit ein gesundes Raumklima für die Nutzer/innen. Des Weiteren bietet die Verwendung von nachwachsenden Rohstoffen Vorteile beim Recyceln und in der Rückführung der Produkte in den Kreislauf. Eine kaskadenartige Nutzung ist denkbar.

Zur Bewertung und Einschätzung der Qualität können verschiedene Umweltzeichen herangezogen werden, mit denen die Produkte gekennzeichnet sind. Für die Verbraucher ist es derzeit schwierig das passende Produkt zu finden, da viele Aspekte bei der Auswahl zu berücksichtigen sind. Verschiedene Typen von Umweltzeichen sollen dabei unterstützend wirken.

Es wäre hilfreich, wenn sich am Markt nur einige wenige Umweltzeichen durchsetzen. Unterstützt zum Beispiel ein Fördergeber bestimmte Umweltzeichen, können sich diese am Markt besser etablieren und Hersteller werden sich verstärkt um eine entsprechende Zertifizierung bemühen. Als Folge stehen den Verbraucher mehr Produkte zu einem Label zur Verfügung, was zu einer besseren Vergleichbarkeit führt.

Zusätzlich sollten bei der Zertifizierung auch Transportwege bei der Herstellung der Produkte stärker berücksichtigt werden bzw. sollte es möglich sein regionale Produkte zu finden.

Die Umweltzeichen nach Typ I bieten unserer Meinung nach die beste Orientierung. Sie wirken bei der Vorauswahl von Produkten durchaus unterstützend. Im Baubereich könnte es auch hilfreich sein, wenn zusätzlich ganze Systeme/Bauelemente gekennzeichnet werden würden und nicht nur die einzelnen Komponenten. So könnte die Produktauswahl zum Beispiel bei Fassadensystemen, etc. vereinfacht werden. Trotzdem darf nicht außer Acht gelassen werden, Angaben kritisch zu hinterfragen.

Mittlerweile können nachhaltige Dämmstoffe in vielen Bereichen bereits als gleichwertig zu herkömmlichen Bauprodukten betrachtet werden. Vor allem der Bereich der Einblasdämmstoffe, die sich schon seit längerem am Markt etabliert haben, ist konkurrenzfähig. Sie weisen insbesondere in Bezug auf das Feuchteverhalten, die Wärmekapazität und die Primärenergie gute Eigenschaften auf. Auch im Punkt der Kosten schneidet die Einblasdämmung sehr gut ab. Aus diesen Gründen sind Konstruktionen, in denen Einblasdämmungen verwendet werden, immer in Abhängigkeit mit den Gegebenheiten des Gebäudes, zu empfehlen. Sie eignen sich also auch besonders für vorgefertigte Fassaden, Dächer oder oberste Geschossdecken.

Auch Holzweichfaserplatten weisen sehr gute Eigenschaften in der Wärmekapazität auf. Für die Herstellung wird jedoch viel Energie benötigt, mehr noch als für Glas oder Steinwolle. Der Primärenergieinhalt liegt aber deutlich unter den Werten von EPS oder XPS (siehe

Abbildung 5-7). Da Holzweichfaserplatten aber deutlich teurer sind als Einblasdämmstoffe, ist die Verwendung genau zu prüfen.

Auf Grund der Vorgaben aus der NBauO gibt es ab Gebäudeklasse 4 bisher keine Zulassungen für die Systeme, daher ist ein Brandschutzkonzept und eine gute Abstimmung mit der Bauordnung zwingend erforderlich. An Lösungen zur Zulassung wird gearbeitet. Für diese Bereiche kann in Bezug auf den Brandschutz auf die herkömmlichen Produkte nicht komplett verzichtet werden. Dies gilt auch für den Einbau von Materialien in feuchteanfälligen Bereichen.

Da in Deutschland ein Großteil des Energieverbrauchs auf die Bestandsgebäude entfällt, sind gute und einfach umsetzbare Lösungen erforderlich, um möglichst viele Gebäude energetisch zu ertüchtigen.

Seriell vorgefertigte Produkte könnten einen großen Einfluss haben. In dem meist bewohnten Gebäudebestand kann die Bauzeit durch Vorfertigung verkürzt werden und sich so die Akzeptanz für die Umsetzung von Baumaßnahme erhöhen. Es sollte verschiedene standardisierte Systemlösungen geben, um dem Endverbraucher eine Auswahl zu erleichtern und so die Zahl der energetischen Modernisierungen zu erhöhen. Die Entwicklung solcher standardisierter Systemlösungen kann nicht ohne den Aspekt der Nachhaltigkeit möglich sein. Wie unter Punkt 1.2.2 beschrieben, sind nicht ausschließlich die Emissionen in der Nutzungsphase der Gebäude zu berücksichtigen, sondern schon die richtige Produktauswahl. Zusätzlich ist darauf zu achten, die Produkte möglichst rein zu verwenden und Verbundstoffe zu vermeiden. Dieser Ansatz ermöglicht es bei einem Rückbau des Gebäudes die Produkte einfach zu trennen. Die Recycelfähigkeit und die Möglichkeit zur Nachnutzung wird so stark erhöht und Kosten für eine teurer Entsorgung können eingespart werden.

Der Einsatz von nachhaltigen Baustoffen bietet so viele Vorteile. Allerdings sind seriell vorgefertigte Fassade für die Sanierung von Bestandsgebäuden, wie im Kapitel 4 beschrieben, mehr als doppelt so teuer als ein energetisch vergleichbares WDVS. Die großen Preisunterschiede ergeben sich in Abhängigkeit der Gebäudeklasse aus den Anforderungen der Bereiche Brandschutz, Tragwerk und Konstruktion sowie zusätzliche erforderlicher Leistungen für die notwendigen Fachplaner.

Bei vielen Bauherrn werden die Kosten für die Umsetzung einen hohen Stellenwert einnehmen und so eher auf eine konventionelle Lösung setzen. Daher ist es wichtig, dass Sanieren mit nachhaltigen Materialien kostengünstiger zu gestalten und den Bauherrn eine gute umfängliche Beratung zu bieten. Je mehr vorgefertigte Elemente umgesetzt werden, desto günstiger wird sich dies auch auf die Preisentwicklung auswirken.

Eine gute Umsetzbarkeit sehen wir zunächst für Gebäude bis zur Gebäudeklasse 3, da hier die Anforderungen an den Brandschutz auch mit nachwachsenden Rohstoffen umgesetzt



werden können.

Eine Alternative kann auch eine energetische Fassadensanierung mit nachhaltigen nachwachsenden Materialien mit Teilvorfertigung sein. Im Bereich der Fassaden sind hier die zu erwartenden Kosten durchaus geringer anzusetzen, da die Verankerungen in Bestandsfassaden einfacher ausgeführt werden können.

Ein gutes Beispiel stellt der Bereich der Dämmung von Dächern und obersten Geschossdecken dar. Hier hat sich die Verwendung von Einblasdämmstoffen bereits bewährt. Die Kosten für das Einbringen von Dämmstoffen unterscheiden sich eher wenig in Bezug auf das Material. Auf Grund der vielen Vorteile die eine Einblasdämmung aus nachwachsenden Rohstoffen bietet sowie der mittlerweile niedrige Preis, ist diese Art der Sanierung bereits durchaus üblich. Auch für diesen Bereich bietet es sich an ggf. vorgefertigte Elemente zu entwickeln.

Die serielle Sanierung kann ein wichtiger Baustein für eine schnellere Erhöhung der Sanierungsrate darstellen. Zur Erhöhung der Akzeptanz bei ImmobilienbesitzerInnen sind erhebliche Anstrengungen in den Bereichen der Entwicklung von Systemlösungen, Rationalisierung der Herstellungsprozesse sowie der Kostensenkung von Produkten erforderlich. Diese Entwicklung geeigneter Systeme darf jedoch nicht von der Thematik der Nachhaltigkeit abgekoppelt werden. Nur eine enge Verknüpfung mit nachhaltigen Produkten kann zu einer zukunftsfähigen Lösung führen. Um diesen Prozess zu beschleunigen, müssen gesetzliche Rahmenbedingungen und gezielte Fördermaßnahmen geschaffen werden.

## 7 Literatur

### 7.1 Literatur- und Quellenverzeichnis

- (1) **BKI Baukosteninformationszentrum:** BKI Baukosten 2018 Altbau, Statistische Kostenkennwerte für Positionen, 2018
- (2) **BKI Baukosteninformationszentrum:** BKI Baukosten 2019 Neubau, Statistische Kostenkennwerte für Bauelemente, 2019
- (3) **Bundesministerium für Bau-, Stadt- und Raumforschung,** Forschungsinitiative ZukunftsbAU, TU Berlin; Autoren: Frank U. Vogdt, Diana Fischer, Falk Schaudienst, Michael Schober: Leitfaden "Recyclingpotential von Mineralwolle"
- (4) **Bundesministerium des Inneren, für Bau und Heimat:** Leitfaden Nachhaltiges Bauen, Zukunftsfähiges Planen, Bauen und Betreiben von Gebäuden, 01. 2019
- (5) **Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung:** Bewertungssystem Nachhaltiges Bauen Büro- und Verwaltung, Frühjahr 2011
- (6) **Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung:** Bewertungssystem Nachhaltiges Bauen, Büro- und Verwaltung, Frühjahr 2011
- (7) **Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit:** Umweltinformationen für Produkte und Dienstleistungen, Anforderungen - Instrumente - Beispiele, 05.2014
- (8) **co2online gemeinnützige Beratungsgesellschaft mbH:** ÖKOLOGISCH DÄMMEN IN DER KOMMUNE, Warum ökologisches Dämmen sinnvoll ist und wie Kommunen es voranbringen können: Ein Leitfaden für eine kommunale Förderung ökologischer Dämmstoffe, 11.2018
- (9) **Danner, Herbert,** i.A. Landeshauptstadt München: Ökologische Wärmedämmstoffe im Vergleich 2.0, Leitfaden zur Dämmstoffauswahl für den normgerechten Einsatz
- (10) **Deutsche Bundesstiftung Umwelt,** Osnabrück: Mehrwert statt Mehrkosten, Auch für Ihr Haus!, 01.2008
- (11) **Deutsche Umwelthilfe:** Naturdämmstoffe, Wider die falschen Mythen, 28.1.2016
- (12) **Energiesprong:** NetZero-Sanierung nach dem Energiesprong-Prinzip, Datum unbekannt
- (13) **Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V.:** ALTBAUSANIERUNG mit nachwachsenden Rohstoffen, Naturbaustoffe, 2014
- (14) **Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V.:** MARKTÜBERSICHT Dämmstoffe aus nachwachsenden Rohstoffen, Naturbaustoffe, 2015

- (15) **Fischer, Diana:** Umweltkennzeichnungen - eine Typfrage!, greenBUILDING, Ausgabe 77, Seite 18-21
- (16) **Götz, Tobias:** «Modulares Bauen» -Bedeutung und Zukunft, Bauen+, 5/2018, S.12
- (17) **Informationsdienst Holz:** Brandschutzkonzepte für mehrgeschossige Gebäude und Aufstockungen, holzbau handbuch, Reihe 3, Teil 5, Folge 1, 01.2019
- (18) **Knauf:** Knauf Mehrgeschossiger Holzbau, Gebäudeklasse 4, Trockenbau-System, HB02.de, 08.2018
- (19) **Mann, Dr. Thomas:** Niedersächsische Bauordnung, Kommentar, 10. Auflage, 2020
- (20) **Mitter, Eva:** "Bauwirtschaftlich gesteigerte Wertschöpfung durch Vorfertigung", Bauen+, 05.2018, S. 8
- (21) **proKlima:** ALTBAU modern sanieren, Weniger Kosten - mehr Komfort, 02.2013
- (22) **Schulze Darup, Dr. Burkhard:** Ergebnisbericht, Berechnungsdokumentation zum Nachweis/Ausweis nach der Verordnung über energiesparenden Wärmeschutz und energiesparende Anlagentechnik bei Gebäuden vom 24.07.2007, geändert durch die Verordnungen vom 29.04.2009 und 18.11.2013 (Energieeinsparverordnung 2014) in Verbindung mit den Verschärfungen ab 2016, 24.6.2018
- (23) **Stadt Hamburg,** Behörde für Energie und Umwelt, Amt für Naturschutz, Grünplanung und Energie/ Energieabteilung, Dr. Peter Krämer: Referat Energieeffizientes und Nachhaltiges Bauen, 06.06.2016
- (24) **TU Darmstadt,** Prof. Dipl.-Ing M. Sc. Econ. Manfred Hegger, Dipl.-Ing. Matthias Fuchs, Dr.-Ing Thomas Stark, Dipl.-Ing Martin Zeumer: Bewertung der Nachhaltigkeit von Gebäuden anhand von 20 Beispielen als Handlungslinie und Arbeitshilfe für Planer, 11.2007
- (25) **Umweltbundesamt:** NACHHALTIGES BAUEN UND WOHNEN, Ein Bedürfnis für die Zukunft gestalten, 05.2010
- (26) **Verlag für Wirtschaft und Verwaltung Hubert Wingen GmbH & Co.,** Schmitz/ Krings/ Dahlhaus/ Meisel: Baukosten 2018, Band 1, Instandsetzung, Sanierung, Modernisierung, Umnutzung, 23. Auflage, 2018

## 7.2 Internetquellen

- (1) Hrsg. **Aachener Stiftung Kathy Beys und IHK Nürnberg für Mittelfranken:** Lexikon der Nachhaltigkeit, Nachhaltigkeit Definition, 13.11.2015, URL: [https://www.nachhaltigkeit.info/artikel/definitionen\\_1382.htm?sid=s2jen5psdf8p-noo3bg9c7rh7g5](https://www.nachhaltigkeit.info/artikel/definitionen_1382.htm?sid=s2jen5psdf8p-noo3bg9c7rh7g5), Abruf vom 08.08.19
- (2) Hrsg. **Bernard Kolb, Forum Nachhaltiges Bauen,** URL: <https://nachhaltiges-bauen.de/baustoffe/Steinwolle>, Abruf vom 01.10.2020

- (3) Hrsg. **Bibliographisches Institut GmbH**: Nachhaltigkeit, 2019, URL: <https://www.duden.de/rechtschreibung/Nachhaltigkeit>, Abruf vom 14.8.2019
- (4) Hrsg. **Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit und VDI Zentrum für Ressourceneffizienz**: Ressourceneffizienz im Bauwesen, ohne Jahr, URL: <https://www.ressource-deutschland.de/themen/bauwesen/?L=0>, Abruf vom 13.08.2019
- (5) Hrsg. **Bundesministerium des Inneren, für Bau und Heimat**, URL: <https://www.nachhaltigesbauen.de>, Abruf 2.10.2020
- (6) Hrsg. **Bundesministerium des Inneren, für Bau und Heimat**, URL: <https://www.oekobaudat.de>, Abruf vom 01.12.2020
- (7) Hrsg. **DEUTSCHE ROCKWOOL GmbH & Co. KG**, URL: <https://www.rockwool.de> und <https://www.rockwool.de/services-und-tools/planungshilfen/abfallruecknahme-rockcycle/>, Abruf vom 1.10.2020
- (8) Hrsg. **ECOreporter GmbH**, URL: <https://www.ecoreporter.de/artikel/breem-led-bewertungssysteme-der-green-buildings/>
- (9) Hrsg. **GUTEX Holzfaserplattenwerk H. Henselmann GmbH & CO.KG**, URL: <https://gutex.de/sortiment/systeme/system/gutex-thermowall-wdvs/>
- (10) Hrsg. **Heinze GmbH, NL Berlin, BauNetz**, URL: <https://www.baunetzwissen.de/daemmstoffe/fachwissen/daemmstoffe/steinwolle-5326856> und <https://www.baunetzwissen.de/nachhaltig-bauen/fachwissen/baustoffe--teile/recycling-675291>, Abrufe vom 1.10.2020
- (11) Hrsg. **Institut Bauen und Umwelt e.V.**, URL: <https://ibu-epd.com/umweltzeichen/>
- (12) Hrsg. **Institut für Baubiologie Rosenheim GmbH**, URL: [www.baubiologie-ibr.de](http://www.baubiologie-ibr.de)
- (13) Hrsg. **Internationaler Verein für zukunftsfähiges Bauen und Wohnen - natureplus e.V.**, URL: <https://www.natureplus.org>
- (14) ohne Autor: Graue Energie, Erstellt 26.04.2010, letzte Änderungen 03.05.2019, URL: [https://www.energie-lexikon.info/graue\\_energie.html](https://www.energie-lexikon.info/graue_energie.html)
- (15) **PEFC Deutschland e.V.**, URL: [www.pefc.de](http://www.pefc.de) und [www.pefc.de/uber-pefc/hintergrunde-und-ziele/](http://www.pefc.de/uber-pefc/hintergrunde-und-ziele/), Abruf vom 1.10.2020
- (16) Hrsg. **RAL gGmbH**, URL: [www.blauer-engel.de/de](http://www.blauer-engel.de/de)
- (17) Hrsg. **SAINT-GOBAIN ISOVER G+H AG**, URL: <https://www.isover.de/herstellverfahren-mineralwolle>, Abruf vom 1.10.2020
- (18) Hrsg. **Spektrum der Wissenschaft Verlagsgesellschaft, Frey, Andreas**: BAUSTOFF, Holz in die Hütte, 09.01.2019 URL: <https://www.spektrum.de/news/holzhaeuser-sind-stabil-und-umweltfreundlich-der-baustoff-kann-mehr-als-stahl-und-beton/1617206>, Abruf 15.1.2019
- (19) Hrsg. **Statistisches Bundesamt (Destatis)**, URL: <https://www.destatis.de/DE/Themen/Wirtschaft/Konjunkturindikatoren/Preise/bpr110.html>, Abruf vom 20.10.2020

(20) Hrsg. **Sto SE & Co. KGaA**, URL: [https://www.sto.de/de/produkte/fassaden-daemmsysteme/stootherm\\_wood\\_oekologische\\_waermedaemmung.html](https://www.sto.de/de/produkte/fassaden-daemmsysteme/stootherm_wood_oekologische_waermedaemmung.html)

(21) Hrsg. **Verein für verantwortungsvolle Waldwirtschaft e.V.**, URL: [www.fsc-deutschland.de/de](http://www.fsc-deutschland.de/de)



---

# bauart Architekten

Hainhölzer Str. 13 • 30159 Hannover • Tel. 0511 / 144 84  
sekretariat@bauartarchitekten.de

---