

TU UB

Die approbierte Originalversion dieser Diplom-/
Masterarbeit ist in der Hauptbibliothek der Technischen
Universität Wien aufgestellt und zugänglich.

<http://www.ub.tuwien.ac.at>



The approved original version of this diploma or
master thesis is available at the main library of the
Vienna University of Technology.

<http://www.ub.tuwien.ac.at/eng>

Ökologisch Bauen |

Anreize und Hürden beim
Einfamilienhausbau

Die approbierte Originalversion dieser Diplom-/
Masterarbeit ist in der Hauptbibliothek der Techni-
schen Universität Wien aufgestellt und zugänglich.

<http://www.ub.tuwien.ac.at>



The approved original version of this diploma or
master thesis is available at the main library of the
Vienna University of Technology.

<http://www.ub.tuwien.ac.at/eng>

Diplomarbeit

Ökologisch Bauen | Anreize und Hürden beim Einfamilienhausbau

anhand eines Fallbeispiels mit unterschiedlichen konstruktiven Aufbauten

ausgeführt zum Zwecke der Erlangung des akademischen Grades eines
Diplom-Ingenieurs / Diplom-Ingenieurin unter der Leitung von

Ao. Univ. Prof. Dipl. Ing. Dr. phil. Andrea Rieger-Jandl
E 251/1 Institut für Kunstgeschichte, Bauforschung und Denkmalpflege
Forschungsbereich Baugeschichte und Bauforschung

eingereicht an der Technischen Universität Wien
Fakultät für Architektur und Raumplanung



TECHNISCHE
UNIVERSITÄT
WIEN
Vienna | Austria

Marie-Lili Haag 0725423
Wien, am 10. Februar 2019

„You only talk about moving forward with the same bad ideas that got us into this mess, even when the only sensible thing to do is pull the emergency brake (...) Even that burden you leave to us children.“

Greta Thunberg

UN-Klimakonferenz | COP24 in Katowice, PL 2018

Kurzfassung

Das Bauwesen gilt als größter CO₂-Produzent und Ressourcenverbraucher, weshalb ein nachhaltiges und ressourcenschonendes Bauen für die Zukunft unabdingbar ist. Zeitgleich werden im Zuge dieser ökologischen Bemühungen, auch die Planerleistungen und Planungsprozesse für Architektinnen und Architekten immer komplexer und haben nicht zuletzt auch einen erheblichen Mehraufwand hinsichtlich der Kommunikation mit dem Bauherren zur Folge. Es lässt sich hier also die Frage stellen, wie der Bauherr am besten von einer ökologischen, nachhaltigen Bauweise überzeugt werden kann. Zur Beantwortung dieser Frage untersucht die vorliegende Diplomarbeit europäische und weltweite Energie- und Klimaziele wie national geltende Gesetze und energiepolitische Richtlinien. Darüber hinaus werden derzeit vorhandene, energetische Gebäudestandards beschrieben und Förderprogramme des Bundes, des Landes Baden-Württemberg und der Region Heilbronn auch hinsichtlich ihrer Kombinationsmöglichkeiten aufgezeigt. Solche Förderprogramme fördern allerdings größtenteils lediglich Energiekonzepte, während ökologische Bauweisen von einer Förderung ausgeschlossen bleiben. Eine Ökobilanz der Baustoffe bzw. Gebäudekonstruktionen als auch eine Analyse der Lebenszykluskosten (insbesondere mit Blick auf die Errichtungs- und Heizkosten) können im Gespräch mit den Auftraggeberinnen bzw. Auftraggebern schlagkräftige Argumente sein, die die Vorteile und den großen Nutzen einer ökologischen Bauweise deutlich hervorheben.

In dieser Diplomarbeit wird daher anhand eines fiktiven Gebäudeentwurfes mithilfe der Software LEGEP die Ökobilanz verschiedener Konstruktionsvarianten ermittelt: Eine konventionelle

Bauweise ohne und mit ökologischen Dämmstoffen als auch eine ökologische Bauweise. Alle drei Varianten werden hinsichtlich den lebenszyklischen Umweltauswirkungen und den Errichtungskosten miteinander verglichen. Der fiktive Gebäudeentwurf befindet sich in Deutschland. Grund hierfür ist, dass meine Eltern ein Einfamilienhaus auf diesem Bauplatz planen. Anhand dieser Fallstudie werden mit den oben genannten Werkzeugen, Vorteile für eine ökologische Bauweise herausgearbeitet und dargestellt.

Abstract

The construction industry is considered the largest producer of CO₂ and resource consumers, therefore sustainable and resource-saving constructions are essential for the future. At the same time, in the course of these ecological efforts, the planning services and planning processes for architects are becoming more complex and, not least, result in considerable additional expenditure in terms of communication with the client. So the question can be asked here, how the client can be convinced of an ecological, sustainable construction method. To answer this question, this diploma thesis investigates European and worldwide energy and climate targets such as national laws and energy policy guidelines. In addition, currently existing, energy-efficient building standards are described and funding programs of the Federal Government, the State of Baden-Württemberg and the Heilbronn Region are also presented with regard to their possible combinations. However, such support programs largely only promote energy concepts, while ecological construction methods are excluded from funding. A life cycle assessment of building materials or building construction as well as an analysis of life cycle costs (especially with regard to construction and heating costs) can be powerful arguments in discussions with the clients, which clearly emphasize the advantages and the great benefits of an ecological construction method.

In this diploma thesis, the life cycle assessment of various design variants is determined by using a fictive building design using the software LEGEP: A conventional construction without and with ecological insulation materials as well as an ecological construction method. All three variants are compared in terms of life cycle environmental impact and construction costs. The building design is located in Germany.

The reason for this is that my parents are planning a single-family house on this site. Based on this case study, the advantages of an ecological construction method are elaborated and presented with the tools mentioned above.

Kurzfassung / Abstract

01 | Einleitung

- 01 **Hintergrund** | nachhaltiges Bauen und Energieeffizienz
- 03 **Methodik und Aufbau**

02 | Energie- und Klimaziele

- 05 **Internationale Klima- und Umweltabkommen**
- 08 **Europäische Energiewende bis 2050**
- 11 **Nachhaltigkeitsstrategie in Deutschland**
- 15 **Zwischenfazit**

03 | Eckpfeiler der nationalen Energiepolitik

- 18 **Gesetzliche Anforderungen in der EU**
- 18 EU-Gebäuderichtlinie | EPBD
- 19 **Gesetzliche Anforderungen in Deutschland**
- 19 Energieeinsparungsgesetz | EnEG
- 21 Energieeinsparverordnung | EnEV
- 22 Erneuerbare-Energien-WärmeGesetz | EEWärmeG
- 24 Erneuerbare-Energien-Gesetz | EEG
- 25 GebäudeEnergieGesetz | GEG

Förderprogramme | 04

Förderprogramme des Bundes	28
Förderung der Kreditanstalt für Wiederaufbau KfW	28
Förderung des Bundesamtes für Wirtschaft & Ausfuhrkontrolle BAFA	34
Erneuerbare-Energien-Gesetz EEG	35
Kraft-Wärme-Kopplungsgesetz KWKG	36
Förderprogramme des Landes Baden-Württemberg	37
Eigentumsfinanzierung BW Z 15-Darlehen	37
Wohnen mit Zukunft: Erneuerbare Energien L-Bank	37
Wohnen mit Kind L-Bank	39
Förderprogramme der Region Heilbronn	40
Energieagentur Heilbronn	40
Kombination und Beantragung von Fördermitteln	41

Energetische Gebäudestandards | 05

EnEV-Haus	46
KfW-Effizienzhaus	49
Passivhaus	52
Niedrigstenergiehaus	58
Plusenergiehaus	60
Nullenergiehaus	62
Aktivhaus®	62
Triple Zero®	65
Sonnenhaus	67
Drei-Liter-Haus®	68
Energetische Gebäudestandards Energie- oder Emissionsproblem?	69

06 | Entwurf

71	Entstehung des Entwurfes
74	Lage
77	Projektbeschreibung
80	Pläne
80	Lageplan M 1:1000
81	Grundrisse M 1:200
85	Schnitte und Ansichten M 1:200
93	Bauteilaufbauten
93	Fußbodenkonstruktion
95	Außenwandkonstruktion im Erdgeschoss warmer Bauteil
99	Außenwandkonstruktion im Obergeschoss warmer Bauteil
103	Außenwandkonstruktion im Erdgeschoss kalter Bauteil
105	Deckenkonstruktion
109	Dachkonstruktion
111	Kenndaten
111	Kenndaten Entwurf
112	Kenndaten Flächenberechnung nach DIN 277
115	Kenndaten Energiebilanz nach DIN 18599

07 | Lebenszyklusanalyse

117	Lebenszyklusanalyse LCA
122	Normen Ökobilanz
123	Software LEGEP
125	Ökobilanz mit LEGEP

Variantenstudie mit LEGEP

08

Ökobilanzierung	127
Stofffluss und Rohstoffeinsatz	129
Primärenergiebedarf	145
Treibhaus- und Versauerungspotential	154
Lebenszykluskosten LCC	159
Zwischenfazit Ökobilanzierung als iterativer Prozess	166

Überzeugungsarbeit

09

Energieausweis und Immobilienwert	169
Wirtschaftlichkeitsberechnungen	171
Sommertauglichkeit und Wärmeschutz	173
Ökologische Gebäudeplanung	175
Kommunikationsaufgabe des Architekten	177

Ausblick

10

Anhang

Literatur-/ Abbildungsverzeichnis

Abkürzungsverzeichnis

AP	Versauerungspotential (Acidification Potential)
BAFA	Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle
CO ₂	Kohlenstoffdioxid
COP 21	Pariser Klimakonferenz (Conference of Parties)
DIN	Deutsches Institut für Normung e.V.
EEG	Erneuerbare-Energien-Gesetz
EEWärmeG	Erneuerbare-Energien-Wärmegesetz
EN	Europäische Norm
EnEV	Energieeinsparverordnung
EU	Europäische Union
EurEnDel	Europaweite Delphi-Studie
GWP	Treibhauspotential (Global Warming Potential)
IEKP	Integriertes Energie- und Klimaprogramm
IPCC	Intergovernmental Panel on Climate Change
ISO	International Organization for Standardization
KfW	Kreditanstalt für Wiederaufbau
KWKG	Kraft-Wärme-Kopplungsgesetz
LCA	Lebenszyklusanalyse (Life Cycle Assessment)
LCC	Lebenszykluskosten (Life Cycle Costing)
LCIA	Wirkungsabschätzung (Life Cycle Impact Assessment)
PE	Primärenergiebedarf (Primary Energy)
SO ₂	Schwefeldioxid
UN	Vereinte Nationen (United Nations)
UNFCCC	United Nations Framework Convention on Climate Change

Einleitung | 01

Hintergrund nachhaltiges Bauen und Energieeffizienz	01
Methodik und Aufbau	03

01 | Einleitung

Hintergrund | nachhaltiges Bauen und Energieeffizienz

Indem baulich neuer Lebensraum geschaffen wird, nehmen zeitgleich die Bodenversiegelung, der Energieverbrauch und damit die gesamte Umweltbelastung erheblich zu, wodurch dem Bauwesen eine ganz entscheidende Stellung hinsichtlich Nachhaltigkeitsbemühungen zukommt.¹ Dennoch ist es in den heutigen Zeiten der Wohnungsknappheit unbedingt notwendig, den Neubau als auch die Sanierung des bestehenden Wohnungsangebotes zu fördern. Ziel einer derartigen Wohnungsbau-Offensive ist es, alle Hindernisse auf dem Weg zu bezahlbaren Wohnungen zu beseitigen und damit gleichzeitig die kosten- wie energieeffiziente Bauweise zu fördern.² Um wohnungspolitisch dahingehend zielgerichtet agieren zu können, nimmt sich seit dem Jahr 2014 das auf Bundesebene vom Bundesbauministerium ins Leben gerufene Bündnis für bezahlbares Wohnen und Bauen - unter anderem bestehend aus den Bündnispartnern der Bauministerkonferenz, der KfW Bankengruppe, dem Bund Deutscher Architekten, der Bundesingenieurkammer und zahlreichen weiteren Ausschüssen und Verbänden der Bauindustrie und des Bundesgewerbes³ - in seinen verschiedenen Arbeitsgruppen und der sogenannten Baukostensenkungskommission dieser Herausforderung an. Das Bündnis beschäftigt sich neben anderen Themen hauptsächlich um den Klimaschutz und der Energieeffizienz in Neubau und Gebäudebestand sowie mit den Fragen und Problemen

1 König (2009), S. 9.

2 Neitzel (2017), S. 7.

3 Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit (2015): Memorandum zum Bündnis für bezahlbares Wohnen und Bauen, S. 3.

rund um die Schaffung von bezahlbarem Wohnraum und die Nachhaltigkeit in Planen und Bauen.⁴

Nachhaltiges Planen und Bauen umfasst den schonenden Umgang und Verbrauch von Energie, Energieträgern und Ressourcen ebenso wie das Schützen des Ökosystems und der vorhandenen Ressourcen bzw. das Fördern erneuerbarer Energiequellen.⁵ Aufgrund des neuen Selbstverständnisses des Planers werden Gebäude von Beginn an in größeren Systemen gedacht und in seinem gesamten Lebenszyklus betrachtet.⁶

Der derzeit starke Fokus auf zukunftsorientierte Nachhaltigkeit und verstärkte Energieeffizienz im Bauen besteht nicht grundlos, denn ca. 42% des gesamten Endenergiebedarfs in Deutschland sind auf den Gebäudesektor zurückzuführen, was das Bauwesen zu einem der größten Ressourcenverbraucher und CO₂-Produzenten macht.⁷ Auch die Wünsche und Ansprüche der Bauherren und Auftraggeber über die Bauweise beschäftigen sich zunehmend mehr um Themen wie Kosten- und Energieeffizienz, Nachhaltigkeit, Schonung der Ressourcen, Verwendung ökologischer Baustoffe und einhergehende Förderung der Gesundheit. Laut einer repräsentativen Forsa-Umfrage von 2018 gilt das für die Mehrheit der potentiellen Hausbauer. Dennoch bleibt langfristig geringe Betriebskosten auch bei aller Nachhaltigkeit wichtigstes Kriterium.⁸

4 Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit (2015): Bündnis bezahlbares Wohnen und Bauen.

5 Kloibhofer (2016), S. 8 und 48.

6 Wallbaum (2011), S. 14.

7 Pehnt (2010), S. 199.

8 DFH Deutsche Fertighaus Holding AG (2018): Trendbarometer.*

*„Für nahezu alle Befragten (95 Prozent) ist entscheidend, dass ein nachhaltiges Gebäude bei allen Vorteilen insgesamt bezahlbar bleibt. 94 Prozent sprechen langfristig niedrigen Ausgaben für Energie, Instandhaltung und Sanierung eine hohe Bedeutung zu. (...) [Außerdem] fänden es mittlerweile 70 Prozent wichtig, das Haus zum hohen Teil mit selbst erzeugtem Ökostrom versorgen zu können“, um mit Haushaltsstrom und eigenproduzierter Heizenergie unabhängiger zu werden von den herkömmlichen Versorgern. Schlussendlich würden circa „drei Viertel der Befragten (73 Prozent)(...) beim Hausbau möglichst viele Nachhaltigkeitsaspekte berücksichtigen wollen. Nur etwa jeder Fünfte (21 Prozent) würde sich dagegen beim Hausbau darauf beschränken, Mindeststandards einzuhalten.“

Methodik und Aufbau

Neben der Bezahlbarkeit, einer nachhaltig ausgelegten nationalen Wohnungs- und Baupolitik und der Relevanz eines zukunftsorientierten, ressourcenschonenden und ökologischen Baustandards, ist zu berücksichtigen, dass jeder verwendete Baustoff im Laufe seiner gesamten Lebensdauer einen großen Umwelteinfluss ausübt. Hierbei liegt der Schwerpunkt unter anderem auf den vom Material und der Konstruktion geforderte Energieeinsatz als auch der Energieverbrauch. Mit Blick auf den Rohbau, den Ausbau und die technische Gebäudeausrüstung wird die für die Produktherstellung, Instandsetzung sowie den Abriss und das Recycling des Baumaterials notwendige Energie auch als „graue Energie“ bezeichnet. Zum anderen wird die sogenannte „rote Energie“ im Stadium des Betriebs erforderlich, nämlich bei der Nutzung in den Bereichen Heizung, Kühlung, Strom und Lüftung. Nach Gegenüberstellung dieser beiden Formen des Energieeinsatzes und -verbrauchs lässt sich die für eine Bauweise spezifische Ökobilanz ermitteln, die den Primärenergiebedarf ebenso berücksichtigt wie das Treibhaus- und Versauerungspotential.⁹

In dieser vorliegenden Diplomarbeit soll anhand einem fiktiven Gebäudeentwurfs eine Variantenstudie auf Grundlage unterschiedlicher Gebäudekonstruktionen hinsichtlich seiner Ökobilanz und Errichtungskosten vergleichend untersucht werden. Methodisch werden die dafür benötigten, oben beschriebenen Daten auf der Grundlage der Fallbeispielauswahl und der erstellten Entwurfs- und Detailpläne mithilfe der sirAdos-Datenbank erhoben, die im Zuge der

9 Reisinger (2016), S. 5.

Erstellung der Ökobilanz in der Software LEGEP zum Einsatz kommt.

Zuvor werden unter Rückgriff auf Sekundärmaterial aus Fachliteratur, Studien, Gesetzestexten und anderen Veröffentlichungen bzw. wissenschaftlichen Texten die internationalen und europäischen Energie- und Klimaziele, die nationale Energiepolitik, die verschiedenen Förderprogramme und derzeit vorhandenen energetischen Gebäudestandards beschrieben, um die Dringlichkeit und den Mehrwert einer ökologischen Bauweise zu klären und auf dieser Basis im Gespräch mit dem Bauherren überzeugende Argumente finden zu können. Mit welchen Mitteln in einem Architekten-Bauherren-Gespräch die Betrachtungsweise der AuftraggeberInnen gegenüber der ökologischen Bauweise positiv beeinflusst werden kann, ist abschließend Inhalt der Ausarbeitung.

Diese Diplomarbeit ist an Planer wie auch Bauherren adressiert, die nach zukunftsorientierten Standards ökologisch planen und bauen möchten. Sie richtet sich aber auch an sämtliche andere Interessenten, die in ihrer Arbeit von den angesprochenen Klimazielen, Energiegesetzen und Förderprogrammen berührt werden und sich mit den Themen Energieeffizienz, Nachhaltigkeit und Ökobilanzierung beschäftigen.

Energie- und Klimaziele | 02

Internationale Klima- und Umweltabkommen	05
Europäische Energiewende bis 2050	08
Nachhaltigkeitsstrategie in Deutschland	11
Zwischenfazit	15

02 | Energie- und Klimaziele

Internationale Klima- und Umweltabkommen

Seit den 1980er Jahren wird der Klimawandel auf Grundlage der sogenannten IPCC-Klima-Sachstandberichte weltweit politisch diskutiert. Im aktuellen Fünften Sachstandbericht des IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) von 2013 wurde ermittelt, dass der Bausektor im Jahr 2010 weltweit gesehen ein Drittel des gesamten Endenergieverbrauchs und ein Fünftel der globalen Treibhausemissionen verursachte. Dabei wurde ebenfalls festgestellt, dass die Gebäude in den Industriestaaten häufig sehr ineffizient und verschwenderisch in der Energienutzung sind und Entwicklungsländer hinsichtlich ihres Wirtschafts- und Bevölkerungswachstums gerade im Begriff sind, diese schwerwiegenden Fehler in der Energieeffizienz wiederholen. Angesichts der derzeitigen Entwicklungen und bedingt durch die Langlebigkeit der Gebäude ist zu befürchten, dass der globale Endenergiebedarf und die Emissionen von Gebäuden bis zum Jahr 2050 sich sogar verdoppeln oder verdreifachen werden.¹

Zugunsten des internationalen Klima- und Umweltschutzes wurde 1992 erstmals der Nachhaltigkeitsgedanke als weltweite Steuerungsstrategie vereinbart. Im Rahmen der Konferenz der Vereinten Nationen für Umwelt und Entwicklung unterzeichneten die Vertragsstaaten auf dem Erdgipfel in Rio de Janeiro die sogenannte Klimarahmenkonvention (UNFCCC, United Nations Framework Convention on Climate Change), ein 1994 in Kraft getretenes, internationales Abkommen, das sich ausschließlich an die Industriestaaten richtete, die eine weniger anthropogene Klimabeeinflussung als auch eine verlangsamte

¹ Chalmers (2014), S. 4 f.

Erderwärmung anstrebte.² Aufgrund dessen wurde die „nachhaltige Entwicklung“ erhoben, wie sie die Weltkommission für Umwelt und Entwicklung („Brundtland-Kommission“) 1987 bereits erstmals definierte³ - nämlich als „Entwicklung, die den Bedürfnissen der heutigen Generation entspricht, ohne die Möglichkeiten künftiger Generationen zu gefährden, ihre eigenen Bedürfnisse zu befriedigen.“⁴ Dass eine zwanglose Selbstverpflichtung der Industrienationen wie in der Rahmenkonvention eine Emissionsreduzierung und nachhaltigen Klimaschutz nicht ausreichend umsetzen konnte, wurde bereits 1995 ersichtlich.⁵ Also wurde im Jahr 1997 auf der dritten Klimaschutzkonferenz von den Vertragsstaaten das sogenannte Kyoto-Protokoll verabschiedet, ein rechtsverbindliches Instrument der globalen Klimapolitik. Darin verpflichten sich die Industriestaaten, ihre Treibhausgasemissionen bis 2012 um 5,2% im Vergleich zum Jahr 1990 zu senken. Weitere Senkungen der Emissionen werden jedoch auch danach und in Zukunft noch notwendig, um das übergeordnete, langfristige Ziel der Klimarahmenkonvention erfüllen zu können. Dieses fordert nämlich von den Industriestaaten bis 2050 eine Reduktion des Ausstoßes von Treibhausgasen um bis zu 80% im Vergleich zum Jahr 1990. Das völkerrechtliche Zusatzprotokoll von Kyoto schafft mit der verbindlichen Reduktion um fünf Prozent lediglich einen ersten Anstoß.⁶ Langfristig soll hingegen „die Stabilisierung der

2 Oberthür (2000), S. 63.

3 Barbey (2012), S. 25.

4 Die Bundesregierung (2008): Fortschrittsbericht 2008 zur nationalen Nachhaltigkeitsstrategie. Für ein nachhaltiges Deutschland, S. 21.

5 Peseke (2010), S. 29.

6 Peseke (2010), S. 29 f.; Heimann (2017), S. 153.*

*Außerdem lehnten die global größten Emittenten wie die USA oder Kanada die Ratifizierung des Abkommens gänzlich ab oder stiegen aus.

Treibhausgaskonzentration in der Atmosphäre auf einem Niveau (...) erreicht werden, auf dem eine gefährliche anthropogene Störung des Klimasystems verhindert wird.“⁷

Das Kyoto-Protokoll ist trotz der beschlossenen und von Deutschland unterzeichneten, aber bisher noch nicht verbindlichen Verlängerung des Verpflichtungszeitraumes um eine weitere Phase bis 2020 („Kyoto II“) ein Auslaufmodell.⁸ Global konnten nicht alle Staaten ihre Klimaziele erreichen, doch hat insbesondere Deutschland, dass sich zu einer Emissionssenkung von 21% gegenüber dem Stand des Jahres 1990 verpflichtete,⁹ die Zielvorgabe mit einer tatsächlichen Reduktion von 23,6% im Jahr 2012 übertroffen.¹⁰

Nach dem Auslaufen des Zusatzprotokolls wird es durch das sogenannte Pariser Klimaabkommen (Paris Agreement on Climate Change) abgelöst.¹¹ Dieses wurde in Form eines multilateralen Vertrages auf der UN-Klimakonferenz in Paris im Jahr 2015 (COP21) von 196 Vertragsstaaten der UNFCCC als Nachfolger des Kyoto-Protokolls beschlossen und basiert auf sogenannten „national kontrollierten Selbstverpflichtungen“.¹² Das hat zu Folge, dass erstmals nicht nur

7 UN-Klimarahmenkonvention, Artikel 2. Zitiert nach Oberthür/Ott (2000), S. 64.

8 Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit (2015): Deutschland ratifiziert zweite Verpflichtungsperiode des Kyoto Protokolls.*

9 Peseke (2010), S. 29.

10 Gochemann (2016), S. 30.

11 Simonis (2017), S. 28.

12 Simonis (2017), S. 28.

*Länder wie Russland, Japan, Neuseeland und Kanada erklärten allerdings ihren Austritt aus der zweiten Phase des Abkommens.

alle Länder und Nationen der Erde in die Pflicht genommen werden,¹³ sondern die Vertragsparteien neuerdings auch selbst eigene nationale Klimaschutzpläne zu erarbeiten haben, in denen Langfristziele vorgelegt werden.¹⁴ Ziel des 2016 in Kraft getretenen Weltklimavertrages ist es unter anderem, den „Temperaturanstieg auf 1,5°C über dem vorindustriellen Niveau zu begrenzen, da erkannt wurde, dass dies die Risiken und Auswirkungen der Klimaänderungen erheblich verringern würde.“¹⁵

Europäische Energiewende bis 2050

Auch innerhalb Europas wird die Nachhaltigkeit, Energieeffizienz und Schonung von Ressourcen wie auch der Umwelt- und Klimaschutz vielfach vorangetrieben und hierfür noch viel weitreichende Ziele formuliert. Antrieb dafür war nicht zuletzt die Umsetzung der Zielvorgaben des Kyoto-Protokolls.¹⁶

Der Europäische Rat schlug im Rahmen seines Energie-Aktionsplanes „Eine Energie für Europa“ 2007 die sogenannten „20-20-20-Ziele“ vor.¹⁷ 2009 wurden sie vom EU-Parlament als Kerngedanke des Klima- und Energiepakets verabschiedet, bei dem sich die EU-Mitgliedsstaaten in die Selbstverpflichtung nahmen: Bis zum Jahr 2020 ist eine

13 Netz (2016), S. 13.

14 Kurze (2018), S. 394.

15 Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit (2015): Übereinkommen von Paris vom 12.12.2015.*

16 Heimann (2017), S. 156; Gochermann (2016), S. 30.

17 Kurze (2018), S. 306.

*Laut des Fünften Sachstandsbericht des IPCC von 2013 gilt, dass sich „nur unter der Voraussetzung eines Emissionsszenarios mit einer sehr ambitionierten Klimaschutzpolitik (...) der mittlere Temperaturanstieg gegenüber der vorindustriellen Zeit auf 0,9 bis 2,3 °C begrenzen“ ließe.

Reduzierung der Treibhausgasemission um 20%, eine Anteilssteigerung der erneuerbaren Energien am Gesamtenergieverbrauch auf 20% und eine Energieeffizienzsteigerung um 20% gegenüber dem Jahr 1990 zu erzielen.¹⁸ Der 20-20-20-Beschluss wird durch das integrierte Maßnahmenpaket, bestehend unter anderem aus der neuen Richtlinie zur Förderung erneuerbarer Energiequellen und der novellierten Emissionsrichtlinie, vorangetrieben und die Reduktionsverpflichtungen zwischen den einzelnen EU-Mitgliedsstaaten aufgeteilt.¹⁹

Die EU plant bereits für den Zeitraum nach 2020 und verabschiedet dazu 2013 ein „Grünbuch zur EU-Klima- und Energiepolitik bis 2030“.²⁰ 2014 verständigten sich die EU-Mitgliedsstaaten schließlich auf die Einhaltung der verbindlichen 2030-Ziele des EU-Klima- und Energierahmens: Das heißt, bis zum Jahr 2030 sind gegenüber 1990 Emissionsreduzierungen von mindestens 40%, Steigerungen des Anteils von erneuerbaren Energien von mindestens 27% am Gesamtenergieverbrauch und Energieeffizienzsteigerungen von 27% bis 30% zu erzielen; außerdem können 15% des in der EU erzeugten Stroms in andere EU-Länder exportiert werden.²¹ Zusammenfassend kann gesagt werden, dass das EU-Energie- und Klimapakete 2030 beabsichtigt die Wettbewerbsfähigkeit des Standortes Europa weiter auszubauen bei gleichzeitiger Erfüllung der

*„Gemäß dem (...) im Dezember 2009 beschlossenen Energie- und Klimapakete der EU muss Deutschland die Emissionen um 14% reduzieren, Großbritannien um 16%, während andere Länder wie Rumänien und Bulgarien oder Polen Emissionen bis maximal 20% erhöhen dürfen“.

18 Rat der Europäischen Union (2007): Schlussfolgerungen des Vorsitzes - Brüssel 8./9. März 2007, S. 20 f.; Kurze (2018), S. 306.
19 Barbey (2012), S. 26; Sohre (2014), S. 140 f. und 279.*
20 Heimann (2017), S. 157.
21 Gochemann (2016), S. 30 f.

gesetzten Klimaziele.²² Die EU nennt ihre 2030-Ziele - insbesondere auch das 40%-Emissionsreduktionsziel - außerdem als Kernbeitrag zum globalen Pariser Abkommen.²³ Die Europäische Union möchte hinsichtlich der Energiewende und Klimaschutz eine Vorreiterrolle übernehmen²⁴ und sieht dementsprechend nach der Vorstellung des Gesetzespaketes „Saubere Energien für alle Europäer“ im Jahr 2016 ihre „EU-2030-Ziele für erneuerbare Energien in Höhe von 32 Prozent und Energieeinsparungen in Höhe von 32,5 Prozent vor. Diese stehen im Einklang mit den Zielen des deutschen Energiekonzepts.“²⁵

Nach Erreichung der genannten Etappenziele 2030 und einer Emissionssenkung um 60% bis 2040, gilt als langfristiges Ziel für die EU die Emissionsreduktion um 80% bis zu 95% im Vergleich zum Jahr 1990.²⁶ Wie diese Reduzierung möglichst kostenwirksam erreicht werden kann, beschreibt die Europäische Kommission in ihrem sogenannten „Fahrplan für eine CO₂-arme Wirtschaft bis 2050“.²⁷ Neben den drastischen Reduzierungen im Energiesektor haben vor allem auch Emissionssenkungen in energieeffizienteren Privat- und Bürogebäuden großes Potential: Hier ließe sich der Ausstoß von

22 VCI Verband der chemischen Industrie (2014): Stellungnahme zum Energie- und Klimapakete 2030 der EU, S. 1.

23 Kurze (2018), S. 394.

24 Europäische Kommission (2018): Saubere Energie für alle Europäer. (...).

25 Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (2018): Altmaier: Gesetzespaket "Saubere Energie für alle Europäer" stellt Weichen (...).

26 Umweltbundesamt (2018): Europäische Energie- und Klimaziele.

27 Europäische Union (2018): Klimapolitik.

Treibhausgasen nämlich bis 2050 um ganze 90% senken.²⁸

Es lässt sich zusammenfassend sagen, dass die Europäische Union nach außen hin sehr aktiv in der internationalen Klimapolitik agiert, indem sie die globalen Verbindlichkeiten vorantreiben und darüber hinaus noch weitergehende Selbstverpflichtungen für die EU mit eingebunden werden. Innerhalb der EU gibt es in der Akzeptanz und Umsetzung der vorgegebenen Klimastrategien jedoch große Unterschiede.²⁹ Verantwortlich dafür sind nicht zuletzt, dass die EU-Ziele häufig nicht „auf die Mitgliedsstaaten heruntergebrochen werden“.³⁰

Nachhaltigkeitsstrategie in Deutschland

Seit den 1980er und den 90er Jahren sind auch in Deutschland der Klimawandel und der Klimaschutz wichtige Themen auf der nationalen Agenda, wie die Einrichtung der Enquête-Kommission zur „Vorsorge zum Schutz der Erdatmosphäre“, des wissenschaftlichen Klimabeirates der Bundesregierung und der „Interministeriellen Arbeitsgruppe CO₂-Reduktion“ beweist. Hier wurden erste nationale Klimaschutzprogramme zur Energieeinsparung und zahlreiche Maßnahmen zur Emissionsreduktion erarbeitet.³¹ Neben dem Klimaschutzprogramm stützt sich die nationale Nachhaltigkeitsstrategie jedoch seit 2008

28 Europäische Kommission (2018): CO₂-arme Wirtschaft bis 2050.

29 Heimann (2017), S. 157.

30 Goehmann (2016), S. 31.

31 Itzenplitz (2012), S. 111; Heimann (2017), S. 163.

auch auf den „Erhalt und (...) die Steigerung der Anpassungsfähigkeit natürlicher, gesellschaftlicher und ökonomischer Systeme an die tatsächlichen oder erwarteten Auswirkungen einer Klimaänderung.“³² Der Atomausstieg 2011 wirft neue Herausforderungen auf hinsichtlich der Erfüllung der ambitionierten Klimaschutzziele und der notwendigen Beschleunigung der Energiewende.³³

Im Jahr 2007 hat die deutsche Bundesregierung in Meseburg beschlossen, die Emission von Treibhausgasen bereits bis 2020 um 40% senken zu wollen (im Vergleich zum Jahr 1990). Die EU-Ziele für mehr Klimaschutz und Emissionsreduktion, die die damaligen gültigen Anforderungen und CO₂-Einsparungsziele des nationalen EEGs bei weitem überschritten, konnten nur durch eine bedeutende Anzahl von Einzelmaßnahmen bewältigt werden, das zeigte eine Analyse aller nationaler CO₂-Produzenten sowie deren möglicher CO₂-Einsparpotentiale. Aufgrund des ehrgeizigen Vorhabens wurde in Meseberg das sogenannte „Integrierte Energie- und Klimaprogramm“ (IEKP) verabschiedet, das sich als nationales Aktionsprogramm aus 29 Eckpunkten zusammensetzt.³⁴ Ihr gemeinsames Ziel ist es, eine klimaverträgliche, sichere und moderne nationale Energieversorgung sicherzustellen. Demzufolge soll mehr Energieeffizienz und ein vermehrter Einsatz an erneuerbarer Energien und CO₂-armer Technologien erreicht werden.³⁵ Ein erstes Maßnahmenpaket, bestehend aus 14 Gesetzen wie Verordnungen und Programmen,

32 Itzenplitz (2012), S. 113.

33 Barbey (2012), S. 27.

34 Peseke/Roschek (2010), S. 32.

35 Die Bundesregierung (2008), S. 90 ff.

wurde im Rahmen der Meseburger Beschlüsse 2007 vorgelegt. 2008 wurde weitere wichtigen Gesetze und ein zweites Maßnahmenpaket verabschiedet. Die Maßnahmen der Meseburger Beschlüsse, die den Gebäudesektor befassen, finden sich neben dem novellierten Kraft-Wärme-Kopplungsgesetz (KWKG), dem Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG), der Novellierung der Heizkostenverordnung und der Einspeiseregulungen für Biogas im Erdgasnetz, in der Verschärfung der Energieeinsparungsverordnung (EnEV) und in der Einführung des Erneuerbare-Energien-Wärmegesetz (EEWärmeG), auch in Programmen wie dem CO₂-Gebäudesanierungsprogramm, dem Programm zur energetischen Sanierung der sozialen Infrastruktur (betreffend Kitas, Schulen oder andere Jugendeinrichtungen) und von Bundesgebäuden wieder.³⁶

Zur nationalen Umsetzung des sogenannten Pariser Abkommens verabschiedet die deutsche Bundesregierung im Jahr 2016 den „Klimaschutzplan 2050“. Damit ist Deutschland hinsichtlich seiner Verantwortung als führender Industrie- und stärkster EU-Mitgliedsstaat eines der ersten Länder, das der Forderung des Pariser Abkommen nach nationalen, langfristigen Klimaschutzstrategien nachkommt.³⁷ Der Klimaschutzplan selbst stellt kein Gesetz dar, sondern benennt lediglich Meilensteine und Maßnahmen in verschiedenen Bereichen, die der regelmäßigen Überprüfung und Fortschreibung der Klimaziele bedarf.³⁸ Mittelfristig wird in diesem Klimaschutzplan bis 2030 das nationale Ziel aufgestellt, die Emission klimaschädlicher Gase um 55% gegenüber 1990 zu senken. Langfristig möchte Deutschland bis 2050

*„Ein Bundesklimaschutzgesetz mit sektorübergreifenden gesetzlichen Regelungen ist bisher nicht zustande gekommen. (...) Dies steht in einem diametralen Gegensatz zu anderen europäischen Ländern wie zum Beispiel der Schweiz, Dänemark, Großbritannien (...) oder einzelnen Bundesländern in Deutschland (Nordrhein-Westfalen, Baden-Württemberg, etc), die solche eigenen Klimaschutzgesetze verabschiedet haben.“

36 Peseke/Roschek (2010), S. 32 ff.

37 Brandt (2018), S. 7.

38 Flaskühler (2018), S. 426 ff. und 87.*

in Anlehnung an das Pariser Abkommen treibhausneutral sein und fokussiert sich stark auf das Thema der Energieeffizienz.³⁹ Ziel ist es, innerhalb Deutschlands den Anforderungen des Pariser Abkommens nachzukommen, um weltweit die Erderwärmung auf den festgelegten Wert von unter 2°C zu begrenzen.⁴⁰

Im Hinblick auf den Bausektor fällt in den Analysen des Klimaschutzplanes 2050 auf, dass 2014 die Gebäude mit ihren 119 Millionen Tonnen verursachten Kohlenstoffdioxids ca. 13% aller Treibhausemissionen ausmachten. Seit 1990 konnte hier mit 43% jedoch die höchste CO₂-Einsparungsquote aller untersuchten Sektoren erzielt werden. Für die weiteren erforderlichen Senkungen bis 2030 und 2050 gilt allerdings, dass sämtliche Emissionsverbesserungen im Bereich des Stroms und der Fernwärme zukünftig dem Sektor der Energiewirtschaft zugerechnet werden. Die Einsparungsziele des Bausektors müssen also rein gebäudebezogen - nämlich durch den Einsatz von erneuerbaren Energien im bzw. am Gebäude - erreicht werden, was zunächst durchaus unrealistisch und unwirtschaftlich erscheinen mag.⁴¹ Als Maßnahmeprogramm für ein fast völlig klimaneutrales Gebäude enthält der Klimaschutzplan 2050 einen Fahrplan, der „die schrittweise Weiterentwicklung der energetischen Standards für Neubau und Bestand bei umfangreichen [angibt, wobei sich hier] (...) die Förderung auf Heizsysteme (...) konzentrieren [sollte],

39 Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit (2015): Wegweiser in ein klimaneutrales Deutschland.

40 Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit (2016): Klimaschutzplan 2050, S. 23 f.

41 DV Deutscher Verband für Wohnungswesen, Städtebau und Raumordnung e.V. (2018).

die auf erneuerbaren Energien beruhen.“⁴²

Zwischenfazit

Der politische Wandel hinsichtlich Umweltfragen, hängt mit der zunehmenden Erkenntnis zusammen, dass menschliches Handeln und die Zerstörung der Natur und des Klimas unmittelbar in Zusammenhang stehen. Auch die Medien trugen bzw. tragen kontinuierlich dazu bei, dieses Bewusstsein zu verstärken: Die Begriffe Energieeffizienz, Nachhaltigkeit und Klimawandel sind heute mehr denn je präsent.⁴³ Wo in der Vergangenheit die Vereinbarkeit von andauernden Wirtschaftswachstum und ökologischem Handeln noch stark bezweifelt wurde, entstand seit Mitte der 1980er Jahre eine zunehmende Anzahl von erfolgreichen und nachhaltigen Wirtschaften, die heute auch von Unternehmen gefördert werden. Für letztere stellt der effiziente Einsatz von Ressourcen, Material und Energie keinerlei Hindernis mehr dar, sondern bietet eine große Zukunftschance.⁴⁴ Im Rahmen der Agenda 21 wurden neben „ökologischen und sozialen Handlungsempfehlungen auch ökonomische Ziele für Handel und Industrie festgelegt, wie die Förderung einer umweltverträglichen Produktion oder einer verantwortungsbewussten Unternehmerschaft“.⁴⁵

42 Brandt (2018), S. 8; Flaskühler (2018), S. 429.

43 Ebert/Eßig/Hauser (2010), S. 17.

44 Ebert/Eßig/Hauser (2010), S. 18 f.

45 Ebert/Eßig/Hauser (2010), S. 19.

Gesetzliche Anforderungen in der EU	18
EU-Gebäuderichtlinie EPBD	18
Gesetzliche Anforderungen in Deutschland	19
Energieeinsparungsgesetz EnEG	19
Energieeinsparverordnung EnEV	21
Erneuerbare-Energien-Wärmegesetz EEWärme G	22
Erneuerbare-Energien-Gesetz EEG	24
GebäudeEnergienGesetz GEG	25

03 | Eckpfeiler der nationalen Energiepolitik

Die deutsche Bundesregierung möchte bis 2020 die Treibhausemissionen um mindestens 40% im Vergleich zum Jahr 1990 senken und bis 2050 weitgehend klimaneutral sein. Aufgrund dessen, wurde 2016 an Anlehnung an das globale Pariser Abkommen der Klimaschutzplan 2050 verabschiedet, dieser gibt für die Umsetzung des ehrgeizigen Ziels entsprechende Zwischen- und Sektorziele vor. Der leitende Gedanke und die treibende Kraft für die nationale Klimaschutzpolitik sind die Vereinbarungen der UN-Klimarahmenkonvention und ihrer Zusatzprotokolle, das Kyoto-Protokoll und das Pariser Abkommen.

Um Deutschlands ambitionierte Klimaschutzziele zu erreichen, müssen Gebäude hierzulande eindeutig energieeffizienter werden, da in etwa 35% des Energieverbrauchs in Deutschland auf den Gebäudebereich entfallen.¹ In der Debatte um die Energiewende wurde der hohe Stellenwert von Gebäuden oft nicht ausreichend beachtet. Da sie aber einen erheblichen Anteil an dem Endenergieverbrauch haben, ist eine umfassende Energieeffizienzpolitik im Gebäudesektor zwingend notwendig.

In den folgenden Absätzen werden die bislang wichtigsten gesetzliche Regelungen in der nationalen Energiepolitik, die sich mit der Thematik „Energieeinsparung bei Gebäuden“ und „Erneuerbare Energien“ befassen, beschrieben und zusammenfassend vorgestellt.

1 Deutsche Energie-Agentur (2018): Bedeutung der Gebäude für die Energiewende erkennen.

Zu den wichtigen gesetzlichen Regelungen gehören:

EU-Gebäuderichtlinie | EPBD
Energieeinsparungsgesetz | EnEG
Energieeinsparverordnung | EnEV
Erneuerbare-Energien-Wärmegesetz | EEWärmeG
Erneuerbare-Energien-Gesetz | EEG
GebäudeEnergieGesetz | GEG

EU-Gebäuderichtlinie | EPBD

Die EU-Richtlinie über die Gesamteffizienz von Gebäuden (EU-Gebäuderichtlinie oder Directive on Energy Performance | EPBD) wurde im Mai 2010 vom Europäischen Parlament verabschiedet. Diese Neuauflage der EU-Richtlinie baut auf der bestehenden von 2002 auf. Diese hatte zur Aufgabe, die Energieeinsparungen bis 2012 auf 22% zu erhöhen.² Die aktuelle, seit 7. Juli 2010 in Kraft getretene Richtlinie verpflichtet die EU-Mitgliedsstaaten die gesetzlich festgelegten Anforderungen zur Steigerung der Gesamteffizienz von Gebäuden umzusetzen. Ziel dieser neuen Bestimmung ist die Verringerung des Energieverbrauchs im Gebäudesektor, der erhöhte Einsatz von erneuerbaren Energien sowie die Senkung von Energieabhängigkeit und der CO₂-Emissionen in der Europäischen Union. Die novellierte Richtlinie beschreibt, dass alle Neubauten in der EU ab 2021 als Niedrigstenergiegebäude gebaut werden müssen. Für Neubauten der öffentlichen Hand gilt diese Anforderung bereits

Gesetzliche
Anforderungen in der
EU

² Baunetz_Wissen (2018): Die EU-Gebäuderichtlinie.

ab 2019. Die EU-Gebäuderichtlinie bietet allerdings keine genaue Definition über den Begriff Niedrigstenergiegebäude. Im Allgemeinen werden Niedrigstenergiegebäude als Gebäude mit sehr hoher Gesamtenergieeffizienz beschrieben.

Die EU-Richtlinie definiert ein Niedrigenergiehaus unter Artikel 2, Punkt 2, wie folgt:

„Der fast bei Null liegende oder sehr geringe Energiebedarf sollte zu einem ganz wesentlichen Teil durch Energie aus erneuerbaren Quellen - einschließlich Energie aus erneuerbaren Quellen, die am Standort oder in der Nähe erzeugt wird - gedeckt werden.“³

Genau genommen beschreibt diese Richtlinie eine vage Zielvorgabe für die Neubauten der Zukunft. Dennoch sind die Mitgliedsstaaten verpflichtet eine Aufstellung über bestehende und geplante Maßnahmen darzulegen, die zum Erreichen der gesetzten Vorgaben dient. Es gilt die Anforderungen der EU-Gebäuderichtlinie in nationales Recht umzusetzen.

Gesetzliche
Anforderungen in
Deutschland

Energieeinsparungsgesetz | EnEG

Das Energieeinsparungsgesetz (EnEG) genauer: „Gesetz zur Einsparung von Energie in Gebäuden“ ermächtigt die Bundesregierung mit Zustimmung des Bundesrates den Erlass von Verordnungen, die energetische Anforderungen an Gebäuden und Anlagentechnik

3 EU-Richtlinie (2010), Artikel 2, 2.

stellen.⁴ Ziel des Energieeinsparungsgesetzes ist es, den Energieverbrauch in Gebäuden drastisch zu senken.

Folgende Verordnungen, die auf Grund des Energieeinsparungsgesetzes erlassen wurden:⁵

- Heizungsbetriebsverordnung (seit 1989 außer Kraft)
- Wärmeschutzverordnung (seit 2002 außer Kraft)
- Heizungsanlagenverordnung (seit 2002 außer Kraft)
- Heizkostenverordnung
- Energieeinsparverordnung

Ursprünglich wurde das Gesetz als Reaktion auf die Ölkrise 1976 verabschiedet,⁶ um die Abhängigkeit der Bundesrepublik Deutschland von importierten Energieträgern zu vermindern. Seither wurde die EnEG mehrfach verändert. Die letzte Novellierung trat am 13. Juli 2013 in Kraft und bildete die gesetzliche Grundlage für die Energieeinsparverordnung 2014 (EnEV 2014).⁷ Mit der Gesetzesergänzung wurden die Vorgaben der „Europäischen Richtlinie über die Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden“ (EU-Gebäuderichtlinie) umgesetzt. So legt die EnEG unter anderem fest, dass alle Neubauten ab 2021 als Niedrigstenergiegebäude gebaut werden müssen. Für Neubauten der öffentlichen Hand gilt diese Anforderung bereits ab 2019.

4 Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (2013): Energieeinsparungsgesetz (EnEG).

5 BBSR (2013): Energieeinsparungsgesetz (EnEG).

6 Deutsche Energie-Agentur (2018): Das Energieeinsparungsgesetz (EnEG).

7 BBSR (2013): Energieeinsparungsgesetz (EnEG).

Energieeinsparverordnung | EnEV

Die seit 2002 geltende Energieeinsparverordnung (EnEV) regelt die energetischen Mindestanforderungen an ein klimatisiertes und beheiztes Gebäude. Die damalige Wärmeschutzverordnung (WSchV) und die Heizungsanlagenverordnung (HeizAnIV) wurden vom Gesetzgeber zur EnEV 2002 zusammengefasst.⁸ Neben der Energieeffizienz der Gebäudehülle wird auch die Anlagentechnik für Heizung, Kühlung, Lüftung, Warmwasserbereitung und elektrische Hilfsenergie bewertet. Die Energiesparverordnung (EnEV) wurde letztmalig im November 2013 novelliert und trat am 1. Mai 2014 in Kraft, um die Europäische Richtlinie über die Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden (EU-Gebäuderichtlinie) umzusetzen. Des Weiteren hat der Bund mit der EnEV 2014, die seit dem 1. Januar 2016 in Kraft getreten ist, eine Verschärfung der energetischen Anforderungen an Neubauten mit eingebunden. Diese Verschärfung umfasst eine Senkung des bisher zulässigen Jahres-Primärenergiebedarfs um 25% und eine Verringerung der Transmissionswärmeverluste um 20% durch Erhöhung des baulichen Wärmeschutzes.⁹

8 Keller, Helmut (2018): Energieeinsparverordnung.

9 Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit (2016): Energieeinsparverordnung (EnEV).

Erneuerbare-Energien-Wärmegesetz | EEWärmeG

Das „Gesetz zur Förderung erneuerbarer Energien im Wärmebereich“ (kurz: Erneuerbare-Energien-Wärmegesetz | EEWärmeG) ist am 01.01.2009 in Kraft getreten. Dabei gilt, den Wärmeenergiebedarf der Gebäude anteilig durch Nutzung von erneuerbaren Energien zu decken. Bis 2020 ist der verpflichtende Einsatz von erneuerbaren Energien am Endenergieverbrauch für die Wärme- und Kälteversorgung auf 14% zu erhöhen (§ 1 Abs. 1 EEWärmeG).¹⁰

Das Erneuerbare-Energien-Wärmegesetz besteht für alle Neubauten mit einer Nutzfläche von mehr als 50 Quadratmetern, die beheizt oder gekühlt werden (§ 4 EEWärmeG). Alle Neubauten unbedeutend, ob es sich um private oder öffentliche Auftraggeber handelt, sind von der Pflicht betroffen. Die Art der erneuerbaren Energien sind vom Bauherr und unter Einhaltung von bestimmten Mindestanforderungen selbst zu wählen. Der erforderliche Anteil am Wärmeenergiebedarf ist davon abhängig, welche erneuerbare Energie zum Einsatz kommen. Folgende erneuerbare Energien und die erforderlichen Mindestanteile am Wärme- und Kälteenergiebedarf (§ 5 EEWärmeG):

Solare Strahlungsenergie	≥ 15% Mindestanteil
Biomasse gasförmig	≥ 30% Mindestanteil
Biomasse flüssig	≥ 50% Mindestanteil
Biomasse fest	≥ 50% Mindestanteil
Geothermie	≥ 50% Mindestanteil

10 Bundesministerium der Justiz und für Verbraucherschutz: Gesetz zur Förderung Erneuerbarer Energien im Wärmebereich (...).

Die unterschiedlichen Anteile ergeben sich aus den unterschiedlichen Brennstoff- und Investitionskosten.¹¹

Das EEWärmeG sieht anstelle der Verwendung erneuerbarer Energien für die Wärme- und Kälteversorgung auch folgende Ersatzmaßnahmen vor (§ 7 Abs. 1 EEWärmeG):

Abwärme	≥ 50% Mindestanteil
Kraft-Wärme-Kopplungsanlagen (KWK-Anlagen)	≥ 50% Mindestanteil

Eine weitere zulässige Ersatzmaßnahme ist die Deckung des Wärmeenergiebedarfs durch konventionell erzeugte Fernwärme (§ 7 Abs. 3 EEWärmeG). Eine Kombination der oben genannten Ersatzmaßnahmen mit erneuerbaren Energien oder eine Kombination verschiedener erneuerbarer Energien untereinander ist ebenfalls zulässig (§ 8 EEWärmeG).

Für Gebäude der öffentlichen Hand ist die Verwendung von erneuerbaren Energien nicht nur für Neubauten, sondern auch für die Renovierung von bestehenden Gebäuden verpflichtend. (§ 3 Abs. 2 EEWärmeG). Diese gesetzliche Anforderung über den Einsatz von erneuerbaren Energietechnologien hebt die Vorbildfunktion der Behörden hervor.

Das EEWärmeG verpflichtet nicht nur den Einsatz von erneuerbaren Energien, sondern legt auch Förderungen, die in den „Richtlinien zur

11 Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (2018): Erneuerbare-Energien-Wärmegesetz.

Förderung von Maßnahmen zur Nutzung erneuerbarer Energien im Wärmemarkt“ (MAP) geregelt sind, fest. Vorrangig werden Anlagen in bereits bestehenden Gebäuden gefördert, da beim Neubau die Verwendung erneuerbarer Energien für die Wärme- und Kälteversorgung ohnehin gesetzlich verpflichtend ist, werden nur noch besonders innovative und hocheffiziente Energietechnologien gefördert.¹²

Erneuerbare-Energien-Gesetz | EEG

Das im Jahr 2000 verabschiedete Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG) schaffte die Grundlage für den Ausbau von erneuerbaren Energien. Ziel des EEG ist es den Strom aus erneuerbaren Energien bis 2050 auf mindestens 80% zu erhöhen, um dadurch die Energieversorgung umweltverträglicher zu machen und weitestgehend unabhängig von fossilen Energieträgern zu werden. Das stark wachsende Interesse an nachhaltige Stromerzeugungstechnologien ist wesentlich auf das EEG zurückzuführen. Seit der Verabschiedung des Gesetzes ist der Anteil der erneuerbaren Energien am Stromverbrauch in Deutschland von 6% (2000) auf 31,7% (2016) gestiegen. Bis zum Jahr 2020 soll der Anteil auf mindestens 35% und bis 2035 mindestens 55-60% erhöht werden.¹³

Im Rahmen des EEG erhalten Anlagenbetreiber für die Erzeugung von Solarstrom 15 bis 20 Jahre lang eine festgelegte Einspeisevergütung. Dabei wird nach Zeitpunkt der Inbetriebnahme, Technologie sowie

12 BMWi (2018): Erneuerbare-Energien-Wärmegesetz.

13 Baden-Württembergischen Handwerkstag e.V. (2014), S. 145.

nach erzeugter Strommenge unterschieden. Des Weiteren regelt das Erneuerbare-Energien-Gesetz die Vorrang-Abnahmepflicht erneuerbarer Energien. Die Netzbetreiber werden dazu verpflichtet den sauberen Strom abzunehmen und vorrangig ins Stromnetz einzuspeisen. Hierbei werden dem Netzbetreiber entstehenden Mehrkosten auf alle Stromverbraucher umgelegt (EEG-Umlage). Durch die festgelegte Vergütung und der garantierten Stromabnahme ermöglicht die EEG den Markteintritt für nachhaltige Stromerzeugungstechnologien.

Ebenfalls förderfähig ist die Stromerzeugung aus:

- Solarenergie
- Windkraft
- Geothermie
- Biomasse
- Wasserkraft
- Deponie-, Klär- und Grubengas

GebäudeEnergieGesetz | GEG

Mit der Novellierung eines neuen umfassenden Energieeffizienzgesetzes sollen alle bisher geltenden Bestimmungen, wie das Energieeinsparungsgesetz (EnEG), die Energieeinsparverordnung (EnEV) und das Erneuerbare-Energien-Wärmegesetz (EEWärmeG) zu einem sogenannten GebäudeEnergieGesetz (GEG) zusammengefasst werden. Grund hierfür sind die Anforderungen der EU-Gebäuderichtlinie von 2010. Diese Richtlinie verlangt, dass ab 2021 alle Neubauten

in der EU in Niedrigstenergiestandard errichtet werden müssen. Für öffentliche Bauten gilt diese Anforderung bereits ab 2019. Da die Bundesrepublik mit ihrer aktuellen EnEV 2016 die europäische Richtlinie nur teilweise erfüllen konnte, ist eine Novellierung eines neuen Energieeinsparrechts dringend erforderlich.¹⁴ Mit dem Gesetzesentwurf für das GebäudeEnergieGesetz (GEG) sollen die bisherigen geltenden Richtlinien zu einem Regelwerk vereinheitlicht und vereinfacht werden, um Diskrepanzen der alten Regelungen zu beheben und die Durchführung des Energiesparrechts zu erleichtern. Das neue Gesetz soll voraussichtlich Mitte 2019 in Kraft treten.

14 Tuschinski, Melita (2018): Neues GebäudeEnergieGesetz GEG 2019: Was kommt wann?

Förderprogramme | 04

Förderprogramme des Bundes	28
Förderung der Kreditanstalt für Wiederaufbau KfW	28
Förderung des Bundesamtes für Wirtschaft & Ausfuhrkontrolle BAFA	34
Erneuerbare-Energien-Gesetz EEG	35
Kraft-Wärme-Kopplungsgesetz KWKG	36
Förderprogramme des Landes Baden-Württemberg	37
Eigentumsfinanzierung BW Z 15-Darlehen	37
Wohnen mit Zukunft: Erneuerbare Energien L-Bank	37
Wohnen mit Kind L-Bank	39
Förderprogramme der Region Heilbronn	40
Energieagentur Heilbronn	40
Kombination und Beantragung von Fördermitteln	41

04 | Förderprogramme

In der Bundesrepublik gibt es zahlreiche und unterschiedliche Förderangebote, die das Ziel der Energieeffizienz zugunsten des Umwelt- und Klimaschutzes verfolgen. Die Fördergelder werden in erster Linie von Bund, Länder, aber auch von Stiftungen gestellt. Mittlerweile gibt es auch Förderungen aus dem Wirtschaftszweig, wie zum Beispiel Banken und Energieversorger, die spezielle Förderprogramme anbieten. Neben den Hauptförderprogrammen des Bundes, bzw. des Landes kommen auch kommunale Förderangebote in Betracht. Um das geeignete Förderprogramm ausfindig zu machen, gilt es wichtige Fragen vorab zu klären. Einerseits, ob verschiedene Förderangebote untereinander kombinierbar sind oder ob sie sich untereinander ausschließen (Kumulierungsverbot). Andererseits, ob Anträge vor Kauf bzw. vor Baubeginn einer Immobilie gestellt werden müssen. Für eine Übersicht der einzelnen Förderprogramme des Bundes, der Länder und der Europäischen Union dient die Förderdatenbank (www.foerderdatenbank.de). Nachfolgend werden die wichtigsten Förderprogramme, die für den Neubau relevant sind, beschrieben und zusammenfassend vorgestellt.

Förderung der Kreditanstalt für Wiederaufbau | KfW

Förderprogramme des
Bundes

Im Rahmen des CO₂-Gebäudesanierungsprogramms hat der Bund die KfW-Förderprogramme zum energieeffizienten Bauen und Sanieren veranlasst. Das CO₂-Gebäudesanierungsprogramm aus dessen Gelder die Förderprogramme finanziert werden, trägt wesentlich zu Gebäuden mit niedrigem Energieverbrauch und Kohlendioxid-Ausstoß bei, die weit über die gesetzlichen Anforderungen der EnEV hinaus gehen. „Seit 2006 bis Ende 2018 konnten damit über 5,3 Millionen Wohnungen und über 3.300 Gebäude von sozialen Einrichtungen, wie Kindergärten und Schulen, energieeffizient saniert beziehungsweise neu gebaut werden.“¹ Neben den Zuschüssen werden auch zinsgünstige Kredite in Verbindung mit Tilgungszuschüsse gewährt.² Dabei gilt, je besser die Energieeffizienz von Gebäuden ausfällt, desto höher ist die Förderung.

Auf Grundlage der geltenden Energieeinsparverordnung (EnEV) werden folgende KfW-Effizienzhäuser gefördert:

KfW-Effizienzhaus 55

KfW-Effizienzhaus 40 (vergleichbar mit Passivhaus)

KfW-Effizienzhaus 40 Plus

Die verschiedenen Standards werden durch Kennzahlen angegeben. Je kleiner die Kennzahl, desto höher der energetische Standard, umso

1 Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (2018): CO₂-Gebäudesanierungsprogramm weiterentwickeln und aufstocken (...).

2 BMWi (2018): CO₂-Gebäudesanierungsprogramm weiterentwickeln und aufstocken (...).

höher fällt die Förderung aus. So entspricht zum Beispiel ein KfW-Effizienzhaus 100 den Vorgaben der EnEV. Ein KfW-Effizienzhaus 55 verbraucht 55% der Energie des Referenzgebäudes, ein KfW-Effizienzhaus 40 sogar nur 40%. Für den KfW-Effizienzhaus 40 Plus-Standard bedarf es weitere Geräte und Anlagen, etwa zur Erzeugung von Strom und Lüftung. Seit 2016 ist das KfW-Effizienzhaus 70 nicht mehr Bestandteil des Förderprogramms.

Förderung der Kredit-
anstalt für Wiederauf-
bau | KfW

Energieeffizient Bauen | Kredit 153

Das KfW-Förderprogramm „Kredit 153 - Energieeffizient Bauen“ fördert den Bau und den Neuerwerb von Wohngebäuden nach KfW-Standard mit geringem Energieverbrauch und CO₂-Ausstoß. Gefördert werden Wohngebäude einschliesslich Wohn-, Alten- und Pflegeheime, Anbauten und der Ausbau von vormals nicht beheizten Räumen (Dachgeschosse). Von der Förderung ausgenommen werden Hotels, Ferienhäuser bzw. -wohnungen, Wochenendhäuser sowie Nachfinanzierungen bereits abgeschlossener Bauvorhaben.³

Der Bauherr erhält mit dem Förderprogramm KfW 153 ein Darlehen von maximal 15.000 EUR pro Wohneinheit und einen einmaligen Tilgungszuschuss von bis zu 15.000 EUR (Neubau).⁴

Eine Kombination mit anderen Förderprogrammen ist möglich, vorausgesetzt der Betrag aus Zuschüssen und Krediten übersteigt nicht den Betrag der Aufwendungen.

3 Kreditanstalt für Wiederaufbau (2018): Merkblatt Energieeffizient Bauen.

4 KfW (2018): Merkblatt Energieeffizient Bauen.

KfW 153 kann mit folgenden Förderprodukten kombiniert werden:⁵

KfW 124 | Wohneigentumsprogramm

KfW 431 | Energieeffizient Bauen und Sanieren -
Baubegleitung

Energieberatung für Wohngebäude (BAFA)*

*Förderprogramme für Sanierungen

Energieeffizient Bauen und Sanieren - Baubegleitung | Zuschuss 431

Ein energieeffizienter Neubau erfordert komplexe Fachkenntnisse. Damit das Bauvorhaben gefördert wird, ist zur Unterstützung des Bauherrn ein Energieeffizienz-Experte hinzuzuziehen. Für die Beauftragung eines unabhängigen Experten für die energetische Fachplanung und Baubegleitung des Vorhabens werden zusätzliche Fördergelder von der KfW gewährt.

Die Höhe des Förderungszuschuss beträgt 50% der förderfähigen Kosten, maximal 4.000 EUR pro Vorhaben. Beträge unter 300 EUR werden nicht ausgezahlt.⁶

5 KfW (2018): Merkblatt Energieeffizient Bauen.

6 KfW (2018): Energieeffizient Bauen und Sanieren - Zuschuss Baubegleitung.

KfW 431 kann mit folgenden Förderprodukte kombiniert werden:⁷

KfW 153 | Energieeffizient Bauen

Energieberatung für Wohngebäude (BAFA)

KfW 151/152 | Energieeffizient Sanieren - Kredit

KfW 430 | Energieeffizient Sanieren - Investitionszuschuss*

*Förderprogramme für Sanierungen

Wohneigentumsprogramm | Kredit 124

Das KfW-Wohneigentumsprogramm unterstützt mit zinsgünstigen Krediten den Bau von selbst genutzten Immobilien in Deutschland. Mit KfW 124 liegt der Kreditbetrag bei maximal 50.000 EUR.⁸ Folglich ist mit dem KfW-Darlehen nur einen Teil der Immobilien finanzierbar. Die KfW 124 ist neben dem Hauptdarlehen als Ergänzung zu sehen und kann flexibel mit anderen Förderprodukten kombiniert werden.

KfW 124 kann mit folgenden Förderprodukten kombiniert werden:⁹

KfW 153 | Energieeffizient Bauen

**KfW 431 | Energieeffizient Bauen und Sanieren -
Baubegleitung**

KfW 151/152 | Energieeffizient Sanieren - Kredit

7 baufoerderer.de - Informationsportal für Bauherren & Baufinanzierung (2018):
Fördermittelsuche.

8 KfW (2018): KfW-Wohneigentumsprogramm.

9 baufoerderer.de - Informationsportal für Bauherren & Baufinanzierung (2018):
KfW- Wohneigentumsprogramm.

KfW 430 | Energieeffizient Sanieren - Investitionszuschuss
KfW 167 | Energieeffizient Sanieren - Ergänzungskredit
KfW 159 | Altersgerecht Umbauen - Kredit
KfW 455 | Altersgerecht Umbauen - Investitionszuschuss*

*Förderprogramme für Sanierungen

Baukindergeld | Zuschuss 424

Das Baukindergeld der KfW ist ein staatlicher Zuschuss für Familien mit Kind, gefördert wird der erste Neubau oder Kauf eines Wohneigentum zur eigenen Nutzung. Der Zuschuss beträgt 1.200 EUR pro Jahr für jedes Kind unter 18 Jahren, über eine Dauer von maximal 10 Jahren. Voraussetzung hierfür ist, dass das Jahreseinkommen nicht die Summe von 75.000 EUR plus 15.000 EUR pro Kind überschreiten.¹⁰

Die Einkommensgrenze liegt bei:¹¹

1 Kind	bei max. 90.000 EUR
2 Kinder	bei max. 105.000 EUR
3 Kinder	bei max. 120.000 EUR

10 Vergleich.de - Gesellschaft für Verbraucherinformationen (2018): Baukindergeld 2019: Wann, wer, wie viel - alle Antworten zur Eigenheimzulage für Familien!

11 kindergeld.org (2018): Baukindergeld - Eigenheim Förderung für Familien mit Kind.

Das KfW-Fördermittel ist mit folgenden Fördermitteln kombinierbar:¹²

KfW 153 | Energieeffizient Bauen

KfW 124 | Wohneigentumsprogramm

Marktanreizprogramm (MAP)

KfW 151/152 | Energieeffizient Sanieren - Kredit

KfW 430 | Energieeffizient Sanieren - Investitionszuschuss

KfW 159 | Altersgerecht Umbauen - Kredit

KfW 455 | Altersgerecht Umbauen - Investitionszuschuss

Heizungsoptimierung*

*Förderprogramme für Sanierungen

Energieeffizient Bauen und Sanieren - Zuschuss Brennstoffzelle | Zuschuss 433

Das KfW 433-Programm „Energieeffizient Bauen und Sanieren - Zuschuss Brennstoffzelle“ fördert die Anschaffung und Installation einer Brennstoffzellenheizung in Wohngebäuden. Ein Festbetrag von 5.700 EUR und ein Bonus, der von der elektrischen Leistung der Brennstoffzelle abhängig ist und in der Regel zwischen 7.050 und 28.200 EUR beträgt, werden im Rahmen dieses Programms bezuschusst.¹³ Darüber hinaus lässt sich die Förderung auch mit der Vergütung für KWK-Anlagen nach dem Kraft-Wärme-Kopplungs-Gesetz kombinieren.

12 baufoerderer.de - Informationsportal für Bauherren & Baufinanzierung (2018): Fördermittelsuche.

13 [co2online](http://co2online.de) (2018): Förderprogramm: KfW - Energieeffizient Bauen und Sanieren - Zuschuss Brennstoffzelle

Erneuerbare Energien - Standard | Kredit 270

Im Rahmen des KfW-Programms werden neben der Errichtung von Wohngebäuden, auch Anlagen zur Stromerzeugung und Stromspeicherung mitgefördert. Mit dem KfW-Programm „Erneuerbare Energien - Standard“ werden erneuerbare Energien zur Stromerzeugung, zur kombinierten Strom- und Wärmeerzeugung wie in Kraft-Wärme-Kopplungsanlagen (KWK-Anlagen) als auch Maßnahmen zur Einbindung erneuerbarer Energien (Batteriespeicher) durch eine zinsgünstige Finanzierung gefördert.

Mit der KfW 270 kann die Kredithöhe bis zu 100% der Investitionskosten betragen. Eine Kombination mit anderen KfW-Förderprogrammen ist möglich, sofern diese keine weitere derartige Unterstützung beinhaltet.¹⁴ Somit dürfen Förderungen nach dem Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG) oder dem Kraft-Wärme-Kopplungsgesetz (Einspeisevergütung) nicht in Anspruch genommen werden.

Marktanreizprogramm - Heizen mit erneuerbaren Energien | MAP

Im Rahmen des Marktanreizprogramms (MAP) fördert das Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle (BAFA) Anlagen, die erneuerbaren Energien zur Wärmeerzeugung nutzen. Effiziente Wärmepumpen, Biomasse- und Solarthermieanlagen, aber auch die Errichtung von Wärmenetzen und -speichern werden von der BAFA mit hohen staatlichen Zuschüssen gefördert. Bei einer Kombination

Förderung des Bundesamtes für Wirtschaft & Ausfuhrkontrolle | BAFA

14 KfW (2018): Erneuerbare Energien - Standard.

von verschiedenen Technologien oder einer Optimierung der Heizungsanlagen kommen weitere Zuschüsse hinzu. Seit dem 01. Januar 2018 kann der Förderantrag bereits vor Erwerb eines neuen Heizsystems gestellt werden. Der Vorteil ist, dass mit einer Planungssicherheit über die finanzielle Unterstützung von Anfang an gerechnet werden kann.¹⁵ Vorrangig werden Anlagen in bereits bestehenden Gebäuden gefördert, da beim Neubau die Verwendung erneuerbarer Energien für die Wärmeerzeugung ohnehin gesetzlich verpflichtend ist (EEWärmeG), werden nur besonders innovative und hocheffiziente Energietechnologien gefördert.¹⁶ Die Höhe des Zuschusses ist von der jeweiligen Heizungsanlage abhängig und beläuft sich zwischen 2.000 und 4.000 EUR.¹⁷

Erneuerbare-Energien-Gesetz | EEG

Der Bund fördert die Erzeugung von Strom aus erneuerbaren Energien wie Windenergie, Wasserkraft, Solarenergie, Geothermie, Biomasse einschliesslich Deponie-, Klär- und Grubengas. Ziel ist es, den Anteil der erneuerbaren Energien an der Stromerzeugung bis 2050 auf 80 % zu erhöhen,¹⁸ um die fossilen Energieträger zu schonen, die Stromerzeugungstechnologien aus erneuerbaren Energien

-
- 15 Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (2018): Wärme aus Erneuerbaren: das Marktanreizprogramm (MAP) für Privatpersonen, Unternehmen und Kommunen.
- 16 BMWi (2018): Erneuerbare-Energien-Wärmegesetz.
- 17 BMWi (2018): Häufig gestellte Fragen zum Marktanreizprogramm (MAP).
- 18 BMWi (2018): Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG).

weiterzuentwickeln und die Energieversorgung umweltverträglicher und leistbarer zu machen.

Der Netzbetreiber ist verpflichtet, den Anlagenbetreibern, die den Strom aus erneuerbaren Energien erzeugen, festgelegte Vergütungssätze zu gewähren. Die Vergütungssätze sind für 20 Jahre festgeschrieben. Die Höhe der Vergütung ist von Art, Größe und Zeitpunkt der Inbetriebnahme der Anlage abhängig.

Kraft-Wärme-Kopplungsgesetz | KWKG

Mit dem Kraft-Wärme-Kopplungsgesetz (KWKG) fördert die deutsche Regierung die Errichtung und Modernisierung von KWK-Anlagen als auch den Neu- bzw. Ausbau von Wärmenetze und -speichern. Das KWK-Gesetz verpflichtet die Betreiber, die förderfähigen Anlagen an das öffentliche Netz anzubinden und den erzeugten Strom primär abzunehmen und zu vergüten.¹⁹ Zugleich erhalten Inhaber einer KWK-Anlage zeitlich befristete Zuschlagszahlungen, vorausgesetzt die Anlage wurde durch das BAFA zugelassen.²⁰ Die Höhe der Förderung ist von der jeweiligen Anlage und dem Zeitpunkt der Inbetriebnahme abhängig.

19 BMWi (2018): Kraft-Wärme-Kopplungsgesetz (KWKG).

20 Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle (2019): Stromvergütung für KWK- Anlagen.

Eigentumsfinanzierung BW | Z 15-Darlehen

Das Z 15-Darlehen fördert bei Selbstnutzung die Eigentumsfinanzierung bei Bau oder Kauf einer Immobilie, ebenso wie Umbaumaßnahmen an bestehenden Gebäude. Förderungsfähig sind Familien mit mindestens einem Kind.

Grundsätzlich kann das Förderprogramm „Eigentumsfinanzierung BW“ mit anderen Förderungen kombiniert werden, dennoch Förderprodukte, die öffentliche Gelder des Landes Baden-Württemberg enthalten, sind ausgeschlossen. Dazu gehören: KfW 153 (Energieeffizient Bauen) und KfW 124 (Wohneigentumsprogramm). Ebenfalls ausgeschlossen sind folgende Programme der L-Bank:²¹

Wohnen mit Kind

Energieeffizienzfinanzierung - Bauen

Finanzierung Familienzuwachs - Optionsdarlehen neu

Wohnen mit Zukunft: Erneuerbare Energien | L-Bank

Das Land Baden-Württemberg fördert über die L-Bank (in Zusammenarbeit mit der KfW Bankengruppe) mit dem Förderprogramm „Wohnen mit Zukunft - Erneuerbare Energien“ Heizungsanlagen auf Basis erneuerbarer Energien. Ein Darlehen wird an private Haushalte vergeben, die mit erneuerbaren Energien heizen wollen.

²¹ baufoerderer.de - Informationsportal für Bauherren & Baufinanzierung (2018): Eigentumsfinanzierung BW - Z 15-Darlehen.

Zu den förderfähigen Anlagen zählen:²²

- Solarthermische Anlagen
- Biomasseanlagen
- Holzvergaser-Zentralheizungen
- Wärmepumpen
- Kraft-Wärme-Kopplung

Die heiztechnischen Anlagen werden sowohl im Neu- als auch im Bestandsbau mit einem zinsvergünstigten Kredit gefördert. Der Darlehensbetrag liegt zwischen mindestens 5.000 EUR und maximal 50.000 EUR pro Wohngebäude.²³

Das Förderprogramm „Wohnen mit Zukunft - Erneuerbare Energien“ lässt sich noch mit weiteren Förderdarlehen oder Zuschüssen von Bund, Land oder Gemeinden kombinieren:²⁴

- Eigentumsfinanzierung BW - Z 15-Darlehen
- Wohnen mit Kind
- Marktanreizprogramm (MAP)
- KfW 153 | Energieeffizient Bauen
- KfW 124 | KfW-Wohneigentumsprogramm
- KfW 151/152 | Energieeffizient Sanieren - Kredit*

*Förderprogramme für Sanierungen

22 baufoerderer.de (2018): Wohnen mit Zukunft: Erneuerbare Energien.

23 baufoerderer.de (2018): Wohnen mit Zukunft: Erneuerbare Energien.

24 baufoerderer.de (2018): Fördermittelsuche.

Wohnen mit Kind | L-Bank

Das Förderprodukt der Landeskreditbank Baden-Württemberg „Wohnen mit Kind“ wird in Zusammenarbeit mit der KfW, welches den Grundlagen des KfW-Wohneigentumsprogramms entspricht, gefördert. Dabei werden Familien mit Kind, die einen Neubau errichten oder ein Wohneigentum zur Eigennutzung erwerben, unterstützt. Die ohnehin schon günstigen Kredite der KfW werden von der L-Bank zusätzlich verringert. Förderungsfähig sind Ehepaare, Alleinerziehende oder eheähnliche Lebensgemeinschaften mit einem Einkommen bis 200.000 EUR bzw. 100.000 EUR bei Alleinerziehende.²⁵ Der Darlehensbetrag beträgt zwischen 15.000 EUR bis maximal 50.000 EUR.²⁶

Das Förderprodukt „Wohnen mit Kind“ der L-Bank lässt sich mit folgenden Förderungen kombinieren:²⁷

KfW 153 | Energieeffizienz Bauen

Eine Kombination mit dem KfW-Wohneigentumsprogramm als auch der Eigentumsfinanzierung BW hingegen, ist nicht möglich.

25 baufoerderer.de (2018): Wohnen mit Kind.

26 baufoerderer.de (2018): Wohnen mit Kind.

27 baufoerderer.de (2018): Wohnen mit Kind.

Energieagentur Heilbronn

Neben der Klimaschutz- und Energieagentur (KEA) als Landesenergieagentur, gibt es in Baden-Württemberg weitere 35 regionale Energieagenturen. Diese Einrichtungen werden unterschiedlich organisiert und werden meistens von der Verwaltung, das örtliche Handwerk, die örtlichen Energieversorger als auch von Banken finanziert.²⁸ So wird beispielsweise die Energieagentur Heilbronn zur Hälfte von der Stadt Heilbronn getragen. Mitgesellschafter sind die Energieversorger Heilbronner Versorgungs GmbH und die Zeag Energie AG.²⁹ Die Förderung erfolgt durch das Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden Württemberg. Die Energieagentur Heilbronn bietet den BürgerInnen der Stadt Heilbronn eine kostenlose anbieterneutrale Erstberatung an. Zu den Beratungsleistungen zählen u.a.: das Energiesparen im Allgemeinen, unabhängige Expertenvermittlung, aktuelle Verordnungen, Fördermöglichkeiten und Zuschüsse, Beratung und Empfehlungen bei geplanten Neubauten und energetischen Modernisierungen. Neben Fachkenntnisse und Kenntnisse der örtlichen Gegebenheiten, sind die regionalen Energieagenturen wichtige Instrumente für die Realisierung der Klimaschutzziele des Landes.

28 Klimaschutz- und Energieagentur Baden-Württemberg GmbH (2018): Regionale Energieagenturen in Baden-Württemberg.

29 Stadt Heilbronn (2018): Energieagentur Heilbronn.

Kombination und Beantragung von Fördermitteln

Die Übersicht über die vielen möglichen Kombinationen von Fördermitteln zu behalten, fällt oftmals schwer, dennoch ist es für ArchitektInnen unbedingt erforderlich sich damit zu beschäftigen, um die AuftraggeberInnen umfassend und richtig beraten zu können, denn gerade die Kombination von Fördermitteln macht sich in vielen Fällen bezahlt. Das Fehlen einer zentralen Beratungsstelle erschwert zusätzlich jegliche Orientierung in der unübersichtlichen Fülle von Fördermitteln. Dennoch stehen dem Bauherren unzählige Möglichkeiten offen, kostengünstig und umweltverträglich zu bauen, auch dann, wenn das eine oder andere staatliche Fördermittel bereits ausgeschöpft sein sollte.³⁰

Es lässt sich zusammenfassend sagen, dass hauptsächlich über die KfW und über das Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle (BAFA) gefördert wird. Dazu kommen unzählige weitere Fördermittel von Länder, Kommunen oder regionale Energieversorger bzw. Unternehmen. Die öffentlichen Förderprogramme zielen dabei auf verstärkten Klimaschutz und bessere Wirtschaftlichkeit ab. Insgesamt existieren gemäß Förderdata, der größten, deutschlandweiten Fördermittel-Datenbank, in Deutschland über 6.000 verschiedene Förderungen.³¹ Während die meisten Förderprogramme bis zu einer gewissen Gesamtförderungssumme miteinander kombinierbar sind, so gilt generell, dass die BAFA-Förderprogramme nicht mit denen der

30 Heimann, Stefan (2017): Fördermittel im Bereich der energetischen Sanierung.

31 foerderdata (2018): Fördermittel finden.

KfW kumulierbar sind.³²

Wenn Programme gefunden wurden, die zum Bauvorhaben passen, muss im Rahmen der Antragstellung noch einiges beachtet werden. Zum einen müssen die genau geforderten Daten eingereicht werden, die sich von Programm zu Programm unterscheiden. Außerdem sind die Fördermittel der KfW und BAFA beispielsweise als Bedingung an eine Energieberatung bei einem speziell gelisteten Effizienzexperten geknüpft. Darüber hinaus ist es wichtig, die notwendige Reihenfolge hinsichtlich der Antragstellung und des Baubeginns zu beachten: Denn viele Fördermittel werden im Sinne einer „Anschubfinanzierung“ vergeben, so kann die Förderfähigkeit eines Bauvorhabens verfallen, wenn mit den baulichen Maßnahmen bereits begonnen oder Handwerker beauftragt wurden. Mit dem Beginn der Bauarbeiten ist es wichtig, die Bedingungen des Förderprogramms hinsichtlich der Arbeitsausführung zu kennen und zu beachten, denn je nach Programm kann auf eine fachmännische Durchführung bestanden werden und jegliche Arbeit in Eigenleistung können die Förderfähigkeit beeinträchtigen.³³

In der Praxis empfiehlt es sich für AuftraggeberInnen schon vor Antragstellung mit der Bank abzuklären, ob nach der Bewilligung die Durchleitung der Fördergelder übernommen wird. Da die Durchleitung nicht verpflichtend ist, können frühzeitig Probleme erkannt und behoben werden. Banken sind in der Regel eher daran interessiert ihre

32 Heimann (2017).

33 Heimann (2017).

eigenen Finanzierungsprodukte zu verkaufen.³⁴

Hinsichtlich dieser zahlreichen Hindernisse zur Förderungsbewilligung ist es die Aufgabe des Architekten, den Bauherren auf mögliche Besonderheiten hinzuweisen. Wesentlich ist dabei, dass sich der Architekt selbst umfassend und in Eigeninitiative informiert. Gleichzeitig bietet es dem Architekten auch eine große Chance durch eine Spezialisierung auf das ökologische Bauen und dahingehende Beratungen sich von der Masse der anderen Architekturbüros abzuheben und dem Wettbewerb standzuhalten.³⁵

³⁴ Neimke/Erlenbeck (2008), S. 150.

³⁵ Schürer (2008), S. 39.

EnEV-Haus	46
KfW-Effizienzhaus	49
Passivhaus	52
Niedrigstenergiehaus	58
Plusenergiehaus	60
Nullenergiehaus	62
Aktivhaus®	62
Triple Zero®	65
Sonnenhaus	67
Drei-Liter-Haus®	68
Energetische Gebäudestandards Energie- oder Emissionsproblem?	69

05 | Energetische Gebäudestandards

Energetische Gebäudestandards beschreiben verschiedene Ansätze energieeffizienter Gebäude und stufen Gebäude anhand ihres jährlichen Energiebedarfs ein. Jeder dieser Gebäudestandards nutzt eine andere Herangehensweise, dennoch verfolgen alle ein gemeinsames Ziel, den Energiebedarf im Gebäudesektor drastisch zu senken, lediglich die Wege für das Erreichen des Ziels sind zum Teil sehr unterschiedlich. Diese Vielfalt an verschiedenen energetischen Gebäudestandards sind aufgrund ihrer unterschiedlichen Erfahrungen und Ergebnissen sehr wichtig, da sie die Grundlage für Weiterentwicklungen auf dem Gebäudesektor bilden.

Da die Bezeichnungen äußerst vielfältig sind, werden nachfolgend einige der gängigsten Standards beschrieben:

- EnEV-Haus
- KfW-Effizienzhaus
- Passivhaus
- Niedrigstenergiehaus
- Nullenergiehaus
- Plusenergiehaus
- Sonnenhaus
- Aktivhaus®
- Triple Zero®
- Drei-Liter-Haus®

EnEV-Haus

In der Energieeinsparverordnung (EnEV) werden die Mindestanforderungen an die Energieeffizienz von Gebäuden in Deutschland geregelt. Ein energetisch schlechteres Gebäude als in der EnEV definiert, darf nicht errichtet bzw. saniert werden.

Seit der EnEV₂₀₀₉ wird der maximal zulässige Jahres-Primärenergiebedarf für Warmwasser, Heizung, Lüftung und Kühlung anhand eines Referenzgebäudes berechnet. Das Referenzgebäude gleicht dem realen Gebäude in Nutzfläche, Geometrie und Ausrichtung und beschreibt den zu erwartenden Energiebedarf. Es ist darauf zu achten, dass der maximal zulässige Jahres-Primärenergiebedarf (die Energiemenge, die den gesamten Energiebedarf eines beheizten Gebäudes deckt) und der Transmissionswärmeverlust (die Energiemenge, die bei einem Gebäude nach außen verloren geht), der in der EnEV festgelegt ist, nicht überschritten werden.

Mit dem Inkrafttreten der zweiten Stufe der EnEV₂₀₁₄ am 1. Januar 2016 sind die energetischen Anforderungen an ein Gebäude verschärft worden. Für Wohngebäude gilt, dass der Jahres-Primärenergiebedarf um 25% und der Transmissionswärmeverlust um 20% verringert wird. Die Systematik der EnEV, den Primärenergiebedarf über das Referenzgebäude zu berechnen, bleibt mit der Verschärfung der EnEV₂₀₁₄ ident. Die Ermittlung des Primärenergiebedarfs erfolgt durch einfache Multiplikation des berechneten Primärenergiebedarfs des Referenzgebäudes mit dem Faktor 0,75.

„Der nach einem der in Nummer 2.1 angegebenen Verfahren berechnete Jahres-Primärenergiebedarfs des Referenzgebäudes nach den Zeilen 1.1 bis 8 ist für Neubauvorhaben ab dem 01. Januar 2016 mit dem Faktor 0,75 zu multiplizieren, § 28 bleibt unberührt.“¹
Letzten Endes erfüllt das Referenzgebäude selbst nicht mehr den Anforderungen der EnEV₂₀₁₆.

Kenngößen | EnEV-Haus

Die wichtigsten Kenngößen eines Gebäudes gemäß EnEV:

Jahres-Primärenergiebedarf Q_p (Referenzgebäudeverfahren),

spezifische Transmissionswärmeverlust H'_{T}

Einhaltung des sommerlichen Wärmeschutzes (Vermeidung der Überhitzung),

Einhaltung der Anforderungen hinsichtlich der Gebäudehülle, des Mindestwärmeschutzes, sowie von Regelungen zu Wärmebrücken.

1 ENEV (2015): Tabelle 1 Ausführung des Referenzgebäudes, Zeile 1.0.

Gebäudetyp		EnEV ₂₀₀₉ / EnEV ₂₀₁₄	EnEV ₂₀₁₆
Freistehendes Wohngebäude	mit $A_N \leq 350 \text{ m}^2$	$H'_{T} = 0,40 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$	$H'_{T,\text{zul.}} \leq 1,0 \times H'_{T,\text{Ref.}}$ $\leq H'_{T,\text{EnEV2009}}$
	mit $A_N > 350 \text{ m}^2$	$H'_{T} = 0,50 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$	
Einseitig angebautes Wohngebäude		$H'_{T} = 0,45 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$	
Alle anderen Wohngebäude		$H'_{T} = 0,65 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$	
Erweiterungen und Ausbauten von Wohngebäuden (gemäß EnEV, § 9 Absatz 5)		$H'_{T} = 0,65 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$	

Tabelle 01

Höchstwerte des spezifischen Transmissionswärmeverlust H'_{T}

Bauteile / Systeme	Eigenschaft	Referenzausführung / Wert (Maßeinheit)
Außenwand, Geschoßdecke gegen Außenluft	Wärmedurchgangskoeffizient	$U = 0,28 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$
Außenwand gegen Erdreich, Bodenplatte, Wände und Decken zu unbeheizten Räumen	Wärmedurchgangskoeffizient	$U = 0,35 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$
Dach, oberste Geschoßdecke, Wände zu Abseiten	Wärmedurchgangskoeffizient	$U = 0,20 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$
Fenster, Fenstertüren	Wärmedurchgangskoeffizient	$U_w = 1,3 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$
	Gesamtenergiedurchlassgrad der Verglasung	$g_{\perp} = 0,60$

Dachfenster	Wärmedurchgangskoeffizient	$U_w = 1,4 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$
	Gesamtenergiedurchlassgrad der Verglasung	$g_{\perp} = 0,60$
Lichtkuppeln	Wärmedurchgangskoeffizient	$U_w = 2,7 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$
	Gesamtenergiedurchlassgrad der Verglasung	$g_{\perp} = 0,64$
Außentüren	Wärmedurchgangskoeffizient	$U = 1,8 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$

Tabelle 02

Ausführung des Referenzgebäudes für Wohngebäude nach EnEV₂₀₁₄ | U-Wert

KfW-Effizienzhaus

Die Bezeichnung „Effizienzhaus“ wurde von der Deutschen Energie-Agentur GmbH (dena) mit dem Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (BMVBS) und der Kreditanstalt für Wiederaufbau (KfW) entwickelt.²

Für den Neubau wird der energetische Standard eines Gebäudes derzeit in drei Klassen eingeteilt, die zu unterschiedlichen Bedingungen gefördert werden (Zuschuss oder Kredit). Je besser die energetische Qualität eines Gebäudes ist, desto höher fällt die Förderung aus. Die wichtigsten Kriterien hierfür sind der jährliche Primärenergiebedarf (die Energiemenge, die den gesamten Energiebedarf eines beheizten Gebäudes deckt) und der Transmissionswärmeverlust (die

² Deutsche Energie-Agentur (2018): Effizienzhaus - Energieeffizienz und gute Architektur.

Energiemenge, die bei einem Gebäude nach außen verloren geht).³ In der Energieeinsparverordnung (EnEV) sind die geltenden Höchstwerte festgelegt und bilden die Grundlage für die KfW-Effizienzhaus-Standards.

Im Neubau werden folgende drei KfW-Effizienzhäuser gefördert:⁴

KfW-Effizienzhaus 55
KfW-Effizienzhaus 40
KfW-Effizienzhaus 40 Plus

Die Kennzahlen geben den jährlichen Primärenergiebedarf im Vergleich zur gesetzlich erlaubten Obergrenze an. So entspricht ein KfW-Effizienzhaus 100 zu 100 Prozent den Mindestanforderungen der EnEV. Beim KfW-Effizienzhaus 55 beträgt der jährliche Primärenergiebedarf 55 Prozent eines KfW-Effizienzhaus 100 (EnEV-Minimalstandard).⁵ Das KfW-Effizienzhaus definiert einen gegenüber den Anforderungen der EnEV verbesserten energetischen Gebäudestandard.

Die Förderbank macht keinerlei Vorschriften und lässt dem Planer und seinem Auftraggeber freie Hand für die Umsetzung der verbesserten Energieeffizienzwerte.

3 Kreditanstalt für Wiederaufbau (2018): Was ist ein KfW-Effizienzhaus?

4 KfW (2018): Was ist ein KfW-Effizienzhaus?

5 Grimm, Roland (2018): Was ist ein KfW-Effizienzhaus?

Anforderungsgrößen⁶ | KfW-Effizienzhaus

Q_P
Jahres-
Primärenergiebedarf

KfW-Effizienzhaus 55:
 Q_P max. 55 % des Referenzgebäudes
 H_T' max. 70 % des Referenzgebäudes

H_T'
Transmissions-
wärmeverlust

KfW-Effizienzhaus 40:
 Q_P max. 40 % des Referenzgebäudes
 H_T' max. 55 % des Referenzgebäudes

KfW-Effizienzhaus 40 Plus:
(mit zusätzlichen Anforderungen „Plus Paket“)
 Q_P max. 40 % des Referenzgebäudes
 H_T' max. 55 % des Referenzgebäudes

Plus Paket:

Stromerzeugende Anlage auf Basis erneuerbarer Energien,

stationäres Batteriespeichersystem (Stromspeicher),

Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung,

Visualisierung von Stromerzeugung und -verbrauch über ein Benutzerinterface.

⁶ ECONCONSULT (2011): Energiestandards - KfW-Effizienzhaus, Passivhaus und Gebäude mit hohen solaren Deckungsanteil im Vergleich, S. 5.

Passivhaus

Das Passivhaus gilt als Pionier des energieeffizienten Bauens. Dieses Konzept wurde 1987 im Rahmen einer Forschungsarbeit von einer Gruppe von deutschen und schwedischen Wissenschaftlern an der schwedischen Universität Lund entwickelt. In den 90er Jahren gründet der deutsche Bauphysiker Dr. Wolfgang Feist (Gründer des Passivhaus Instituts Darmstadt) dieses System als Gebäudestandard.

Wärme strömt, aufgrund von bauphysikalischen Gesetzen, von Bereichen höherer Temperatur zu Bereichen niedriger Temperatur. Heizen ist demnach nichts anderes als das Ersetzen von verloren gegangener Wärme durch neu zugeführte Energie. Je weniger verloren geht, desto geringer wird der Aufwand. Dieses Prinzip macht sich das Passivhaus zu Eigen. Die Idee dahinter ist, durch eine ausgezeichnete Wärmedämmung der Gebäudehülle, auf ein aktives, konventionelles Heizsystem zu verzichten, um somit den Heizenergieverbrauch drastisch zu senken. Die Gebäude werden „passiv“ genannt, da der Wärmebedarf hauptsächlich aus passiven Quellen wie Sonneneinstrahlung (solaren Gewinne) und Abwärme von Menschen und technischen Geräten (interne Gewinne) gedeckt wird. Der geringe Restwärmebedarf wird durch die Erwärmung der Zuluft, die durch eine kontrollierte Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung ermöglicht wird, geheizt.

Das bisherige Bewertungssystem für den Energiebedarf von Gebäuden sieht eine Energieversorgung aus fossilen und erneuerbaren Energiequellen vor. Das von der PHI Darmstadt neuentwickelte

Modell verfolgt eine Energieversorgung aus 100% erneuerbaren Energiequellen.⁷ Neben dem „Passivhaus Classic“, was dem bisherigen Passivhaus entspricht, wurden noch zwei weitere Klassen eingeführt: „Passivhaus Plus“ und „Passivhaus Premium“. Anstelle des Primärenergiebedarfs (nicht erneuerbar) wird der Gesamtbedarf „erneuerbarer Primärenergie“ (PER / Primary Energy Renewable) sowie die Energieerzeugung vor Ort in das neue Bewertungssystem aufgenommen.

Passivhaus in drei Klassen eingeteilt:

Passivhaus Classic
entspricht etwa dem bisherigen Passivhaus

Passivhaus Plus
die Summe des erzeugten Stroms ist etwa gleich der Summe der benötigten Energie

Passivhaus Premium
erzeugt deutlich mehr Energie als benötigt wird

Anstelle des neuen Bewertungssystems nach PER (erneuerbare Primärenergie) besteht nach wie vor die Möglichkeit, den Nachweis über den nicht erneuerbaren Primärenergiebedarf zu führen.⁸

7 Fellner, Maria (2017): Passivhaus Classic, Plus und Premium.

8 Fellner, Maria (2017).

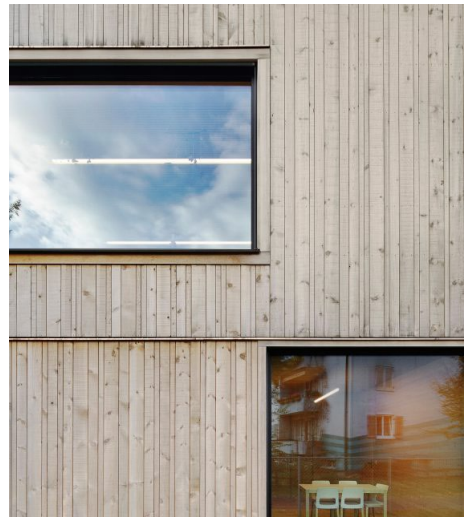


Abbildung 01 Kindergarten Susi Weigel, Bernardo Bader Architekten, 2013, Passivhaus
Foto | Adolf Bereuter, David Schreyer

Grundsätze⁹ | Passivhaus

Südorientierung für passive solare Gewinne
Verschattung (Schutz vor Überhitzung)
kompakte Gebäudehülle und ausgezeichneter Wärmeschutz
wärmerückenfreies Bauen
Dichtheit der Außenhülle
Hochwertige Fenster als Kollektoren
Erdvorwärmung der Frischluft
Lüftung mit Wärmerückgewinnung
Verzicht auf konventionelle Heizung
Kontrollierte Wohnraumlüftung

Anforderungsgrößen¹⁰ | Passivhaus

Es werden energetische Anforderungen an den Wärmeschutz der Gebäudehülle, Luftdichtheit des Gebäudes und die Qualität der Lüftungsanlage gestellt:

Heizwärmebedarf (HWB) $\leq 15 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$
(auch Energiekennzahl EKZ)

Primärenergiebedarf $\leq 120 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$
(inkl. Haushaltsstrom)

9 Passivhaus Austria (2015): Passivhaus...weniger als 1,5 l/m² Heizenergie im Jahr!, S.18.

10 EnergieinstitutVorarlberg (2018): Was ist ein Passivhaus.

Heizlast $\leq 10 \text{ W/qm}^2$

U-Werte aller Bauteile (Außenwand, Dach, Bodenplatte)
bei großvolumigen Objekten $\leq 0,15 \text{ W/(m}^2\text{K)}$
bei Einfamilienhäusern $\leq 0,10 \text{ W/(m}^2\text{K)}$

U-Wert Fenster U_w
Verglasung $U_g \leq 0,8 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ und
einem g-Wert $\geq 50\%$

Fensterrahmen $U_f \leq 0,8 \text{ W/(m}^2\text{K)}$
nach DIN EN 10077

Das Gebäude ist wärmebrückenfrei, als auch
luft- und winddicht auszuführen; Luftwechselrate $n_{50} \leq 0,60/\text{h}^{-1}$
(0,6-facher Luftwechsel pro Stunde)

Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung $\geq 75\%$ bei
niedrigem Stromverbrauch $\leq 0,4 \text{ Wh/m}^3$

Gesamtbedarf „Erneuerbarer Primärenergie“ (PER / Primary Energy
Renewable)

Passivhaus Classic
Energiebedarf $\leq 60 \text{ kWh/(m}^2\text{a)}$

Passivhaus Plus
Energiebedarf $\leq 45 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$
Erzeugung erneuerbarer Energien $\geq 60 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$

Passivhaus Premium
Energiebedarf $\leq 30 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$
Erzeugung erneuerbarer Energien $\geq 120 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$

* Berechnung nach Passivhaus-Projektierungspaket PHPP

Vorteile¹¹ | Passivhaus

Behaglichkeit durch hohe Oberflächentemperatur

Schutz vor Schimmel und Durchfeuchtung der Bauteile durch die Wärmebrückenfreiheit, Luftdichtheit und hoher Oberflächentemperatur

Geringer technischer Aufwand für die Haustechnik

Geringe Heizkosten auch bei steigenden Energiekosten

Im Falle eines Heizsystemausfalls, kühlt das Gebäude nur sehr langsam aus

11 Energieinstitut Vorarlberg (2018): Was ist ein Passivhaus.

Niedrigstenergiehaus

In der „Richtlinie 2010/31/EU des Europäischen Parlaments und des Rates vom 19. Mai 2010 über die Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden“ (kurz: EU-Gebäuderichtlinie) wird der Begriff „Niedrigstenergiegebäude“ im 17. Abschnitt wie folgt definiert:

„Es müssen Maßnahmen ergriffen werden, um die Zahl der Gebäude zu erhöhen, die nicht nur die geltenden Mindestanforderungen an die Gesamtenergieeffizienz erfüllen, sondern noch energieeffizienter sind, um damit sowohl den Energieverbrauch als auch die Kohlendioxidemissionen zu senken. Hierzu sollten die Mitgliedstaaten nationale Pläne erstellen, um die Zahl der Niedrigstenergiegebäude zu erhöhen und der Kommission über derartige Pläne regelmäßig Bericht erstatten.“¹²

In der Richtlinie wird das „Niedrigstenergiegebäude“ (auch „nearly zero-energy-building“) als ein Gebäude, die eine sehr hohe Gesamtenergieeffizienz aufzeigt, beschrieben. Der Energiebedarf soll hauptsächlich durch erneuerbaren Energien, die am Standort oder in der Nähe erzeugt werden, gedeckt werden.

Das Ziel des „Niedrigstenergiegebäudes“ wird von der EU vorgegeben, ohne das eine konkretere Definition ausformuliert wird. Das Erreichen des Ziels bleibt jedem Mitgliedsstaat der EU selbst überlassen. In Artikel 9, heisst es:

12 EU-Gebäuderichtlinie, 17. Abschnitt.



Abbildung 02



Haus am Bäumle, Bernardo Bader Architekten, 2016, Niedrigstenergiehaus
Foto | Adolf Bereuter

„Die Mitgliedsstaaten erstellen nationale Pläne zur Erhöhung der Zahl der Niedrigstenergiegebäude. Diese nationalen Pläne können nach Gebäudekategorien differenzierte Zielvorgaben enthalten.“¹³

Die Umsetzung dieser Richtlinie gilt für Gebäude der öffentlichen Hand bereits ab dem 31. Dezember 2018. Für private Neubauten ab dem 31. Dezember 2020.

Gebaute Beispiele | Haus am Bäumle von Bernardo Bader
Architekten, Lochau | AT, 2016

Plusenergiehaus

Ein Plusenergiehaus erzeugt im Jahresdurchschnitt mittels erneuerbaren Energien mehr Energie als benötigt wird. Dabei liegen Energiegewinnung und Energiebedarf nicht zwangsläufig im selben Zeitraum.¹⁴ Hierbei handelt es sich meist um rechnerische Werte, selten sind die Gebäude vom Energieunternehmen autark. Im Sommer wird oftmals viel Strom erzeugt und ins öffentliche Netz gespeist, während im Winter Energie zugekauft werden muss.

Gebaute Beispiele | Solar Decathlon entwickelt von der TU
Darmstadt, Darmstadt | DE, 2007 u. 2009

13 EU-Gebäuderichtlinie, Artikel 9.

14 C.A.R.M.E.N. e. V. (2018): Gebäudestandards.

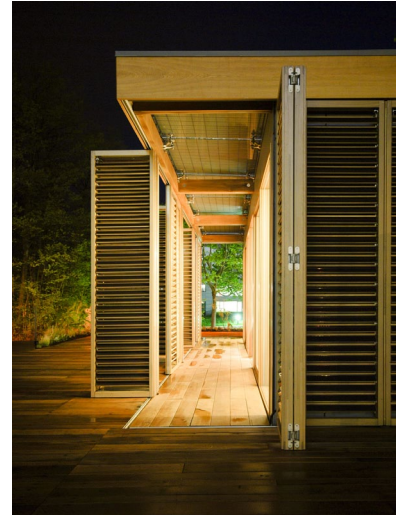


Abbildung 03 Solar Decathlon, Technische Universität Darmstadt, 2007, Plusenergiehaus
Foto | TU Darmstadt

Grundsätze¹⁵ | Plusenergiehaus

Südorientierung für passive solare Gewinne,
Verschattung für Schutz vor Überhitzung,
kompakte Gebäudehülle mit hohem Wärmeschutz,
Hohe innere Speichermasse,
Photovoltaik, Solarthermie,
Lüftung mit Wärmerückgewinnung,
Wärmepumpe.

15 Baunetz_Wissen (2018): Plusenergiehaus.

Nullenergiehaus

Man spricht von einem Nullenergiehaus, wenn die erzeugte Energiemenge rechnerisch dem Energieverbrauch des Gebäudes entspricht. Ein Nullenergiehaus verbraucht demzufolge genauso viel Energie, wie er selbst produziert. Dieser Gebäudestandard ist als Weiterentwicklung des Passivhauses zu sehen.

Ist die Energieproduktion gar höher als der Eigenverbrauch, spricht man von einem Plusenergiehaus.¹⁶

Gebaute Beispiele | Sunlighthouse von Juri Troy Architekten,
Pressbaum | AT, 2010

Aktivhaus®

Das von Prof. Werner Sobek entwickelte Aktivhaus® verfolgt die Idee eines Plusenergiehauses. Die entscheidende Idee ist, die gesamte Energieerzeugung aus erneuerbaren Energiequellen zu decken und komplett auf fossile Energieträger und Atomenergie zu verzichten. Der Energiebedarf soll nicht nur ausgeglichen, sondern auch übertroffen werden. Der erzielte Überschuss wird an energetisch weniger leistungsfähige Häuser weitergegeben, die im selben Stadtviertel liegen. Die Mitversorgung älterer Gebäude soll aufwendige Sanierungen überflüssig machen und eine lokale, unabhängige Energieversorgung ermöglichen. Ein selbstorganisierendes und selbstregelndes

¹⁶ Baunetz_Wissen (2018): Nullenergiehaus.

Stromnetz mit dem Ziel einer möglichst energetischen Autarkie. Das Aktivhaus® gibt nur eine Zielvorgabe vor und zwar die Deckung des gesamten Energiebedarfs aus erneuerbaren Energien. Vorgaben zur Luftdichtigkeit und U-Werte für Bauteile werden nicht vorgeschrieben.

Der Nachweis eines Aktivhauses® erfolgt durch Messungen im Betrieb und nicht durch theoretische Berechnungen.¹⁷ Für den Nachweis wird das Nutzerverhalten miteinbezogen.

Der Begriff Aktivhaus® ist markenrechtlich geschützt.¹⁸

Gebaute Beispiele | B10 von Werner Sobek, Stuttgart | DE, 2014

Grundsätze¹⁹ | Aktivhaus®

gesamte Energieerzeugung aus erneuerbaren Energien,
erzeugt mehr Energie als sie selbst benötigt,
erzeugt Energiebedarf allein oder im Verbund mit anderen
(Aktivhaus®-Verbund),
reagiert aktiv auf Veränderungen des Außen- oder Innenraums,
regelmäßige Messung und Optimierung der Energieströme.

17 HAUS2050 - Plattform für innovatives & nachhaltiges Bauen (2018): Weltneuheit Aktivhaus® B 10.

18 HAUS2050 (2018): Weltneuheit Aktivhaus® B 10.

19 HAUS2050 (2018): Weltneuheit Aktivhaus® B 10.

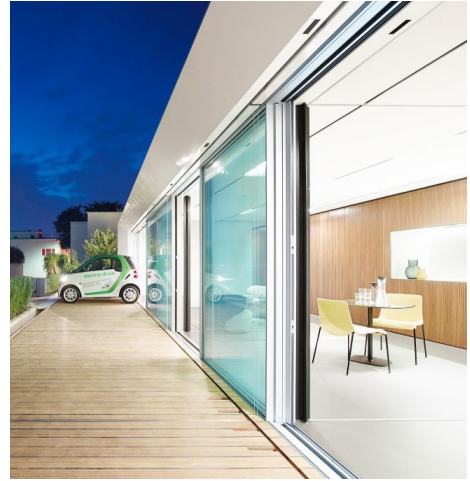


Abbildung 04 Aktivhaus B10, Architekt Werner Sobek, 2014 , Aktivhaus®
Foto | Zooey Braun

Triple Zero®

Triple Zero® bestehend aus Zero Emission, Zero Energy und Zero Waste, ist ein vom Architekten Werner Sobek entwickelter Standard, der einen sehr hohen Anspruch an die Nachhaltigkeit eines Gebäudes stellt. Sie definiert Anforderungen an ein Gebäude, die in energetischer und materieller Hinsicht erfüllt werden sollte.

Zero Emission

Das Gebäude erzeugt keine CO₂- oder andere für den Menschen oder die Umwelt schädlichen Emissionen. Im Gebäude oder auf dem Grundstück dürfen keine Verbrennungen stattfinden.

Zero Energy

Die Jahresbilanz fällt positiv aus, da das Gebäude weniger Energie benötigt als es selbst aus erneuerbaren Energiequellen erzeugt.

Zero Waste

Das Gebäude ist recyclebar und kann am Ende des Lebenszyklus vollständig in den Stoffkreislauf zurück geführt werden. Das Grundstück kann ohne Einschränkung renaturiert werden.

Der Begriff Triple Zero® ist markenrechtlich geschützt.²⁰

Gebaute Beispiele | R128 von Werner Sobek, Stuttgart | DE, 2000

²⁰ Werner Zobel Group (2018): Triple Zero®.



Abbildung 05



R128, Architekt Werner Sobek, 2000, Triple Zero®
Foto | Zooey Braun, Roland Halbe

Sonnenhaus

Das Sonnenhaus wurde 2004 vom Architekten Georg Dach und dem Solar-Ingenieur Wolfgang Hilz entwickelt.

Charakteristisch für das Sonnenhaus ist, dass über die Hälfte des Wärmebedarfs ($\geq 50\%$) durch solarthermische Anlagen gedeckt werden. Der Restwärmebedarf wird über alternative Energiequellen bezogen. Da die solare Energiegewinnung und der Energiebedarf meist nicht gleichzeitig erfolgen, wird die solar gewonnene Wärme in Wassertanks zwischengespeichert.

Anfangs sah das Sonnenhaus-Konzept lediglich eine solare Wärmeengewinnung mittels Solarthermie vor. Seit 2015 wird auch eine solare Stromgewinnung mittels Photovoltaik empfohlen.

Gebaute Beispiele | Patchworkhaus von Pfeifer Kuhn Architekten,
Müllheim | DE, 2005

Anforderungsgrößen²¹ | Sonnenhaus

Solare Deckung des Wärmebedarfs $\geq 50\%$

Um die solare Deckung des Wärmebedarfs von über 50% zu erreichen, ist eine Aufstellung der Kollektoren von 60° empfohlen, um eine optimale Solarenergienutzung im Winter zu erreichen.

²¹ Energieinstitut Vorarlberg (2018): Was ist ein Sonnenhaus.

Gesamtenergieeffizienzfaktor $< 0,6$

Gibt an, wieviel Anteil am Endenergiebedarf von nicht erneuerbaren Energien gedeckt werden dürfen. Demnach liegt bei einem Sonnenhaus der Endenergiebedarf aus erneuerbaren Energien (oder Wärmerückgewinnung) bei mehr als 40%.

Heizwärmebedarf $\leq 50 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$

Primärenergiebedarf $\leq 100 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$

CO₂-Emissionen $< 25 \text{ kg}/(\text{m}^2\text{a})$

Luftdichtheit $n_{50} \leq \text{h}^{-1}$

Drei-Liter-Haus®

Ende der 90er Jahre entwickelte das Fraunhofer-Institut für Bauphysik (IBP) in Anlehnung an das Drei-Liter-Auto, das Drei-Liter-Haus®.²² Ziel war es, nur so viel Primärenergie zu verwenden, wie in drei Litern Heizöl enthalten sind, also etwa $30 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$.²³ Das Drei-Liter-Haus® ist an keine bestimmte Bauweise bzw. Haustechnik gebunden. Im Prinzip ist alles erlaubt, vorausgesetzt der Heizwärmeverbrauch bleibt unter den vorgeschriebenen $30 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$.

²² Grimm, Roland (2015): Was ist das "Drei-Liter-Haus"?

²³ Grimm, Roland (2015).

Der Name Drei-Liter-Haus® ist durch das Fraunhofer Institut für Bauphysik markenrechtlich geschützt.²⁴

Energetische Gebäudestandards | Energie- oder Emissionsproblem?

Die Klimaziele 2050 streben einen gänzlich emissionsfreien Bestand an Gebäuden an, die mithilfe von ganzheitlicher und interdisziplinärer Sanierungsmaßnahmen umgesetzt werden soll. Dabei gilt mit Blick auf den gesamten Lebenszyklus, „einen größtmöglichen Synergieeffekt zum kleinstmöglichen Preis zu erzielen (...) , [um] dem Gebäude (...) ein möglichst langes und gesundes Leben [zu] ermöglich[en]“. ²⁵Dabei steht das Thema Energieeinsparungen im Mittelpunkt der Bemühungen, allerdings ist in der Realität nicht eine Energieknappheit das Umweltproblem: „Energie ist mehr als genug verfügbar, allein die bekannten Erdölvorräte sind fünfmal größer als jemals verbrannt werden darf“. ²⁶ Ähnlich sieht es mit den Gasvorräten oder der Sonnen- und Windenergie aus. Das tatsächliche Klimaproblem geht von zunehmenden CO₂-Emissionen aus, wobei nicht ein steigender Energieverbrauch verantwortlich ist, sondern die Wahl der Energieträger, denn die Nutzung von Öl, Gas oder Holz ist auch bei sparsamen Verbrauch mit dem Ausstoß von Treibhausgasen verbunden. Zukünftig bleibt nur noch eine verbrennungsfreie Energieversorgung mit Strom, was angesichts der Klimaziele bis 2050 einen erhöhten Stromverbrauch

24 Grimm, Roland (2015).

25 Oehler (2018), S. 71.

26 Oehler (2018), S. 72.

in diesem Zeitraum nach sich ziehen wird.²⁷

Darüber hinaus muss festgehalten werden, dass die Maßeinheit „Energieverbrauch pro m² Gebäudefläche“ nicht sehr aussagekräftig ist: Anstatt den ökologischen Vorteil kompakter Bauweisen hervorzuheben, benachteiligt diese Messgröße sogar kompakte Gebäude, währenddessen alle größeren Flächen bei gleicher Nutzeranzahl gewissermaßen belohnt werden. Sinnvoller wäre hier, die Maßeinheit „CO₂ pro Kopf“ einzuführen, die die Emissionen pro Bewohner oder Arbeitsplatz ermittelt. Ident dem „Carbon Footprint“²⁸ würden dann kompakte Gebäude besser abschneiden, da der Pro-Kopf-Anteil an dem gesamten, vom Gebäude erzeugten Emissionen geringer wäre als bei einer flächenmäßig großen Wohnung mit wenigen Bewohnern oder Arbeitsplätzen.²⁹

Zusammenfassend kann gesagt werden, dass lediglich die Energieerzeugung aus ressourcenschonenden, regenerativen Quellen für die Erfüllung der Klimaziele allein nicht reichen. Hinsichtlich der tatsächlichen Zahlen der nationalen CO₂-Emissionen fällt auf, dass diese im Zeitraum zwischen 2000 und 2010 sogar pro Kopf von 12,0 auf 12,3 Tonnen gestiegen sind.³⁰ Forschungen und neue Ansätze auf dem Gebiet der emissionsfreien und energieeffizienten Gebäudestandards sind folglich nach wie vor dringend notwendig.³¹

27 Oehler (2018), S. 73 f.

28 Oehler (2018), S. 78.

29 Oehler (2018), S. 78.

30 Oehler (2018), S. 78.

31 Oehler (2018), S. 95.

Entwurf | 06

Entstehung des Entwurfes	71
Lage	74
Projektbeschreibung	77
Pläne	80
Lageplan M 1:1000	80
Grundrisse M 1:200	81
Schnitte und Ansichten M 1:200	85
Bauteilaufbauten	93
Fußbodenkonstruktion	93
Außenwandkonstruktion im Erdgeschoss warmer Bauteil	95
Außenwandkonstruktion im Obergeschoss warmer Bauteil	99
Außenwandkonstruktion im Erdgeschoss kalter Bauteil	103
Deckenkonstruktion	105
Dachkonstruktion	109
Kenndaten	111
Kenndaten Entwurf	111
Kenndaten Flächenberechnung nach DIN 277	112
Kenndaten Energiebilanz nach DIN 18599	115

06 | Entwurf

Entstehung des Entwurfes

Dieser Gebäudeentwurf beruht auf einer stetigen Weiterentwicklung und auf Ideen von mehreren Köpfen. Anfangen von meinen Entwurf, der beim damaligen Architekten vorgestellt und auch zu weiten Teilen übernommen wurde, lediglich die Grundflächen wurden verkleinert. Die Zusammenarbeit wurde dennoch nach kurzer Zeit eingestellt. Der zweite Architekt hatte die Raumorganisation des bereits bestehenden Entwurfs teilweise abgeändert und Widerwillens meiner Eltern anstelle eines Satteldaches ein Flachdach geplant. Ebenso wurden Aspekte einer nachhaltigen Gebäudeplanung nicht bedacht, um mit geringsten Umbaumaßnahmen zwei Wohneinheiten entstehen zu lassen. Auch diese Mitarbeit wurde aufgrund von persönlichen Diskrepanzen und fehlender Kompromissbereitschaft seitens des Architekten aufgelöst. Da sich in der Vergangenheit die Kommunikation mit den Architekten als schwierig erwiesen hat, haben meine Eltern beschlossen keinen weiteren mehr zu Rate zu ziehen, sondern ihr Einfamilienhaus über eine Baufirma mit ihren eigenen Entwurfsplänen umsetzen zu lassen.

Basierend auf den zahlreichen Entwürfen meinerseits und von unterschiedlichen Architekten wurde der jetzige Entwurf ausgearbeitet. Durch die zahlreichen und verschiedenen Entwürfen wurden kritische Punkte hinsichtlich Belichtung und Raumabfolge ersichtlich und konnten so überarbeitet werden. Durch den fortlaufenden Entwurfsprozess und den unterschiedlichen Betrachtungsweisen von mehreren Personen konnte so der für uns ideale Gebäudeentwurf entstehen.



100 km



Abbildung 06 Karte | Deutschland und Baden-Württemberg

Lage

Das Einfamilienhaus befindet sich in der Stadt Schwaigern im Landkreis Heilbronn, die etwa 50 Kilometer nördlich der baden-württembergischen Landeshauptstadt Stuttgart liegt. Mit ihren 11.229 Einwohnern (Stand 2016) gehört sie zur Randzone der europäischen Metropolregion Stuttgart und zur Region Heilbronn-Franken, die den Nordosten Baden-Württemberg umfasst.¹ Seit der Gebietsreform 1971/72 gehören zur Kernstadt Schwaigern die damals selbstständigen Gemeinden Massenbach, Stetten (am Heuchelberg) und Niederhofen. Vor der Reform war Schwaigern noch stark landschaftlich geprägt, doch im Laufe der Zeit siedelten sich kontinuierlich Unternehmen, überwiegend Zulieferer der Automobilindustrie, an.² Der traditionelle Weinbau spielt in Schwaigern nach wie vor eine übergeordnete Rolle und gehört heute zu einer der größten Weinbaugemeinden in Württemberg. Die in Schwaigern ansässige Heuchelberg-Kellerei ist die viertgrößte Kellerei Baden-Württembergs.³

1 Statistisches Landesamt Baden-Württemberg (2018): Eckdaten zur Bevölkerung.

2 Stadt Schwaigern am Heuchelberg (2018): Schwaigen heute.

3 Stadt Schwaigern am Heuchelberg (2018).



Abbildung 07 Drohnenaufnahme | Bauplatz

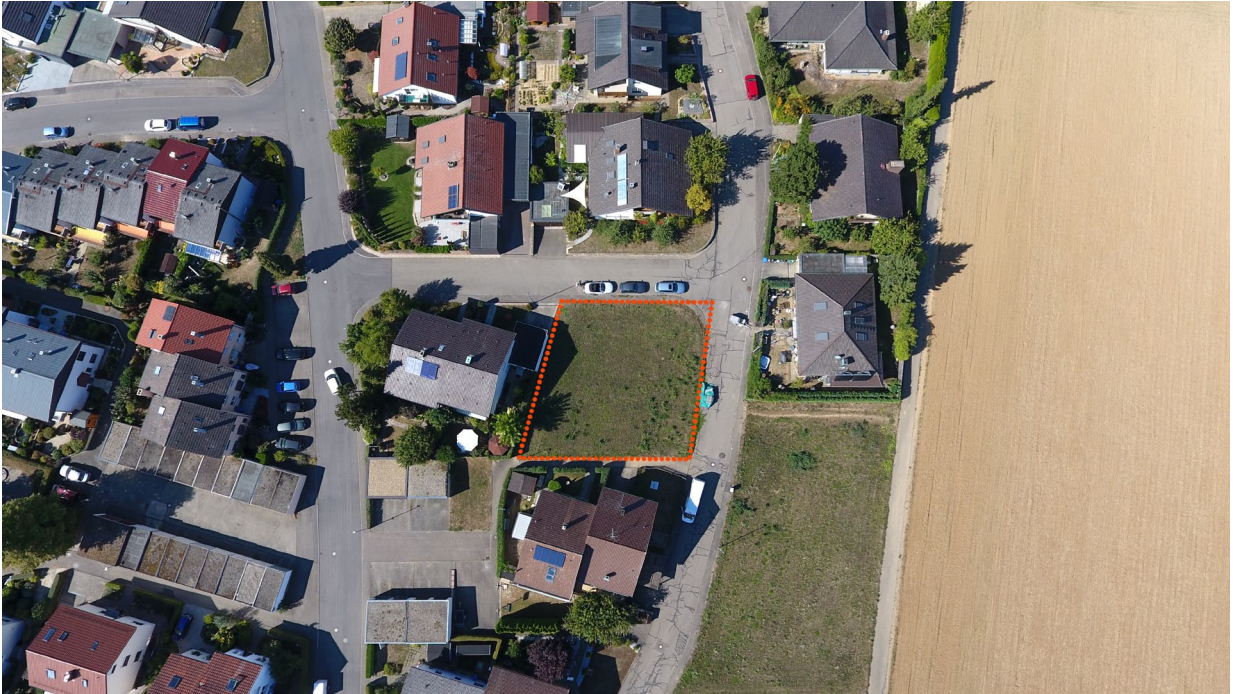


Abbildung 08 Drohnenaufnahme | Bauplatz

Projektbeschreibung

Ziel des Entwurfs ist ein zeitgemässes Wohnhaus zu schaffen, das sich auf wechselnde Lebenssituationen anpassen lässt. Das Einfamilienhaus kann nach Bedarf zu einem Zweifamilienhaus umgebaut werden, so lässt sich das Erdgeschoss nach geringsten Umbaumaßnahmen zu einer separaten Wohneinheit umfunktionieren, die im Alter entweder selbst genutzt oder vermietet werden kann. Da auf dem Grundstück gemäß Bebauungsplan zwei Vollgeschosse verpflichtend sind, wurde bewusst auf eine Unterkellerung verzichtet und Nebenräume, wie der Haustechnik-, Hauswirtschafts-, Lagerraum und die Doppelgarage, im Erdgeschoss untergebracht. Dadurch wird im Obergeschoss das „Wohnen auf einer Ebene“ ermöglicht. Das Obergeschoss wird über eine einläufige Treppe und einem Personenaufzug, welche im Haus integriert ist, erschlossen. Durch die barrierefreie Erschliessung wird das „Wohnen auf einer Ebene“ auch im Alter gewährleistet. Der klar strukturierte Grundriss mit seinen offenen großzügigen Wohn-, Koch- und Essbereichen, den hohen Raumhöhen und dem Ausblick, verleihen dem Einfamilienhaus einen Penthouse-Charakter, die ebenfalls die Vorzüge eines Einfamilienhaus in sich vereint. Im Bebauungsplan waren ursprünglich Reihenhäuser mit einem Versatz vorgesehen. Bei dem Entwurf des Einfamilienhauses wurde der Versatz im Grundriss des Erdgeschosses berücksichtigt. Daraus ergibt sich ein geschickter Vorsprung des Obergeschosses, das gleichzeitig auf der Nordseite eine Überdachung für den Eingangsbereich und auf der Südseite eine Überdachung für die Terrasse bildet. Die bodentiefen Verglasungen im Erdgeschoss und die vielen großen Fenstern im Obergeschoss ermöglichen lichtdurchflutete Räume und entnehmen dem klaren

Baukörper die Schwere. Die nach Süden ausgerichtete Rückseite des Hauses öffnet sich zum Garten mit einer großzügigen Fensterfront.

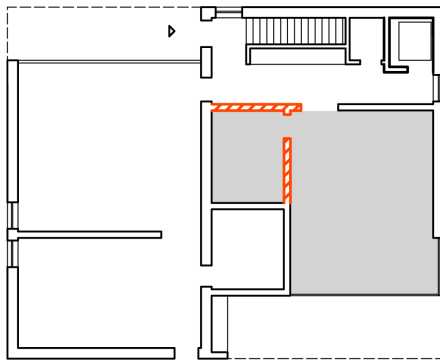


Abbildung 09 Umbaumaßnahmen | Erdgeschoss

Umbaumaßnahmen |
Einfamilien- in ein
Zweifamilienhaus

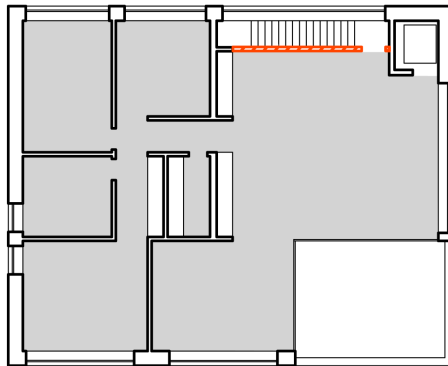


Abbildung 10 Umbaumaßnahmen | Obergeschoss



Abbildung 11 Rendering | Wohn-, Essküche

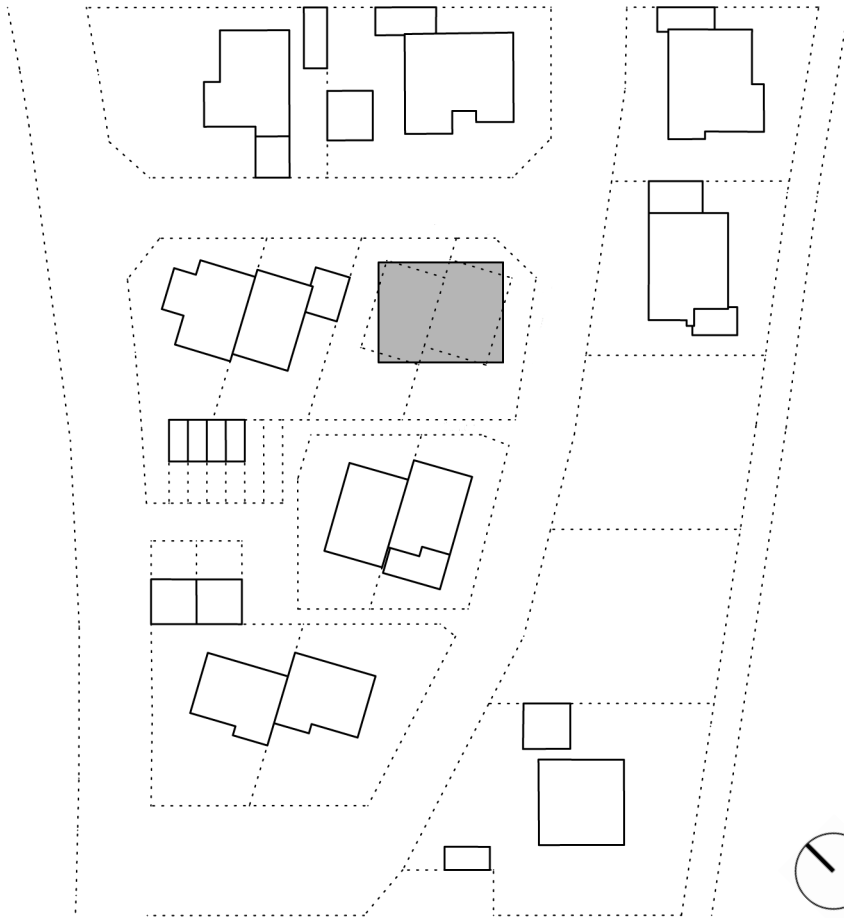
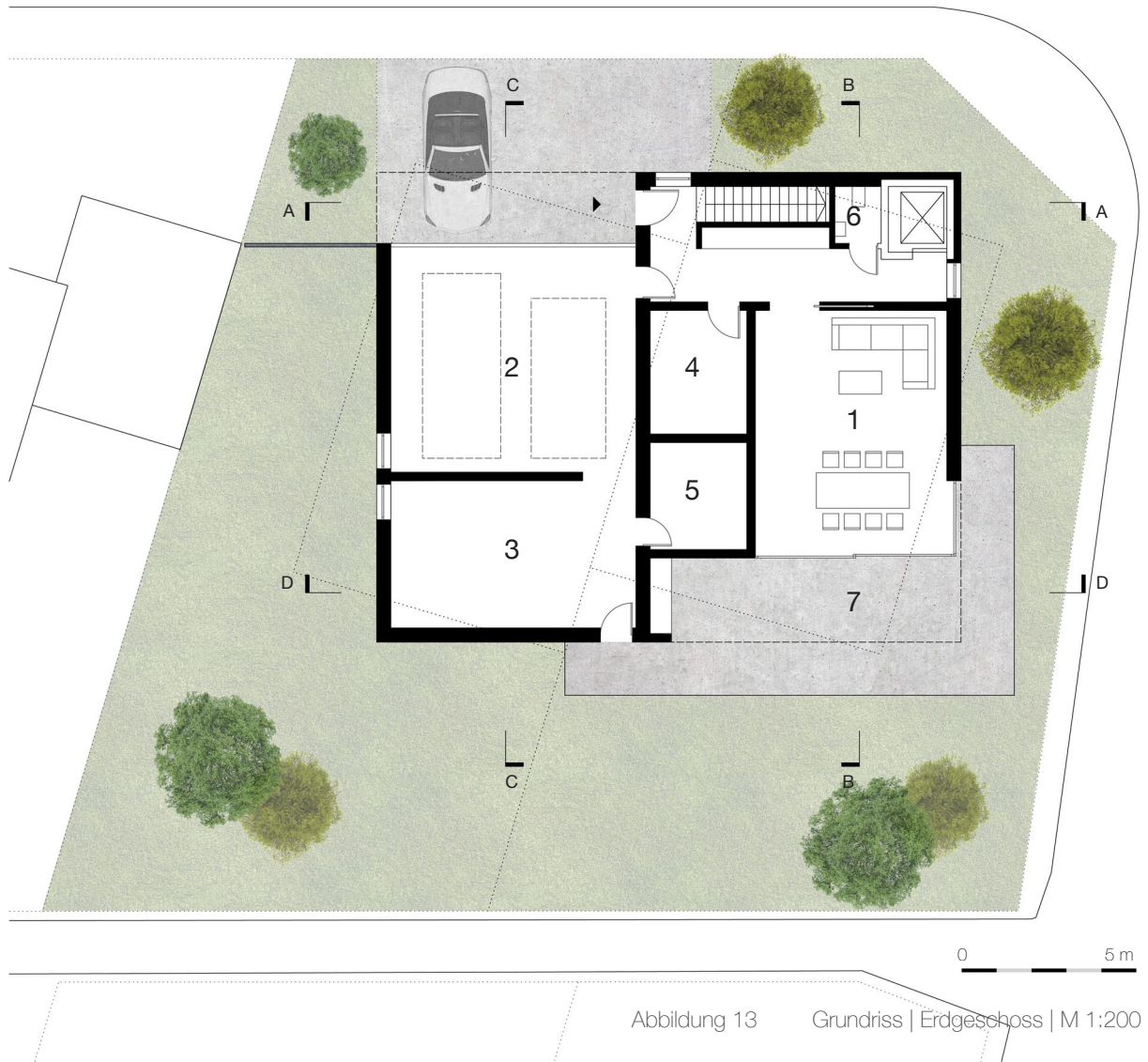


Abbildung 12

Lageplan | M 1:1000





Grundriss | Erdgeschoss | M 1:200

- 1 Wohnzimmer
- 2 Garage
- 3 Lager
- 4 Hauswirtschaft
- 5 Haustechnik
- 6 WC
- 7 Überdachte Terrasse mit Outdoor-Küche

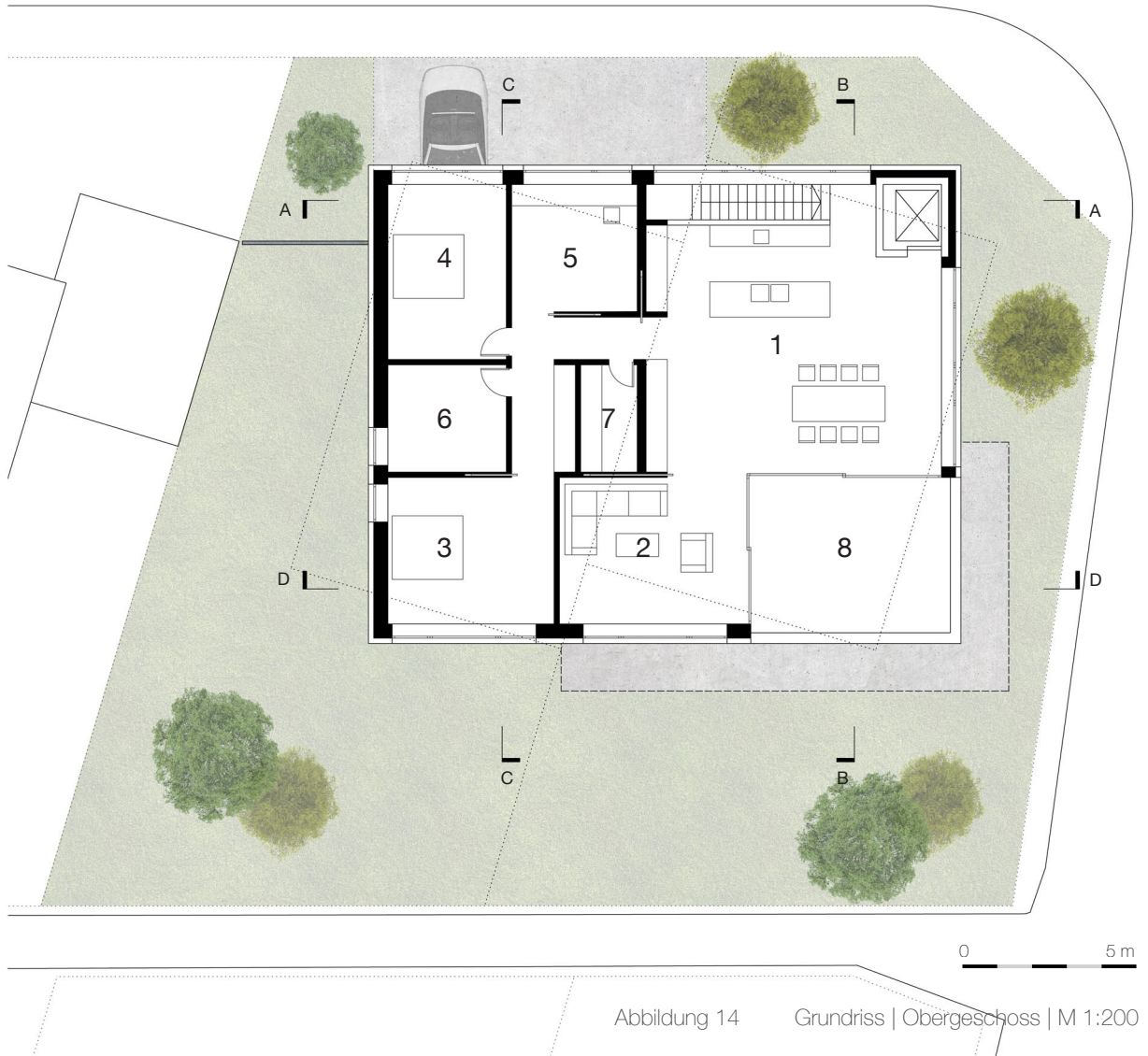


Abbildung 14 Grundriss | Obergeschoss | M 1:200



Grundriss | Obergeschoss | M 1:200

- 1 Küche mit Essbereich
- 2 Wohnzimmer
- 3 Schlafzimmer
- 4 Schlafzimmer
- 5 Arbeitszimmer
- 6 Bad
- 7 Abstellraum
- 8 Terrasse

Ansicht Nord-West | M 1:200



0 5 m

Abbildung 15 Ansicht Nord-West | M 1:200

Schnitt A | M 1:200

- 1 Küche mit Essbereich
- 2 Arbeitszimmer
- 3 Schlafzimmer
- 4 WC
- 5 Lift

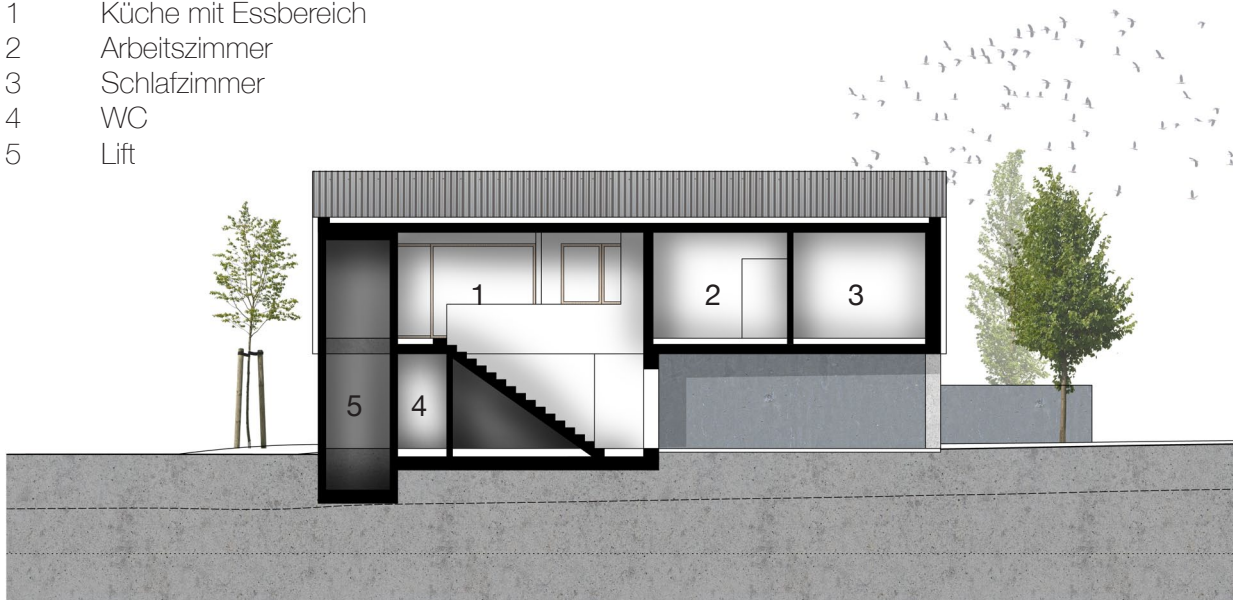


Abbildung 16

Schnitt A | M 1:200

Ansicht Nord-Ost | M 1:200

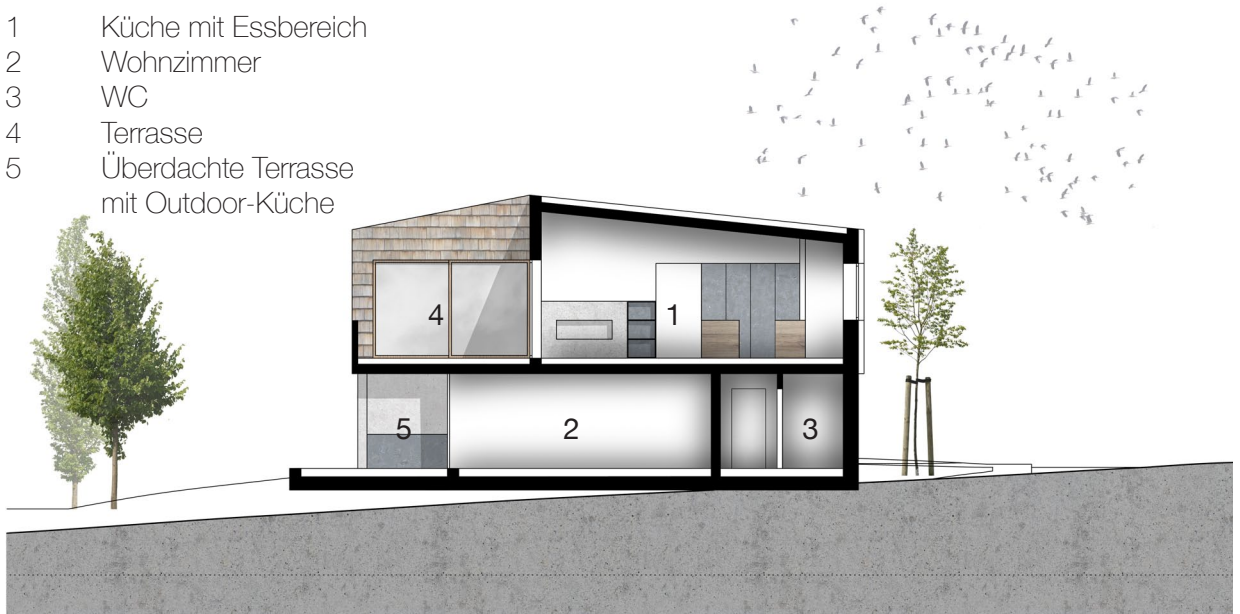


0 5 m

Abbildung 17 Ansicht Nord-Ost | M 1:200

Schnitt B | M 1:200

- 1 Küche mit Essbereich
- 2 Wohnzimmer
- 3 WC
- 4 Terrasse
- 5 Überdachte Terrasse mit Outdoor-Küche



0 5 m

Abbildung 18

Schnitt B | M 1:200

Ansicht Süd-West | M 1:200



Abbildung 19 Ansicht Süd-West | M 1:200

Schnitt C | M 1:200

- 1 Schlafzimmer
- 2 Bad
- 3 Schlafzimmer
- 4 Garage
- 5 Lager

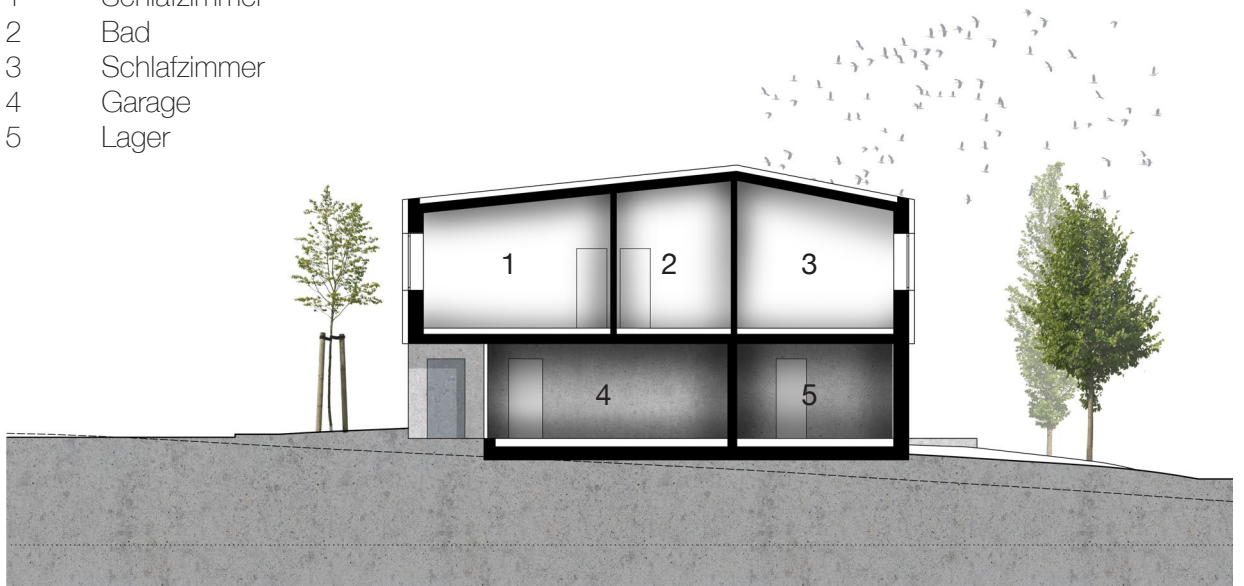


Abbildung 20

Schnitt C | M 1:200

Ansicht Süd-Ost | M 1:200



Abbildung 21 Ansicht Süd-Ost | M 1:200

Schnitt D | M 1:200

- 1 Schlafzimmer
- 2 Wohnzimmer
- 3 Überdachte Terrasse mit Outdoor-Küche
- 4 Terrasse
- 5 Lager

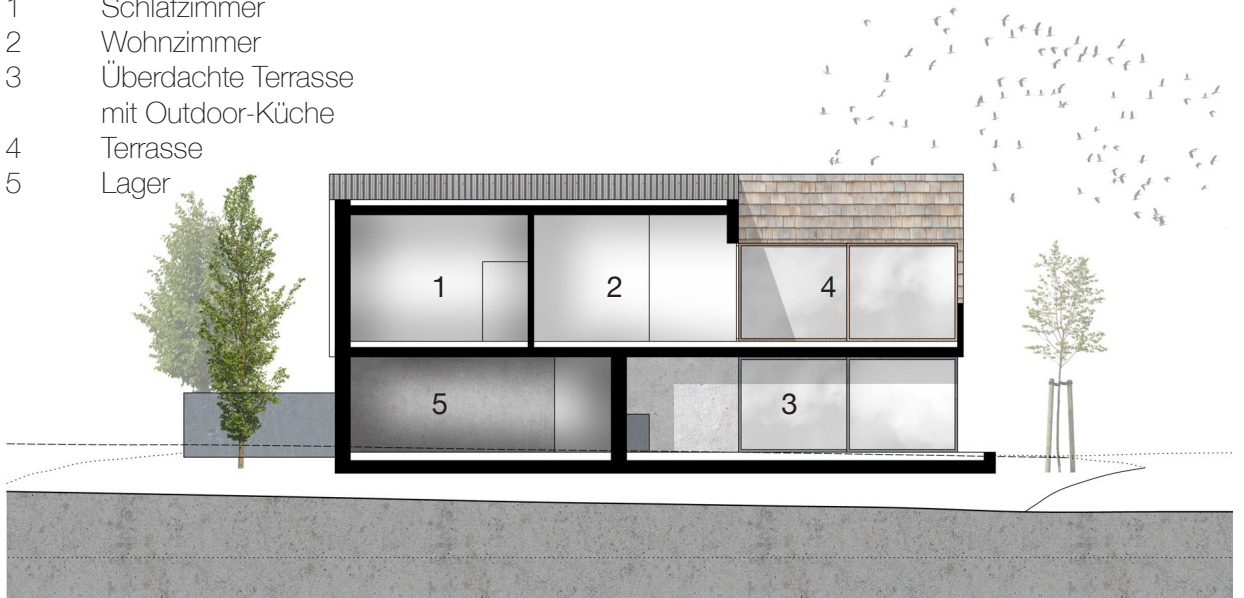


Abbildung 22

Schnitt D | M 1:200

Fußbodenkonstruktion | Variante 01-03 | M 1:10

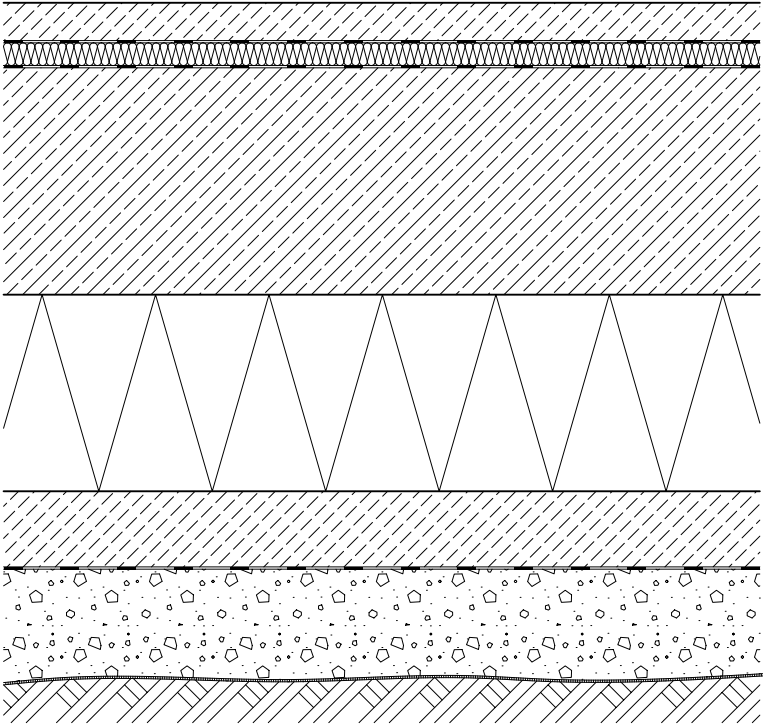
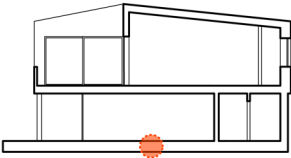


Abbildung 23 Fußbodenkonstruktion | Variante 01-03 | M 1:10

01 Bodenplatte	Bauteile	Bauteildicke [cm]
Variante 01 konventionelle Bauweise		
Variante 02 konventionelle Bauweise mit ökologischen Dämmstoffen		
Variante 03 ökologische Bauweise		
EnEV ₂₀₁₆ $U_D \leq 0,35 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$	Versiegelung Epoxydharz	-
	Estrich Zementestrich	5,00
	Trennlage PE-Folie	-
	Trittschalldämmung Mineralwolle/Holzfaser	3,00/3,00
	Stahlbeton Bodenplatte	30,00
	Trennlage PE-Folie, 2 Lg.	-
	Dämmung XPS	26,00
	Trennlage Polymer-Bitumen, 2 Lg.	1,00
	Sauberkeitsschicht	10,00
	Baupapier	-
	Rollierung	$\geq 15,00$
	PP-Filtervlies	-
	Erdreich	-
	Σ Gesamtdicke	75,00
Variante 02 und 03 Austausch	Mineralwolle-Trittschalldämmplatte durch Holzfaser-Trittschalldämmplatte	

Tabelle 03

Fußbodenkonstruktion | Variante 01-03

Außenwandkonstruktion im Erdgeschoss

warmer Bauteil | Variante 01 und 02 | M 1:10

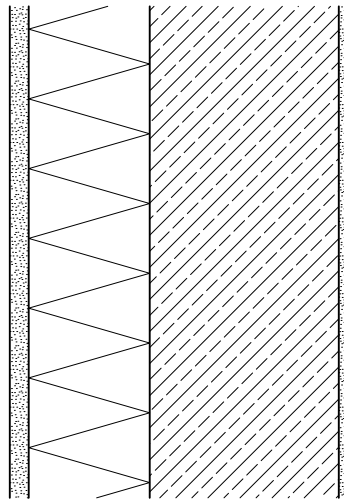
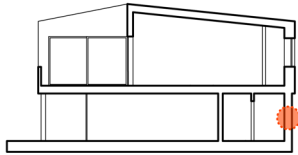


Abbildung 24 Außenwandkonstruktion EG | Variante 01 und 02 | M 1:10

02a Außenwand	Bauteile	Bauteildicke [cm]
Variante 01 konventionelle Bauweise		
Variante 02 konventionelle Bauweise mit ökologischen Dämmstoffen		
EnEV ₂₀₁₆ $U_{AW} \leq 0,28 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$	Außenputz Silikatputz	2,50
	Dämmung EPS/Holzfaser	16,00/18,00
	Stahlbeton Wand	25,00
	Putzträger/Schilfmatte	-
	Innenputz Kalkzementputz/Lehmputz 2 Lg.	1,50/3,00
	∑ Gesamtdicke	45,00/48,50
Variante 2 Austausch	EPS durch Holzfaserdämmplatten	
	Kalkzementputz durch Lehmputz	

Tabelle 04

Außenwandkonstruktion EG | Variante 01 und 02

Außenwandkonstruktion im Erdgeschoss

warmer Bauteil | Variante 03 | M 1:10

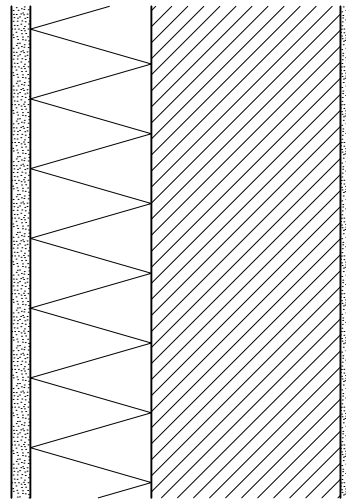
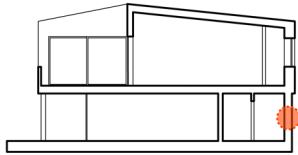


Abbildung 25

Außenwandkonstruktion EG | Variante 03 | M 1:10

02a Außenwand	Bauteile	Bauteildicke [cm]
Variante 03 ökologische Bauweise		
EnEV ₂₀₁₆ $U_{AW} \leq 0,28 \text{ W/(m}^2\text{K)}$	Außenputz Silikatputz	2,50
	Dämmung Holzfaser	18,00
	Lehmmauerwerk Wand	24,00
	Innenputz Lehmputz	1,50
	∑ Gesamtdicke	46,00

Tabelle 05

Außenwandkonstruktion EG | Variante 03

Außenwandkonstruktion im Obergeschoss

warmer Bauteil | Variante 01 und 02 | M 1:10

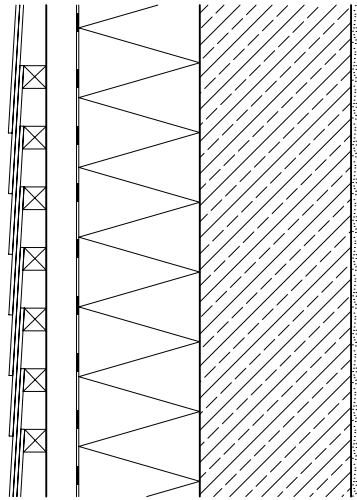
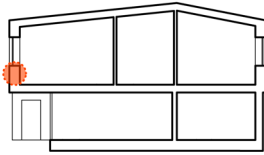


Abbildung 26

Außenwandkonstruktion OG | Variante 01 und 02 | M 1:10

02b Außenwand	Bauteile	Bauteildicke [cm]
Variante 01 konventionelle Bauweise		
Variante 02 konventionelle Bauweise mit ökologischen Dämmstoffen		
EnEV ₂₀₁₆ $U_{AW} \leq 0,28 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$	Fassadenbekleidung Schindeln	3,00
	[Konter-] Lattung horizontal	3,00
	Hinterlüftung zw. senkrechten Holzlatten	4,00
	Unterspannbahn diffusionsoffen, winddicht	-
	Dämmung EPS/Holzfaser	16,00/18,00
	Stahlbeton Wand	20,00
	Putzträger/Schilfmatte	-
	Innenputz Kalkzementputz/Lehmputz 2 Lg.	1,50/3,00
	Σ Gesamtdicke	47,50/51,00
Variante 2 Austausch	EPS durch Holzfaserdämmplatten	
	Kalkzementputz durch Lehmputz	

Tabelle 06

Außenwandkonstruktion OG | Variante 01 und 02

Außenwandkonstruktion im Obergeschoss

warmer Bauteil | Variante 03 | M 1:10

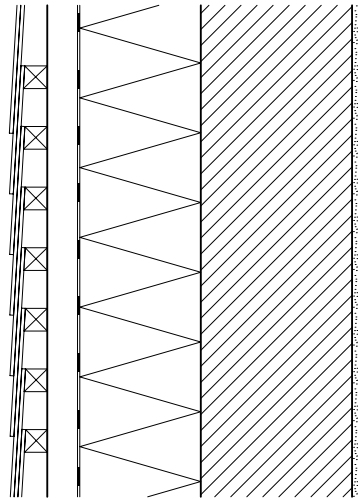
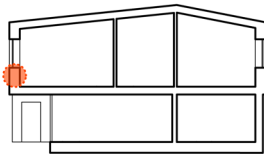


Abbildung 27

Außenwandkonstruktion OG | Variante 03 | M 1:10

02b Außenwand	Bauteile	Bauteildicke [cm]
Variante 03 ökologische Bauweise		
EnEV ₂₀₁₆ $U_{AW} \leq 0,28 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$	Fassadenbekleidung Schindeln	3,00
	[Konter-] Lattung horizontal	3,00
	Hinterlüftung zw. senkrechten Holzlatten	4,00
	Unterspannbahn diffusionsoffen, winddicht	-
	Dämmung Holzfaser	18,00
	Lehmmauerwerk Wand	24,00
	Innenputz Lehmputz	1,50
	Σ Gesamtdicke	53,50

Tabelle 07

Außenwandkonstruktion OG | Variante 03

Außenwandkonstruktion im Erdgeschoss

kalter Bauteil | Variante 01-03 | M 1:10

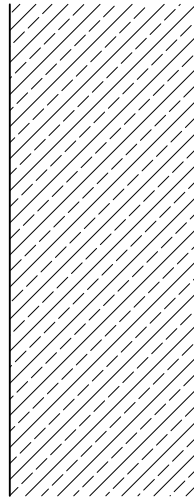
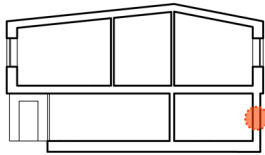


Abbildung 28 Außenwandkonstruktion EG | Variante 01-03 | M 1:10

02c Außenwand		Bauteile	Bauteildicke [cm]
Variante 01 konventionelle Bauweise			
Variante 02 konventionelle Bauweise mit ökologischen Dämmstoffen			
Variante 03 ökologische Bauweise			
		Stahlbeton Wand	25,00
		Σ Gesamtdicke	25,00

Tabelle 08

Außenwandkonstruktion EG | Variante 01-03

Deckenkonstruktion | Variante 01 und 02 | M 1:10

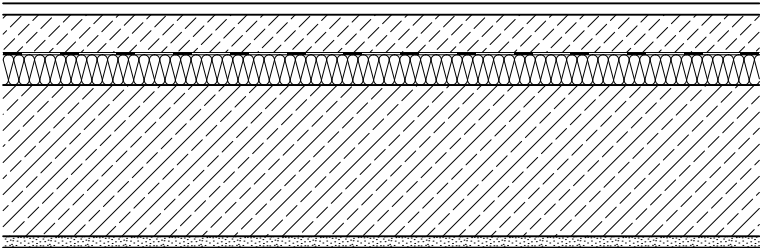
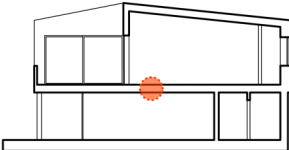


Abbildung 29 Deckenkonstruktion | Variante 01 und 02 | M 1:10

03 Geschoßdecke	Bauteile	Bauteildicke [cm]
Variante 01 konventionelle Bauweise		
Variante 02 konventionelle Bauweise mit ökologischen Dämmstoffen		
EnEV ₂₀₁₆ $U_D \leq 0,20 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$	Fußbodenbelag Eiche	1,50
	Estrich Zementestrich	5,00
	Trennlage PE-Folie	-
	Trittschalldämmung Mineralwolle/Holzfaser	4,00/3,00
	Stahlbeton Decke	20,00
	Putzträger/Schilfmatten	-
	Innenputz Kalkzementputz/Lehmputz 2 Lg.	1,50/3,00
	∑ Gesamtdicke	30,00/32,50
Variante 2 Austausch	Mineralwolle-Trittschalldämmplatte durch Holzfaser-Trittschalldämmplatte	
	Kalkzementputz durch Lehmputz	

Tabelle 09

Deckenkonstruktion | Variante 01 und 02

Deckenkonstruktion | Variante 03 | M 1:10

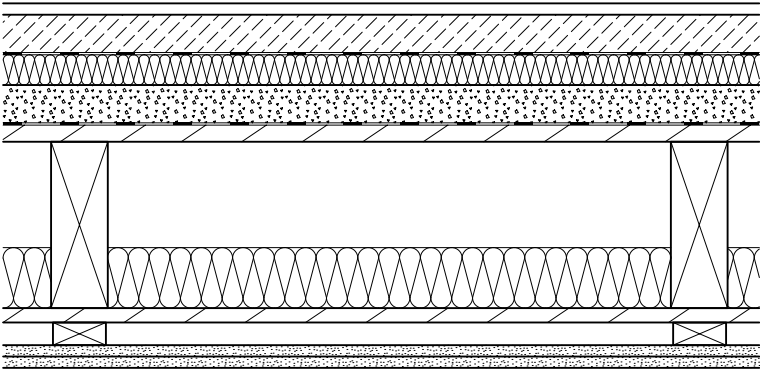
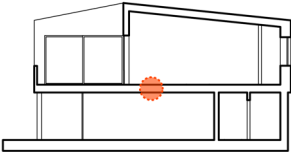


Abbildung 30 Deckenkonstruktion | Variante 03 | M 1:10

03 Geschoßdecke	Bauteile	Bauteildicke [cm]
Variante 03 ökologische Bauweise		
EnEV ₂₀₁₆ $U_D \leq 0,20 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$	Fußbodenbelag Eiche	1,50
	Estrich Zementestrich	5,00
	Trennlage PE-Folie	-
	Trittschalldämmung Holzfaser	3,00
	Splitschüttung	5,00
	Rieselschutz	-
	Holzschalung OSB-Platte	2,20
	Brettschichtholz Sparren	22,00
	Zwischensparrendämmung Zellulose-Einblasdämmung	8,00
	Holzschalung OSB-Platte	1,90
	Lattung Unterkonstruktion	3,00
	Gipsfaserplatten	1,00
	Gipsfaserplatten	1,00
	Innenputz Lehmputz	1,50
	Σ Gesamtdicke	47,10

Tabelle 10

Deckenkonstruktion | Variante 03

Dachkonstruktion | Variante 01-03 | M 1:10

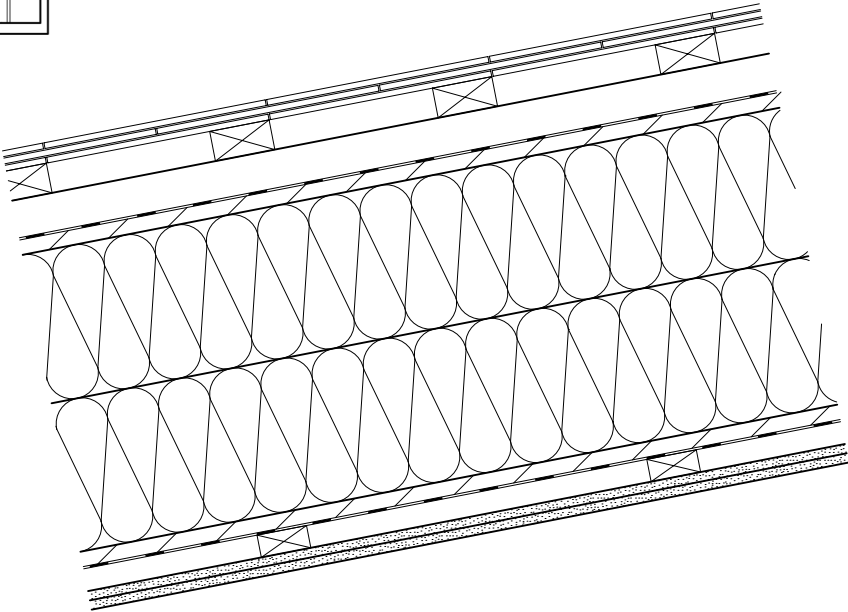
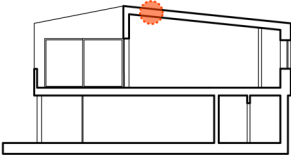


Abbildung 31 Dachkonstruktion | Variante 01-03 | M 1:10

04 Dach	Bauteile	Bauteildicke [cm]
Variante 01 konventionelle Bauweise		
Variante 02 konventionelle Bauweise mit ökologischen Dämmstoffen		
Variante 03 ökologische Bauweise		
EnEV ₂₀₁₆ $U_D \leq 0,20 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$	Dachdeckung Faserzementwellplatte	2,50
	Lattung horizontal	4,00
	Hinterlüftung zw. Konterlattung	5,00
	Unterdach diffusionsoffen	-
	Holzschalung OSB-Platte	2,00
	Bauschnittholz Sparren	-
	Zwischensparrendämmung Mineralwolle, 2 Lg. /Zellulose-Einblasdämmung	40,00/40,00
	Holzschalung OSB-Platte	2,00
	Dampfsperre	-
	Lattung Unterkonstruktion	3,00
	Gipskartonplatte/Gipsfaserplatte	1,50/1,00
	Gipskartonplatte/Gipsfaserplatte	1,50/1,00
	∑ Gesamtdicke	61,50/60,50
Variante 02 und 03 Austausch	Mineralwolle-Dämmplatten durch Zellulose-Einblasdämmung	
	Gipskartonplatten durch Gipsfaserplatten	

Tabelle 11

Dachkonstruktion | Variante 01-03

relevante
Kenndaten für die
Berechnung der
Ökobilanz

Kenndaten | Entwurf

Nachfolgend werden für die Berechnung der Ökobilanz wichtige Kenndaten des betrachteten Gebäudes aufgeführt. Grundlage für die Ermittlung der Grundflächen, Nutzflächen, sowie Rauminhalte von Gebäuden ist die DIN 277. Für die Berechnung der Energiebilanz wird die DIN V 18599 herangezogen.

Gebäudeart	Einfamilienhaus
Errichtungsort	Heilbronn Baden-Württemberg DE
Nutzung EG	beheizt Wohnzimmer, Dusche/WC, Hauswirtschaftsraum, Abstellraum, Haustechnik unbeheizt Lagerraum und Garage
Nutzung OG	beheizt Wohnzimmer, Küche, Esszimmer, Arbeitszimmer, zwei Schlafzimmer, Abstellraum, Bad
Wohneinheiten	1-2
Geschoßanzahl	2 oberirdisch

Anzahl der Bewohner	2
Dachform	einhäufiges bzw. asymmetrisches Satteldach
Giebelrichtung	NW-SO

Kenndaten | Flächenberechnung nach DIN 277

Grundstücksfläche [GF]	600,00	m ²
Bebaute Fläche [BF]	217,64	m ²
Wohnfläche	236,10	m ²
exkl. Haustechnik, Hauswirtschaft, Lager, Garage, Personenaufzug inkl. Terrasse, Balkon [25%]		
∑ Brutto-Grundfläche [BGF] = Netto-Raumfläche [NRF] + Konstruktions-Grundfläche [KGF]	379,03	m²
Brutto-Grundfläche [BGF] Erdgeschoss	181,84	m ²
Brutto-Grundfläche [BGF] Obergeschoss	197,19	m ²
∑ Netto-Raumfläche [NRF] früher: Netto-Grundfläche [NGF]	314,56	m²
Netto-Raumfläche [NRF] Erdgeschoss	153,23	m ²
Netto-Raumfläche [NRF] Obergeschoss	161,33	m ²
∑ Nutzungsfläche [NUF] früher: Nutzfläche [NF]	263,56	m²

Σ Nutzungsfläche [NUF] früher: Nutzfläche [NF]		263,56	m ²
Nutzungsfläche [NUF] Erdgeschoss		120,57	m ²
Wohnzimmer		37,56	m ²
WC		2,08	m ²
Hauswirtschaft		8,19	m ²
Lager		28,60	m ²
Garage		44,14	m ²
Nutzungsfläche [NUF] Obergeschoss		142,99	m ²
Küche mit Essbereich		57,03	m ²
Wohnzimmer		22,09	m ²
Arbeitszimmer		12,78	m ²
Schlafzimmer 1		19,48	m ²
Schlafzimmer 2		16,58	m ²
Bad / WC		10,17	m ²
Abstellraum		4,86	m ²
Σ Technische Funktionsfläche [TF]		9,46	m ²
Technische Funktionsfläche [TF] Erdgeschoss		9,46	m ²
Haustechnik		9,46	m ²

Haustechnik	9,46	m ²
∑ Verkehrsfläche [VF]	41,54	m²
Verkehrsfläche [VF] Erdgeschoss	23,20	m ²
Flur	20,15	m ²
Personenaufzug	3,05	m ²
Verkehrsfläche [VF] Obergeschoss	18,34	m ²
Flur	15,29	m ²
Personenaufzug	3,05	m ²
∑ Konstruktions-Grundfläche [KGF]	64,47	m²
Außenwandkonstruktion Erdgeschoss	17,77	m ²
Außenwandkonstruktion Obergeschoss	27,09	m ²
Innenwandkonstruktion Erdgeschoss	10,84	m ²
Innenwandkonstruktion Obergeschoss	8,77	m ²
∑ Brutto-Rauminhalt [BRI] = Brutto-Grundfläche [BGF] x Höhe	1337,98	m³
Brutto-Rauminhalt [BRI] Erdgeschoss	641,90	m ³
Brutto-Rauminhalt [BRI] Obergeschoss	696,08	m ³
Höhe = ø 3,53 m [Fußbodenoberkante bis zur Fußbodenoberkante der darüber liegenden Grundrissebene]		
∑ Netto-Rauminhalt [NRI] = Netto-Raumfläche [NRF] x lichte Raumhöhe	987,72	m³

Σ Netto-Rauminhalt [NRI] = Netto-Raumfläche [NRF] x lichte Raumhöhe	987,72	m³
Netto-Rauminhalt [NRI] Erdgeschoss	481,14	m ³
Netto-Rauminhalt [NRI] Obergeschoss	506,58	m ³
lichte Raumhöhe = \varnothing 3,14 m		
Konstruktions-Rauminhalt [KRI] = Brutto-Rauminhalt [BRI] - Netto-Rauminhalt [NRI]	350,26	m³
Konstruktions-Rauminhalt [NRI] Erdgeschoss	160,76	m ³
Konstruktions-Rauminhalt [NRI] Obergeschoss	189,50	m ³

Tabelle 12 Flächenberechnung nach DIN 277-1

Kenndaten | Energiebilanz nach DIN V 18599

wärmeübertragende Umfassungsfläche A	792,86 m
Beheiztes Gebäudevolumen V_e [Bruttovolumen]	1049,78 m ³
A/ V_e -Verhältnis [Kompaktheit]	0,76 m ⁻¹
Gebäudenutzfläche A_N	255,40 m ²
Beheiztes Luftvolumen V	797,83 m ³
[Beheizte] Netto-Raumfläche NRF	241,82 m ²

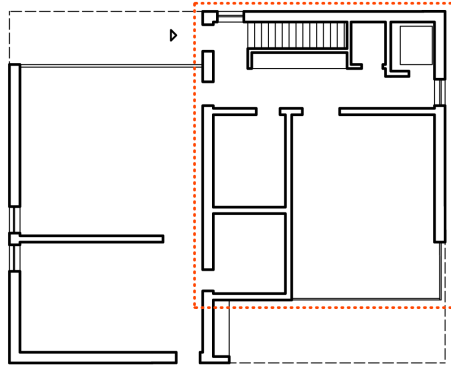


Abbildung 32 Thermische Gebäudehülle | Erdgeschoss

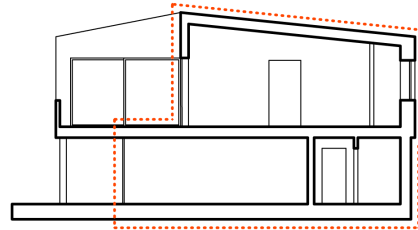


Abbildung 34 Thermische Gebäudehülle | Schnitt A

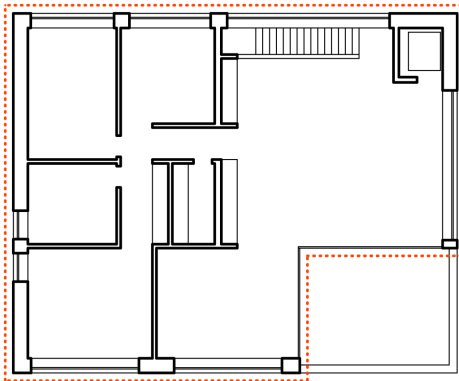


Abbildung 33 Thermische Gebäudehülle | Obergeschoss

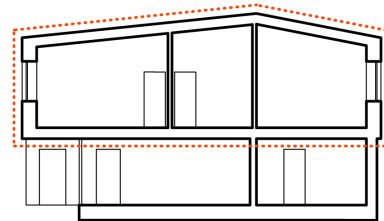


Abbildung 35 Thermische Gebäudehülle | Schnitt B

Lebenszyklusanalyse | 07

Lebenszyklusanalyse LCA	117
Normen Ökobilanz	122
Software LEGEP	123
Ökobilanz mit LEGEP	125

07 | Lebenszyklusanalyse

Die Auswahl der Baumaterialien ist von großer Bedeutung, da der Energieeinsatz für die Herstellung eines Gebäudes in etwa dem Energieverbrauch für die Beheizung eines Niedrigenergiehauses von 50 Jahren entspricht.¹ Neben dem Wärmeschutz und den Einsatz von erneuerbaren Energieträgern, sind ökologische Baustoffe für das nachhaltige Bauen unabdingbar.

Für die ökologische Bewertung von Baustoffen wird der Ökoindex OI3 angewandt. Dieser beurteilt den Bedarf an nicht-erneuerbarer Primärenergie, das Treibhaus- und das Versauerungspotential. Anhand dieser Umweltindikatoren wird die Qualität des eingesetzten Materials bewertet. Der OI3 Index kann für die Berechnung von einzelnen Baustoffen, Bauteile aber auch für ein gesamtes Gebäude angewandt werden.

Jeder Baustoff hat während seines gesamten Lebenszyklus (Herstellung, Transport, Nutzung, Abriss / Recycling) eine große Einwirkung auf die Umwelt. Neben dem Energieverbrauch während des Betriebs durch den Nutzer, muss auch der Energiebedarf für die Herstellung, Transport und den Abriss bzw. Recycling des jeweiligen Baustoffs beachtet werden. Mit der Ökobilanzierung wird der gesamte Lebensweg eines Materials von der „Wiege bis zur Bahre“ (cradle-to-grave) dargestellt, d.h. von der Rohstoffgewinnung und -erzeugung über die Energieerzeugung und Baustoffherstellung bis zur Nutzung, Abfallbehandlung und endgültiger Beseitigung. Ist ein Baustoff zu 100% recyclebar, spricht man von der „Wiege bis zur Wiege“ (cradle-to-cradle).

¹ IBO - Ökologisch Bauen Gesund Wohnen (2018): Oekoindex OI3.

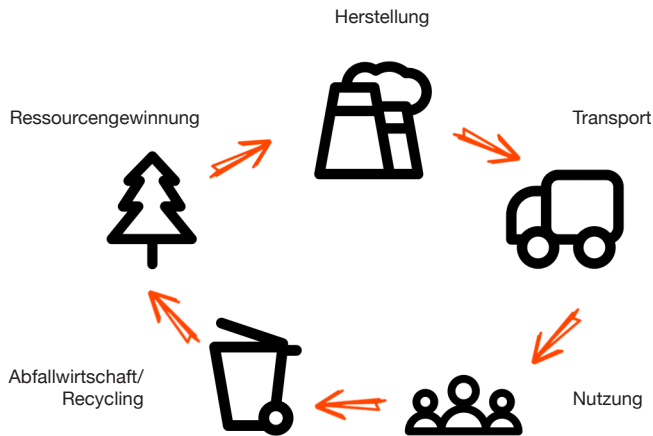


Abbildung 36 Lebenszyklus eines Gebäudes

Die Lebenszyklusanalyse umfasst vier Phasen nach ISO 14040 (2009):²

01 Festlegung von Ziel und Untersuchungsrahmen

Der Untersuchungsrahmen hängt vom untersuchenden Gegenstand ab und können je nach Zielsetzung einer Ökobilanz sehr abweichen.

02 Sachbilanz

Die Sachbilanz erfasst die bestehenden Daten, die für das Erreichen des Ziels relevant sind (Bestandsaufnahme).

² DIN EN ISO 14040, 4.2 Phasen der Ökobilanz.

03 Wirkungsabschätzung

Weitere hilfreiche Informationen werden bei der Wirkungsabschätzung bereitgestellt, um die Ergebnisse der Sachbilanz und deren Umweltrelevanz besser verstehen zu können.

04 Auswertung

Ergebnisse der Ökobilanz (in Übereinstimmung mit der Zielsetzung) werden als Grundlage für Schlussfolgerungen und Empfehlungen zusammengefasst und diskutiert.

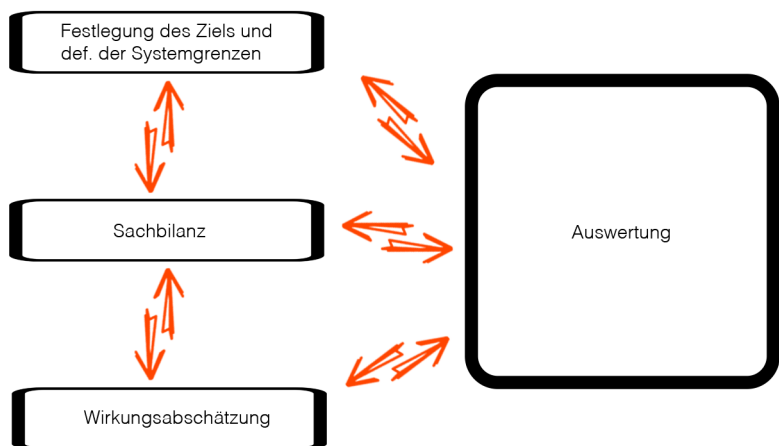


Abbildung 37 Phasen der Ökobilanz nach ISO 14040

Die abgebildeten Doppelpfeile verweisen auf ein iteratives Vorgehen, d. h.“(...) In den einzelnen Phasen einer Ökobilanz werden die Ergebnisse der anderen Phasen verwendet. Der interaktive Ansatz innerhalb der und zwischen den Phasen trägt zur Ganzheitlichkeit und Konsistenz der Studie und der im Bericht angegebenen Ergebnisse bei.“³ Ökobilanzen nähern sich schrittweise durch Rückkoppelungen der einzelnen Komponenten an die Lösung an. Die Verwendung von Ökobilanzen zeigen Möglichkeiten zur Verbesserung der ökologischen Eigenschaften von Materialien auf und nutzen als Informationsgrundlage für Entscheidungen.

Für die Berechnung der Lebenszyklusanalyse werden u. a. folgende Datensätze verwendet: Baubook, Ökobau.dat, GEMIS, ECOINVENT und IBO Ökokennzahlen.⁴

Gängige Indikatoren für Umwelteinwirkungen:⁵

Treibhauspotential | GWP - global warming potential
Ozonschichtabbaupotential | ODP - ozone depletion potential
Ozonbildungspotential | POCP - photochemical ozone creation potential
Versauerungspotential | AP - acidification potential
Überdüngungspotential | EP - Eutrophication Potential
Bedarf an nicht erneuerbarer Primärenergie | PE_{ne} - primary energy
Bedarf an erneuerbarer Primärenergie | PE_e - primary energy

3 DIN EN ISO 14040, 4.1.5 Iterativer Ansatz.

4 Reisinger (2016), S. 15.

5 Reisinger (2016), S. 15 f.

In dieser Studie wird, wie oben bereits beschrieben, der Ökoindex OI3 angewandt. Dieser umfasst das Treibhauspotential GWP, das Versauerungspotential AP und den Primärenergiebedarf PE und werden nachfolgend genauer beschrieben.

Treibhauspotential | GWP - global warming potential

Der Anstieg des Treibhauseffekts in unserer Atmosphäre wird in erster Linie durch menschliche Aktivitäten begünstigt und trägt zur globalen Erwärmung bei. Zu den wichtigsten Treibhausgasen gehören unter anderem Kohlendioxid (CO_2), Lachgas (N_2O) und Methan (CH_4). Die Hauptursachen für die Entstehung von Treibhausgasen sind die Verbrennung von fossilen Energieträgern, die landwirtschaftliche Nutzung (Viehzucht, Reisanbau) als auch die Veränderung in der Flächennutzung, insbesondere der Abholzung von Tropenwäldern. Das quantitativ wichtigste Treibhausgas ist Kohlendioxid und wird vor allem als Folge von CO_2 -Emissionen bei Energieumsetzungen verursacht. Die Einheit ist ($\text{kg CO}_2\text{-Äquiv./m}^2$).

Versauerungspotential | AP - acid potential

Die Luftschadstoffe wie Stickoxid- (NO_x) und Schwefeldioxidgase (SO_2), die von der Landwirtschaft erzeugt werden, tragen in Verbindung mit Wasser (Niederschlag) zur Versauerung von Gewässern und Böden bei. Eine Konsequenz für die ansteigende Versauerung ist der saure Regen. Die Einheit ist ($\text{kg SO}_2\text{-Äquiv./m}^2$).

Primärenergiebedarf | PE - primary energy

Der Primärenergiebedarf PE gibt den notwendigen Energiebedarf bei der Herstellung eines Baustoffes an. Er zeigt die graue Energie eines Materials und bei der Herstellung verbrauchte Energie an. Dabei wird zwischen erneuerbare und nicht erneuerbare Energie unterscheiden. Die Einheit ist Megajoule (MJ).

Normen | Ökobilanz

EN ISO 14040 (2009) „Umweltmanagement - Ökobilanz - Grundsätze und Rahmenbedingungen“:

beschreibt die Grundsätze und Rahmenbedingungen von Ökobilanzen und bezieht sich auf Umweltaspekte und potenziellen Umweltwirkungen von Rohstoffgewinnung, Produktion, Anwendung, Abfallbehandlung, Recycling und endgültigen Beseitigung (von der Wiege bis zur Bahre | cradle-to-grave).

EN ISO 14044 (2009) „Umweltmanagement - Ökobilanz - Anforderungen und Anleitungen“:

ist eine Zusammenfassung der ISO-Normen 14041 bis 14043. Sie legt Anforderungen für die Ökobilanz fest und bietet einen Leitfaden für die Erstellung, einschliesslich⁶

6 DIN EN ISO 14044, 1 Anwendungsbereich.

- 01 Festlegung des Ziels und des Untersuchungsrahmens
- 02 Sachbilanz
- 03 Wirkungsabschätzung
- 04 Auswertung
- 05 Bericht über die Ökobilanz und deren Kritische Prüfung
- 06 Grenzen der Ökobilanz
- 07 Beziehungen zwischen den Phasen einer Ökobilanz
- 08 Bedingungen der Anwendung von Werthaltungen und optionalen Bestandteilen

Software LEGEP

LEGEP ist eine Softwarelösung zur Berechnung nachhaltiger Gebäude. Sie ermittelt u. a. die Errichtungskosten, den Energiebedarf, die Lebenszykluskosten und die Ökobilanz von Neu- und Altbauten mit Hilfe der sirAdos-Bauelementmethode. Ein Bauteilkatalog mit genau definierten Baukonstruktionen dient als Basis und mindert den zeitlichen Aufwand für die Gebäudemodellierung. Durch die Materialauswahl, Konstruktionen und haustechnischen Anlagen müssen aufgrund der komplexen Wechselwirkungen die Berechnungen integral sein.

Die Software LEGEP ist in unterschiedliche Module unterteilt:⁷

⁷ WEKA MEDIA GmbH (2018): LEGEP - Planen, Berechnen, Betreiben.

Modul | Kostenplanung

Die Kostenermittlung erfolgt gemäß den Anforderungen der DIN 276 (2008). Von 5 Stufen der Kostenplanung (Kostenrahmen, Kostenschätzung, Kostenberechnung, Kostenanschlag, Kostenfeststellung), können 4 Stufen mit LEGEP berechnet werden.

Modul | Wärme & Energie

Energieausweise für Wohn- und Nichtwohngebäude erfolgen nach DIN V 4108-6/4701-10 bzw. DIN V 18599 auf Grundlage der EnEV.

Modul Wirtschaftlichkeit

Beurteilung von Baumaßnahmen an Bestandsgebäuden

Modul | Lebenszykluskosten

Die Ermittlung der Lebenszykluskosten eines Gebäudes erfolgen nach DIN 276 und DIN 18960

Modul | Ökobilanz

Erstellen von Ökobilanzen (LCA) für alle Lebenszyklusphasen eines Gebäudes nach ISO 14040/14044

Modul | Bauprodukte und Risikostoffe

Übersicht über verbaute Bauprodukte und deren „Risiken für die lokale Umgebung“

Ökobilanz mit LEGEP

Die Sach- und Wirkungsbilanzdaten für Bauprozesse, Bauprodukte, Energiebereitstellung, Transport und Entsorgung sind in einer Ökobilanzmoduldatenbank hinterlegt. Die Berechnung der Umweltauswirkungen in den einzelnen Lebenszyklusphasen (nach DIN EN 15978 | A, B, C, D) erfolgt auf Grundlage von Ecoinvent für internationale oder Ökobau.dat für nationale Projekte.⁸

LEGEP unterscheidet bei der Berechnung von Umweltauswirkungen und Ressourceninanspruchnahme folgende Indikatoren:⁹

Primärenergieaufwand aus erneuerbaren Quellen (in MJ)

Primärenergieaufwand aus nicht erneuerbaren Quellen (in MJ)

Treibhauspotential (CO₂-Äquivalent)

Versauerungspotential (SO₂-Äquivalent)

Ozonschichtabbaupotential (CFC₁₁-Äquivalent)

Ozonbildungspotential (Ethen-Äquivalent)

Überdüngungspotential (Phosphat-Äquivalent)

⁸ LEGEP® (2018): LEGEP-Ökobilanz.

⁹ LEGEP® (2018).

Einzelne Lebenszyklusphasen lassen sich getrennt anzeigen und bewerten. Die Software zeigt bei der Berechnung der Energie- und Stoffflüsse folgende Phasen an:¹⁰

- Herstellung (He)
- Betrieb (Be)
- Reinigung (Re)
- Instandsetzung (Ins)
- Entsorgung (Ent)

10 LEGEP® (2018).

Ökobilanzierung	127
Stofffluss und Rohstoffeinsatz	129
Primärenergiebedarf	145
Treibhaus- und Versauerungspotential	154
Lebenszykluskosten LCC	159
Zwischenfazit Ökobilanzierung als iterativer Prozess	166

08 | Variantenstudie mit LEGEP

Ökobilanzierung

Nach der Erfassung und Berechnung der Flächen, der Kubaturen und der Schichtaufbauten der einzelnen Bauteile des Entwurfes können die Daten in die Software LEGEP eintragen werden. Anschließend kann für die verschiedenen Varianten (konventionelle, konventionell mit ökologischen Baustoffen oder ökologisch) die jeweilige Ökobilanzierung durchgeführt und die graue Energie ermittelt werden, die hinsichtlich der Konstruktion verbraucht wird. Auch die rote Energie, die bei der Gebäudenutzung und für den Betrieb der Heizung oder anderen Geräten verbraucht wird, lässt sich darstellen. Für die Berechnung wird unter LEGEP das Modul „Ökobilanz“ gewählt, wobei automatisch die Gebäudelebenszyklusphasen Herstellung, Instandsetzung sowie Entsorgung berücksichtigt werden.

Nachfolgend wird für den Bau eines Einfamilienhaus in Heilbronn die drei beschriebenen Varianten gegenübergestellt und im Detail die Materialanteile, der Primärenergieaufwand (PE, in MJ und unter Berücksichtigung des Anteil erneuerbarer Energien), das Treibhauspotential (GWP, in kg CO₂-Äquivalent) und das Versauerungspotential (AP, in kg SO₂-Äquivalent) der jeweiligen Bauweise über die verschiedenen Lebenszyklusphasen ermittelt und anschaulich dargestellt. Zur Erhebung der benötigten Daten wird im Rahmen der Software LEGEP auf die sirAdos-Datenbank zurückgegriffen.¹

¹ Reisinger (2016), S. 26 ff.

Die drei zu untersuchenden Bauweisen im Überblick:

Variante 01 | konventionelle Bauweise

Massivbauweise (Stahlbeton) mit Wärmedämmverbundsystem (EPS)

Variante 02 | konventionelle Bauweise mit ökologischen Dämmstoffen

Massivbauweise (Stahlbeton) mit Wärmedämmverbundsystem
(Holzfaser)

Variante 03 | ökologische Bauweise

Massivbauweise (Lehmmauerwerk) mit Wärmedämmverbundsystem
(Holzfaser)

Stofffluss und Rohstoffeinsatz

Um die Unterschiede der drei verschiedenen Bauweisen hinsichtlich des Materialbedarfs anschaulich darzustellen, sollen nachfolgende Diagramme die jeweiligen Materialanteile verdeutlichen. Differenziert nach einzelnen Materialgruppen wie mineralischem oder pflanzlichem Baumaterial, Dämmstoffen, Estrichen, Putzen, Abdichtungen, Beschichtungen, Kunststoffen oder Metall zeigen die drei Kreisdiagramme (Abb. 38-40), wie groß die beim Bau aufzubringenden Stoffmengen in jeder Variante und jeweiliger Materialgruppe sind. Hier soll auch, in Relation der Varianten zueinander, ersichtlich werden, wie sich der Stofffluss von Bauweise zu Bauweise ähnelt bzw. unterscheidet, nämlich welche Materialien von der jeweiligen Bauweise besonders stark in Anspruch genommen werden.

Die Kreisdiagramme (Abb. 41, 43, 45) dienen zur weiteren Untersuchung der Nachhaltigkeit des Stoffflusses. Sie beziehen sich anteilig auf die zuvor genannten Materialgruppen und geben für jede Bauweise Auskunft darüber, in welcher Materialgruppe der Einsatz nachwachsender Rohstoffe besonders groß oder klein bzw. gar nicht vorhanden ist. Diese Diagramme zeigen, in welchen Materialgruppen die ein oder andere Bauweise noch stärker auf nachwachsende Rohstoffe setzt und wo sich die Varianten voneinander unterscheiden.

Zum besseren Verständnis der Diagramme sollen an dieser Stelle nochmals in Kürze die einzelnen Varianten in ihren wesentlichen Punkten vorgestellt werden: Die Variante 1 umfasst eine konventionelle Bauweise, bei der eine Stahlbetonkonstruktion mit verputzten

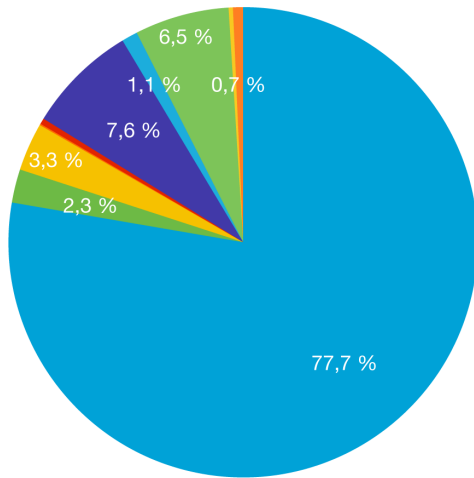
Wärmedämmverbundsystem aus EPS im Erdgeschoss und einer hinterlüfteten Schindelfassade im Obergeschoss verbunden wird. Die Variante 2 wendet dieselbe konventionelle Bauweise an, nur nutzt sie im Wärmedämmverbundsystem ökologische Holzfaser-Dämmstoffe (weitere geeigneten ökologischen Dämmstoffe sind im Anhang zu entnehmen). Des Weiteren werden einzelne Baustoffe wie z.B. Kalkputze und Gipskartonplatte in ökologische ausgetauscht. Die dritte Variante hingegen verwendet die ökologische Holzfaser-Wärmedämmverbundsystems der zweiten Variante, die Massivbauweise aus Stahlbeton wird durch ein Lehmmauerwerk ersetzt.

Variante 01 | konventionelle Bauweise

Materialanteile	in [%]
Mineralisches Baumaterial	77,7
Pflanzliches Baumaterial	2,3
Metall	3,3
Kunststoffe	0,1
Abdichtungen, Dachdeckungen etc.	0,4
Bodenbeläge, Estriche	7,6
Dämmstoffe	1,1
Putz-, Fassaden-, Deckenbekleidung etc.	6,5
Beschichtungen, Tapeten, Textilien	0,3
Transuzente Bauteile, Fenster-, Türrahmen etc.	0,7

Tabelle 13

Materialanteile in [%]
Variante 01 | konventionelle Bauweise



- Mineralisches Baumaterial
- Pflanzliches Baumaterial
- Metall
- Kunststoffe
- Abdichtungen, Dachdeckungen etc.
- Bodenbeläge, Estriche
- Dämmstoffe
- Putz-, Fassaden-, Deckenbekleidung etc.
- Beschichtungen, Tapeten, Textilien
- Transluzente Bauteile, Fenster-, Türrahmen etc.

Abbildung 38

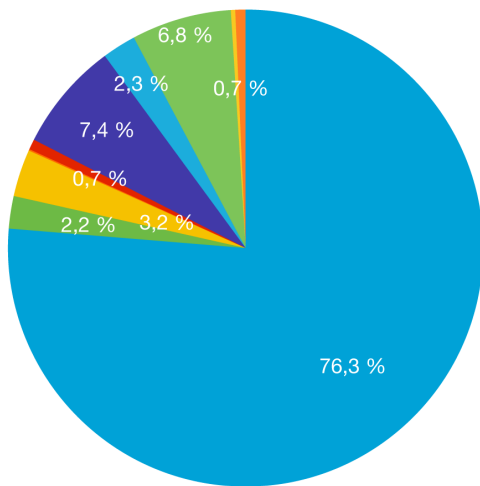
Materialanteile in [%]
 Variante 01 | konventionelle Bauweise

Variante 02 | konventionelle Bauweise mit ökol. Dämmstoffen

Materialanteile	in [%]
Mineralisches Baumaterial	76,3
Pflanzliches Baumaterial	2,2
Metall	3,2
Kunststoffe	0,1
Abdichtungen, Dachdeckungen etc.	0,7
Bodenbeläge, Estriche	7,4
Dämmstoffe	2,3
Putz-, Fassaden-, Deckenbekleidung etc.	6,8
Beschichtungen, Tapeten, Textilien	0,3
Transuzente Bauteile, Fenster-, Türrahmen etc.	0,7

Tabelle 14

Materialanteile in [%]
Variante 02 | konventionelle Bauweise mit
ökologischen Dämmstoffen



- Mineralisches Baumaterial
- Pflanzliches Baumaterial
- Metall
- Kunststoffe
- Abdichtungen, Dachdeckungen etc.
- Bodenbeläge, Estriche
- Dämmstoffe
- Putz-, Fassaden-, Deckenbekleidung etc.
- Beschichtungen, Tapeten, Textilien
- Transluzente Bauteile, Fenster-, Türrahmen etc.

Abbildung 39

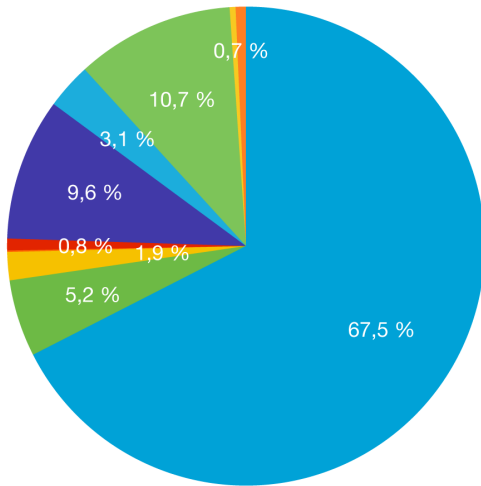
Materialanteile in [%]
 Variante 02 | konventionelle Bauweise mit
 ökologischen Dämmstoffen

Variante 03 | ökologische Bauweise

Materialanteile	in [%]
Mineralisches Baumaterial	67,5
Pflanzliches Baumaterial	5,2
Metall	1,9
Kunststoffe	0,1
Abdichtungen, Dachdeckungen etc.	0,8
Bodenbeläge, Estriche	9,6
Dämmstoffe	3,1
Putz-, Fassaden-, Deckenbekleidung etc.	10,7
Beschichtungen, Tapeten, Textilien	0,4
Transuzente Bauteile, Fenster-, Türrahmen etc.	0,7

Tabelle 15

Materialanteile in [%]
Variante 03 | ökologische Bauweise



- Mineralisches Baumaterial
- Pflanzliches Baumaterial
- Metall
- Kunststoffe
- Abdichtungen, Dachdeckungen etc.
- Bodenbeläge, Estriche
- Dämmstoffe
- Putz-, Fassaden-, Deckenbekleidung etc.
- Beschichtungen, Tapeten, Textilien
- Transluzente Bauteile, Fenster-, Türrahmen etc.

Abbildung 40

Materialanteile in [%]
 Variante 03 | ökologische Bauweise

Variante 01 | konventionelle Bauweise

Materialanteile	in [%]
Pflanzliches Baumaterial, Primärkonstruktion	77,9
Bodenbeläge, Estriche	20,9
Beschichtungen, Tapeten etc.	1,0
Abdichtungen, Dachdeckungen etc.	0,2

Tabelle 16

Nachwachsende Rohstoffe & deren Anteile in [%]
Variante 01 | konventionelle Bauweise

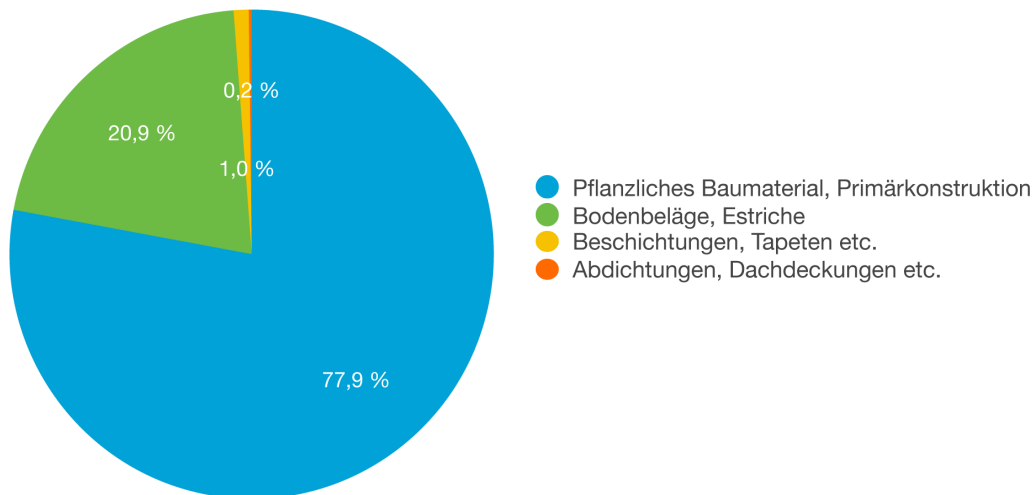


Abbildung 41

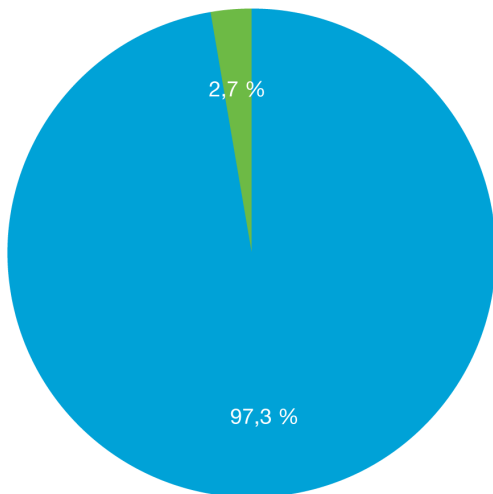
Nachwachsende Rohstoffe & deren Anteile in [%]
Variante 01 | konventionelle Bauweise

Variante 01 | konventionelle Bauweise

Materialanteile	in [%]
nicht nachwachsend	97,3
nachwachsend	2,7

Tabelle 17

Nachwachsende & Nicht Nachwachsende
Rohstoffe in [%]
Variante 01 | konventionelle Bauweise



● nicht nachwachsend ● nachwachsend

Abbildung 42

Nachwachsende & Nicht Nachwachsende
Rohstoffe in [%]
Variante 01 | konventionelle Bauweise

Variante 02 | konventionelle Bauweise mit ökol. Dämmstoffen

Materialanteile	in [%]
Pflanzliches Baumaterial, Primärkonstruktion	43,9
Bodenbeläge, Estriche	11,8
Beschichtungen, Tapeten etc.	0,6
Abdichtungen, Dachdeckungen etc.	3,3
Dämmstoffe	40,5

Tabelle 18

Nachwachsende Rohstoffe & deren Anteile in [%]
 Variante 02 | konventionelle Bauweise mit
 ökologischen Dämmstoffen

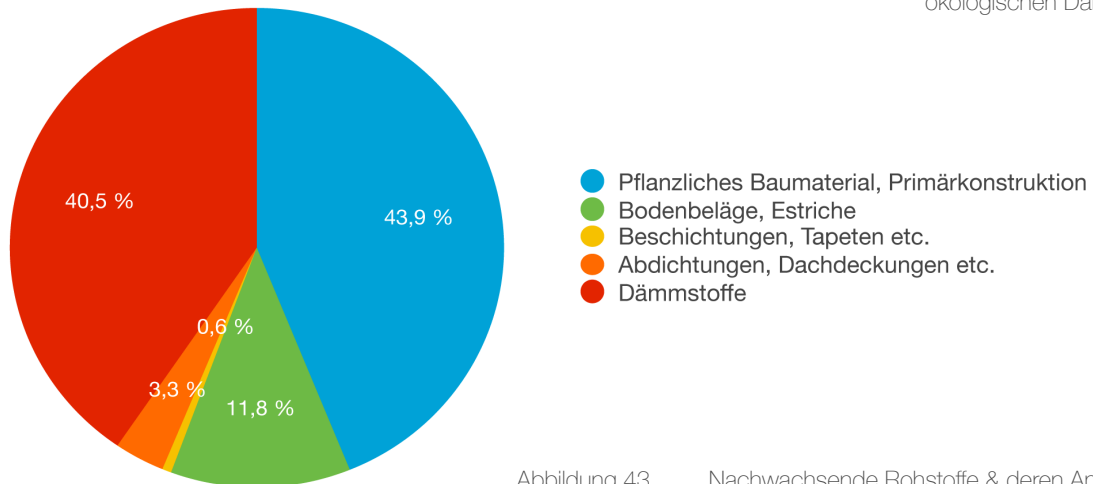


Abbildung 43

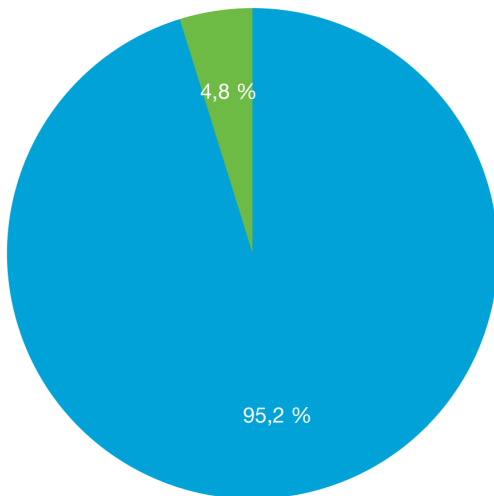
Nachwachsende Rohstoffe & deren Anteile in [%]
 Variante 02 | konventionelle Bauweise mit
 ökologischen Dämmstoffen

Variante 02 | konventionelle Bauweise mit ökol. Dämmstoffen

Materialanteile	in [%]
nicht nachwachsend	95,2
nachwachsend	4,8

Tabelle 19

Nachwachsende & Nicht Nachwachsende
Rohstoffe in [%]
Variante 02 | konventionelle Bauweise mit
ökologischen Dämmstoffen



● nicht nachwachsend ● nachwachsend

Abbildung 44

Nachwachsende & Nicht Nachwachsende
Rohstoffe in [%]
Variante 02 | konventionelle Bauweise mit
ökologischen Dämmstoffen

Variante 03 | ökologische Bauweise

Materialanteile	in [%]
Pflanzliches Baumaterial, Primärkonstruktion	58,1
Bodenbeläge, Estriche	8,5
Beschichtungen, Tapeten etc.	0,4
Abdichtungen, Dachdeckungen etc.	2,5
Dämmstoffe	30,4

Tabelle 20

Nachwachsende Rohstoffe & deren Anteile in %
Variante 03 | ökologische Bauweise

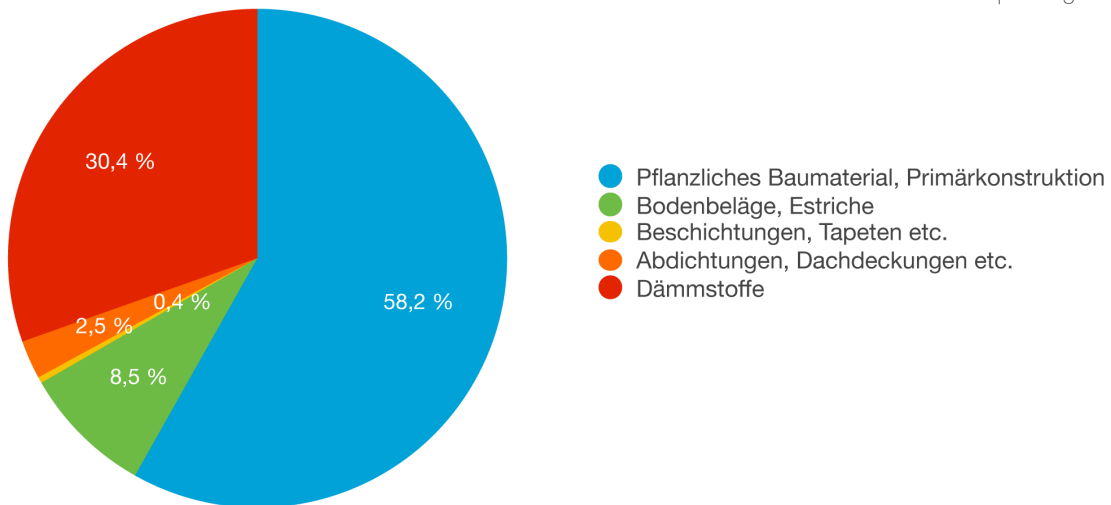


Abbildung 45

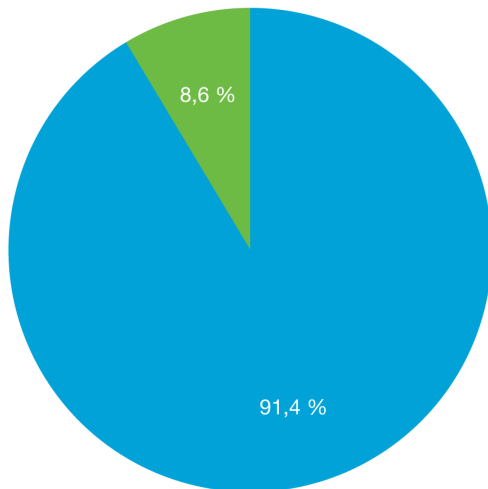
Nachwachsende Rohstoffe & deren Anteile in %
Variante 03 | ökologische Bauweise

Variante 03 | ökologische Bauweise

Materialanteile	in [%]
nicht nachwachsend	91,4
nachwachsend	8,6

Tabelle 21

Nachwachsende & Nicht Nachwachsende
Rohstoffe in %
Variante 03 | ökologische Bauweise



● nicht nachwachsend

● nachwachsend

Abbildung 46

Nachwachsende & Nicht Nachwachsende
Rohstoffe in [%]
Variante 03 | ökologische Bauweise

Anhand der drei Kreisdiagramme (Abb. 38-40) wird deutlich, dass beim konventionellen Bauen nach den Varianten 1 und 2 im Gegensatz zu Variante 3 in fast allen Materialgruppen gleich große Stoffanteile verbraucht werden, lediglich beim Dämmstoff lässt sich in Variante 2 (2,3%) gegenüber der Variante 1 (1,1%) einen größeren Stofffluss feststellen, was sich durch die geänderte Wahl des Dämmstoffes erklären lässt. Um den ähnlichen U-Wert der Außenwände beizubehalten wurde das EPS im gesamten Gebäude durch vergleichsweise dickere Holzfaserdämmplatten ersetzt. Das Variante 3 noch weitere Unterschiede in der Menge der verbrauchten Materialanteile aufweist, ist durch die gegenüber Variante 1 und 2 gänzlich andere Bauweise zu erklären. Sie unterscheidet sich nämlich insbesondere dadurch, dass eine ökologische Lehm-mauerwerk-bauweise anstatt einer konventionellen Stahlbetonkonstruktion zum Einsatz kommt.

Mit Blick auf die Diagramme 41, 43 und 45 sind weitere Unterschiede bei den drei Bauweisen zu erkennen. Variante 1 mit ihrer konventionellen Bauweise und den konventionellen Dämmstoffen nutzt nur in den Materialgruppen der pflanzlichen Baumaterialien (77,9%), der Bodenbeläge (20,9%) und der Beschichtungen (1%) nachwachsende Rohstoffe. Im Gegensatz zu den Varianten 2 und 3 kommt neben den oben genannten Materialgruppen zu einem erheblichen Anteil der Einsatz nachwachsender Rohstoffe bei den Dämmstoffen hinzu. Dieser offensichtlich vermehrte Einsatz nachwachsender Rohstoffe über mehrere Materialgruppen ist im Sinne eines nachhaltigen Stoffflusses gegenüber einer konventionellen, unökologischen Bauweise, wie bei Variante 1, vorzuziehen.

Die Kreisdiagramme 42, 44 und 46 veranschaulichen nachwachsende und nicht nachwachsende Rohstoffe, die in dem Gebäude verbaut sind. Bei der konventionellen Bauweise sind 2,7% der Materialien aus nachwachsenden, die restlichen 97,3% aus nicht nachwachsenden Rohstoffe (Abb. 42). Bei der zweiten Variante, der Mischbauweise, wurden einige Baustoffe der ersten Variante durch ökologische Materialien ausgetauscht, die Massivbauweise aus Stahlbeton blieb dabei bestehen. Durch die Verwendung von natürlichen Dämmstoffen und andere ökologischen Baustoffe, wie z. B. Lehmputz konnte der Wert der nachwachsenden Rohstoffe von 2,7% auf 4,8% angehoben werden (Abb. 44). Bei der dritten Variante, die die ökologischen Dämmstoffe und anderen Baustoffe der zweiten Variante übernimmt und die Massivbauweise anstelle des Stahlbetons durch ein Lehmmauerwerk ersetzt, konnte den Wert auf 8,6% steigern (Abb. 46). Wenn man die Materiallisten der verschiedenen Varianten genauer betrachtet, so stellt man fest, dass neben der Konstruktion ein erheblicher Materialanteil auf die Bereiche „Bodenbeläge, Estriche“ und „Putz-, Fassaden-, Deckenbekleidungen“ fallen (Abb. 38-40). Durch die Verwendung von ökologischen Baustoffen in diesen Bereichen kann hier eine nicht unwesentliche Steigerung von nachwachsenden Rohstoffen des gesamten Gebäudes erreicht werden.

Primärenergiebedarf

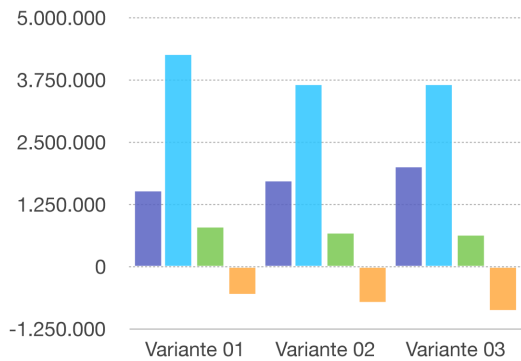
Die Unterschiede der zu untersuchenden Bauweisen sind hinsichtlich des Gesamt-Primärenergieverbrauchs im Variantenvergleich deutlich. Das folgende Säulendiagramm zeigt die Gegenüberstellung der drei Varianten hinsichtlich des Primärenergiebedarf auf, dabei ist der Bedarf auf verschiedene Phasen (wie Neubau, Betrieb, Instandsetzung oder Entsorgung) aufgeteilt (Abb. 47).

Gesamter Primärenergiebedarf | Variante 01-03

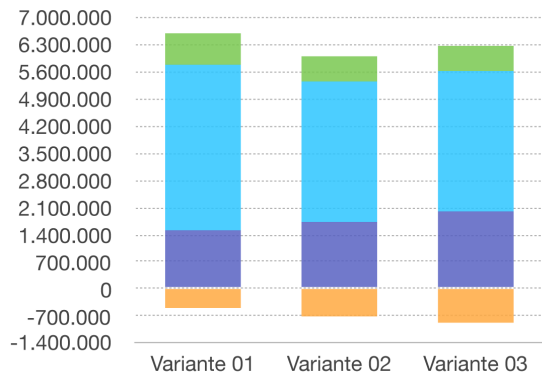
Primärenergie [MJ]	Variante 01	Variante 02	Variante 03
Neubau	1.528.524	1.711.573	1.991.143
Betrieb	4.264.567	3.645.717	3.645.717
Instandsetzung	811.218	660.512	649.674
Entsorgung	-516.470	-711.224	-852.344

Tabelle 22

Gesamter Primärenergiebedarf in [MJ]
Variante 01-03



■ Neubau ■ Betrieb ■ Instandsetzung ■ Entsorgung



■ Neubau ■ Betrieb ■ Instandsetzung ■ Entsorgung

Abbildung 47

Gesamter Primärenergiebedarf in [MJ]
Variante 01-03

Wenn man das Diagramm des gesamten Primärenergiebedarf betrachtet, erscheint die zweite Variante, die eine konventionelle Bauweise mit ökologischen Baustoffen beinhaltet, zunächst am ökologischsten, dasieimPrimärenergiebedarfüberdieunterschiedlichen Lebenszyklusphasen den kleinsten Primärenergiebedarf aufweist (Abb. 47).

Hinsichtlich der beschriebenen klimatischen Entwicklungen und Anforderungen ist zu berücksichtigen, welchen Ursprung die verbrauchten Ressourcen haben, ob dementsprechend erneuerbare oder nicht erneuerbare Energiequellen verwendet werden. Infolgedessen zeigen die nachfolgenden Diagramme für alle drei Varianten anteilig jeweils die erneuerbaren bzw. nicht erneuerbaren Energien (in Megajoule) im Gesamt-Primärenergiebedarf auf, die in jeder Lebenszyklusphase bei der entsprechenden Bauweise verbraucht werden (Abb. 48-50).

Primärenergiebedarf | Variante 01

Primärenergie [MJ]	PE	PEe	PEne
Neubau	1.528.524	323.857	1.204.667
Betrieb	4.264.567	242.275	4.022.292
Instandsetzung	811.218	203.232	607.986
Entsorgung	-511.782	-33.971	-477.811

Tabelle 23

Primärenergiebedarf in [MJ]
erneuerbare & nicht erneuerbare PE
Variante 01

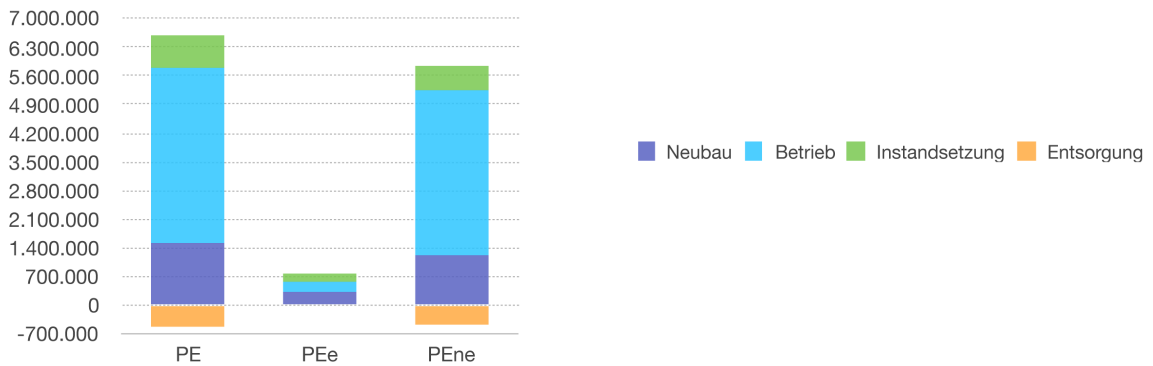
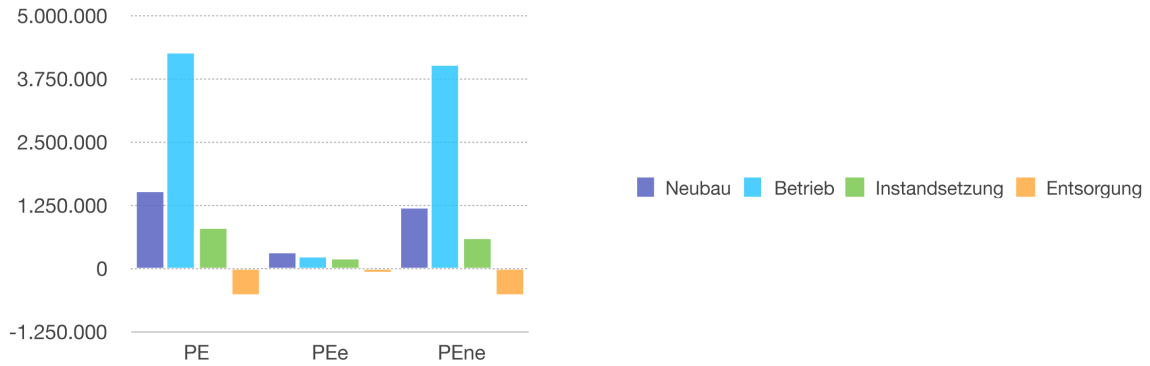


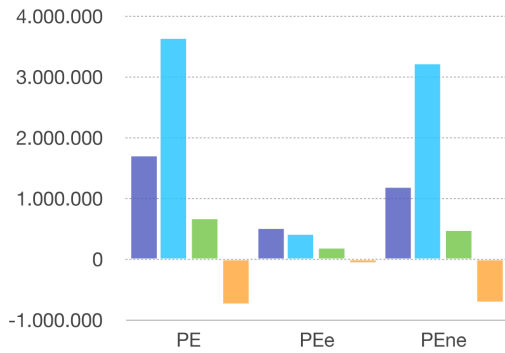
Abbildung 48 Primärenergiebedarf in [MJ]
erneuerbare & nicht erneuerbare PE
Variante 01

Primärenergiebedarf | Variante 02

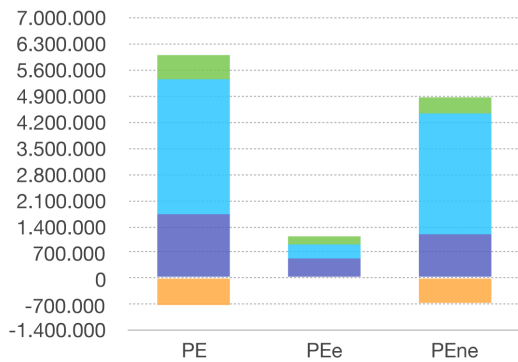
Primärenergie [MJ]	PE	PEe	PEne
Neubau	1.711.573	514.259	1.197.314
Betrieb	3.645.717	413.601	3.232.116
Instandsetzung	660.512	196.689	463.823
Entsorgung	-710.057	-30.060	-679.997

Tabelle 24

Primärenergiebedarf in [MJ]
erneuerbare & nicht erneuerbare PE
Variante 02



■ Neubau ■ Betrieb ■ Instandsetzung ■ Entsorgung



■ Neubau ■ Betrieb ■ Instandsetzung ■ Entsorgung

Abbildung 49

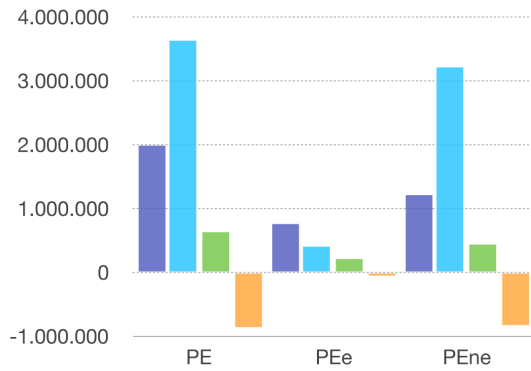
Primärenergiebedarf in [MJ]
 erneuerbare & nicht erneuerbare PE
 Variante 02

Primärenergiebedarf | Variante 03

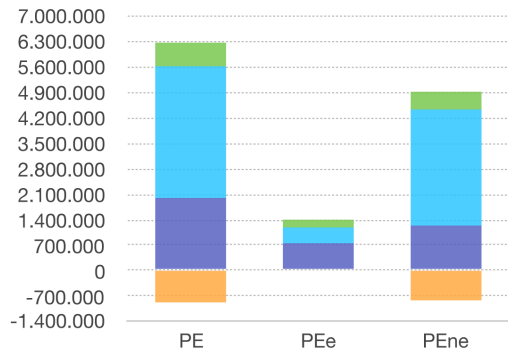
Primärenergie [MJ]	PE	PEe	PEne
Neubau	1.991.143	758.702	1.232.441
Betrieb	3.645.717	413.601	3.232.116
Instandsetzung	649.674	208.791	440.883
Entsorgung	-851.036	-31.656	-819.380

Tabelle 25

Primärenergiebedarf in [MJ]
erneuerbare & nicht erneuerbare PE
Variante 03



■ Neubau ■ Betrieb ■ Instandsetzung ■ Entsorgung



■ Neubau ■ Betrieb ■ Instandsetzung ■ Entsorgung

Abbildung 50

Primärenergiebedarf in [MJ]
 erneuerbare & nicht erneuerbare PE
 Variante 03

Anhand der drei Diagramme (Abb. 48-50) wird ersichtlich, dass die konventionelle Bauweise (Variante 1) im Variantenvergleich am wenigsten auf erneuerbare Energiequellen setzt, während die ökologische Bauweise (Variante 3) am stärksten die erneuerbare Primärenergie verwendet, insbesondere in der Phase des Neubaus.

Erst auf dieser Grundlage lässt sich abwägen, ob eine komplett ökologische Bauweise gegenüber einer Mischbauweise nicht doch zu bevorzugen ist, da die Variante 2 gemäß Säulendiagramm (Abb. 47) den niedrigsten Gesamtbedarf am Primärenergie vorzuweisen hat und die ökologische Variante 3 dagegen einen leicht erhöhten Gesamt-Primärenergiebedarf (Abb. 50) vorweist, jedoch zeigt die Aufteilung auf erneuerbare bzw. nicht erneuerbare Energien, dass die Variante 3 im Vergleich am stärksten auf erneuerbare Energiequellen setzt (Abb. 50).

Im Allgemeinen kann gesagt werden, dass mit einer schrittweise annähernden Umsetzung einer ökologischen Bauweise (konventionell > Mischbauweise > ökologisch) beim Neubau ein zunehmender Primärenergiebedarf resultiert (Abb. 47). Dieser energetische Mehraufwand, der bei der Herstellung des Neubaus einer ökologischen Bauweise entsteht, wird jedoch durch die Betrachtung des gesamten Lebenszyklus wiederum geschmälert (Abb. 47). Wie bereits im vorangegangenen Kapitel „Energetische Gebäudestandards: Energie- oder Emissionsproblem“ erläutert, ist nicht der steigende Energieverbrauch, sondern die Wahl der Energieträger und den damit einhergehenden CO₂-Emissionen verantwortlich an dem gegenwärtigen Umweltproblem. Demnach ist der Einsatz erneuerbarer Energien in jeden Fall vorzuziehen.

Treibhaus- und Versauerungspotential

Im Anschluss an die bisherige Sachbilanz, die den Stofffluss und den Energieverbrauch (graue oder rote Energie) in den einzelnen Lebenszyklusphasen analysiert hat, soll als zweiter wichtiger Bestandteil der Ökobilanz, eine sogenannte Wirkungsabschätzung, vorgenommen werden, um im Zuge der Entscheidung weitere umweltbeeinflussende Wirkungen zu berücksichtigen. In der Ökobilanz werden alle wesentlichen und potentiellen Umwelteinflüsse und -wirkungen erfasst, die mit dem untersuchten System des Gebäudes zusammenhängen. Die Sachbilanz liefert vorläufig nur Umwelteinflüsse, die mit den erfassten In- und Outputs des Gebäudes im Zusammenhang stehen. Aus diesen Analysen müssen im nächsten Schritt nun die potentiellen Umweltwirkungen in der Wirkungsabschätzung zusammen getragen werden.²

In LEGEP kann die sogenannte Wirkungsbilanz ermittelt werden, die das Treibhaus- und Versauerungspotential der zur Auswahl stehenden Bauweisen betrachtet, die im Laufe der verschiedenen Lebenszyklusphasen unterschiedlich stark ausgeprägt sind. Die Verwendung des Treibhauseffektes als wichtige Wirkungskategorie des Life Cycle Impact Assessments (LCIA, Wirkungsabschätzung) ergibt sich aus der anthropogen bedingte Erderwärmung und die daraus folgenden negativen Umweltwirkungen. Das Säurebildungspotential beschreibt dagegen als Wirkungsindikator die Emissionen von säurebildenden Substanzen in den einzelnen Lebenszyklusphasen. Neben den beiden genannten Kategorien können je nach Bauprojekt

² Klöpffer/Grahl (2009), S. 63 und 195 f.

noch weitere human- und ökotoxische Wirkungskategorien untersucht werden, wie zum Beispiel der Sommersmog oder die Eutrophierung, ressourcenbezogen lässt sich außerdem die Verwendung fossiler Ressourcen oder das Beanspruchen von Naturräumen auswerten.³

Die beiden folgenden Diagramme (Abb. 51 und 52) zeigen die umweltschädigenden Treibhaus- und Versauerungspotentiale der verschiedenen Varianten in direkter Gegenüberstellung. Dabei werden die Umweltwirkungen in allen Lebenszyklusphasen verdeutlicht und so einen Vergleich ermöglicht.

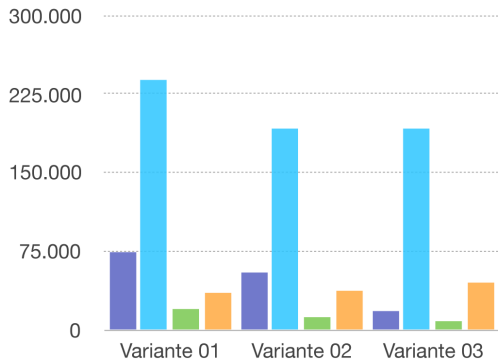
Treibhauspotential | Variante 01-03

Treibhauspotential [kg CO ₂ -Äq.]	Variante 01	Variante 02	Variante 03
Neubau	74.063	53.731	16.733
Betrieb	238.889	191.575	191.575
Instandsetzung	18.644	12.125	8.798
Entsorgung	34.363	36.414	44.409

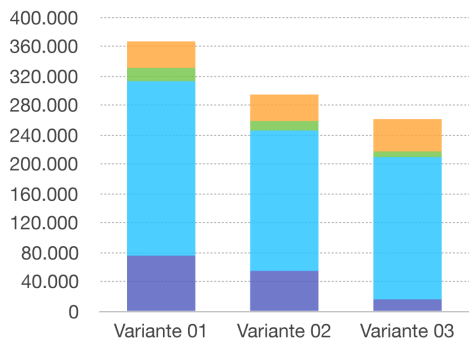
Tabelle 26

Treibhauspotential in [kg CO₂-Äq]
Variante 01-03

³ Klöpffer/Grahl (2009), S. 317 f. und 321.



■ Neubau ■ Betrieb ■ Instandsetzung ■ Entsorgung



■ Neubau ■ Betrieb ■ Instandsetzung ■ Entsorgung

Abbildung 51

Treibhauspotential in [kg CO₂-Äq]
Variante 01-03

Das Treibhauspotential der ökologischen Bauweise ist demnach eindeutig am geringsten, was sich auf die einzelnen Lebenszyklusphasen insbesondere in der Phase des Neubaus bemerkbar macht. (Abb. 51). Das Treibhauspotential der Variante 1, der konventionellen Bauweise, fällt hingegen insgesamt am größten aus und macht diese Bauweise, gemessen am CO₂-Ausstoß, zur umweltschädlichsten Alternative.

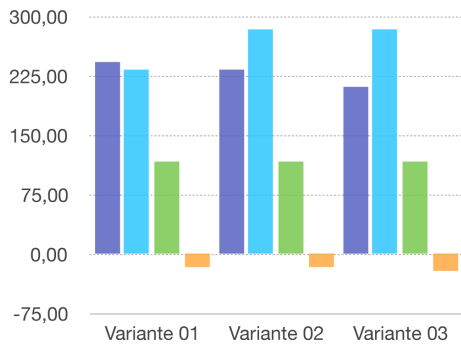
Das folgende Säulendiagramm (Abb. 52) stellt das Ausmaß der schädlichen Umweltwirkung im Bereich der Versauerung dar, das von den drei Varianten gemessen an den SO₂-Emissionen ausgeht:

Versauerungspotential | Variante 01-03

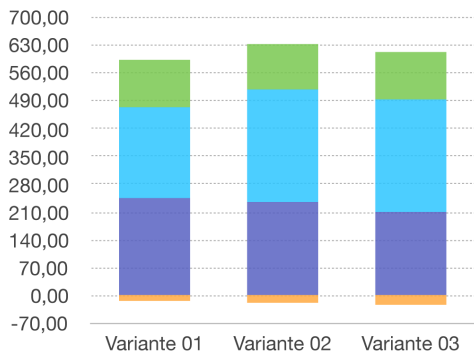
Versauerungspotential [kg SO ₂ -Äq.]	Variante 01	Variante 02	Variante 03
Neubau	242,95	234,10	210,76
Betrieb	232,39	284,28	284,28
Instandsetzung	116,15	116,15	116,15
Entsorgung	-15,23	-17,09	-21,57

Tabelle 27

Versauerungspotential in [kg SO₂-Äq]
Variante 01-03



■ Neubau ■ Betrieb ■ Instandsetzung ■ Entsorgung



■ Neubau ■ Betrieb ■ Instandsetzung ■ Entsorgung

Abbildung 52 Versauerungspotential in [kg SO₂-Äq]
Variante 01-03

Während die ökologische Bauweise in Bezug auf die CO₂-Emissionen die geringste Umweltbeeinflussung vorweist, so ist sie hinsichtlich auf die Versauerung vergleichsweise nicht die nachhaltigste Variante. Während die Variante 2 in diesem Vergleich noch schlechter abschneidet, so scheint die Variante 1 bzw. die konventionelle Bauweise die geringste Versauerung zu verursachen.

Auf Grundlage der beiden Diagramme, die sowohl das umweltschädliche Treibhaus- als auch das Versauerungspotential darstellen, lässt sich nicht eindeutig für eine der drei Varianten als die objektiv nachhaltigste argumentieren. Im Anschluss an diese objektive Aufstellung der Wirkungsmodelle ist es im nächsten Schritt unerlässlich, dass die analysierten Wirkungsindikatoren subjektiv priorisiert werden, um vor dem Hintergrund der konkreten Fragestellung und der spezifischen Anforderungen, eine angemessene Entscheidung für eine Bauweise treffen zu können.⁴

Lebenszykluskosten | LCC

Im Rahmen der Ökobilanz dient die Lebenszykluskostenrechnung dazu, alle Kosten aufzuzeigen, die in den gesamten Phasen des Gebäudelebenszyklus auftreten und von den AuftraggeberInnen oder anderen Baubeteiligten (z.B. Zulieferer, Entsorger,...) zu tragen sind. Damit die beiden Bereiche LCC und LCA deutlich voneinander abgegrenzt werden können, ist es wichtig, dass die Kosten reale, tatsächlich stattfindende Geldflüsse darstellen. Eine eigene

4 Eyerer/Reinhardt (2000), S. 26.

Wirkungsabschätzung und damit eine „Monetarisierung möglicher externer Kosten durch Umweltschäden, die in der Zukunft entstehen könnten“⁵, ist kein Bestandteil der Lebenszykluskostenrechnung, da sämtliche Umweltschäden bereits in der LCA-Wirkungsabschätzung untersucht wurden und Doppelzählungen nicht zulässig sind. Das Ziel der Lebenszykluskostenrechnung ist es, „die berechneten realen Kosten bezogen auf die gewählte funktionelle Einheit in einer bestimmten geläufigen Währung“⁶ durch eine detaillierte Untersuchung der einzelnen Lebenszyklusphasen aufzuführen.⁷

In diesem Zusammenhang verdeutlicht das folgende Diagramm (Abb. 53), wie sich die gesamten Netto-Lebenszykluskosten, die im Falle des Neubaus in Heilbronn im Laufe des gesamten Gebäudelebenszyklus auftreten. Als Betrachtungszeitraum wurden 50 Jahre gewählt.

5 Klöpffer/Grahl (2009), S. 391.

6 Klöpffer/Grahl (2009), S. 391.

7 Klöpffer/Grahl (2009), S. 390 f.

Lebenszykluskosten | Variante 01-03 (Zeitraum: 50 Jahre)

Lebenszykluskosten netto [in %]	Variante 01	Variante 02	Variante 03
Neubau	39,1	43,3	44,9
Betrieb	10,5	9,4	9,8
Instandsetzung	33,8	32,0	29,9
Rückbau	4,1	3,2	3,8
Reinigung	8,2	8,4	8,8
Wartung	4,3	3,7	2,8

Tabelle 28

Lebenszykluskosten netto in [%]
Variante 01-03

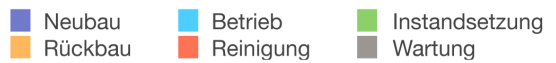
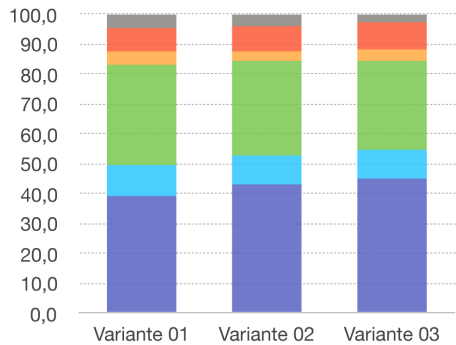
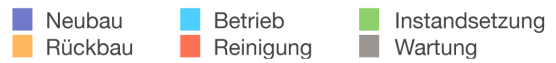
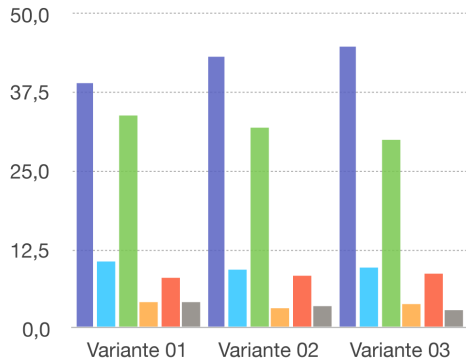


Abbildung 53

Lebenszykluskosten netto in [%]
Variante 01-03

Anhand dieses Diagramms scheint die ökologische Bauweise der Variante 3 auf den ersten Blick am unwirtschaftlichsten zu sein, da der Neubau doch größere Kosten verursacht als bei der konventionellen Bauweise in Variante 1. Es ist genau diese Sichtweise, die Bauherren eventuell davon abhält, ökologisch zu bauen und anscheinend mehr Geld in einen ökologischen Neubau zu investieren, auch wenn sich die Kosten in späteren Phasen (z.B. in der Instandsetzung oder bei der Wartung) vergleichsweise wieder verringern. Die Frage bleibt dennoch: Ist ökologisches Bauen tatsächlich teurer als konventionelles Bauen, wenn die Kosten über den gesamten Gebäudelebenszyklus betrachtet werden?

Das folgende Diagramm zeigt die Netto-Lebenszykluskosten auf, die je nach gewählter Bauweise über einen Betrachtungszeitraum von 50 Jahre zu erwarten sind.

Lebenszykluskosten | Variante 01-03 (Zeitraum: 50 Jahre)

Lebenszykluskosten netto [in €]	Variante 01	Variante 02	Variante 03
Neubau	313.224,30	339.639,52	334.617,57
Betrieb	84.326,00	73.405,00	73.405,00
Instandsetzung	266.363,50	246.674,50	218.789,00
Rückbau	32.630,50	25.065,00	28.311,50
Reinigung	65.482,50	65.482,50	65.482,50
Wartung	34.252,00	28.854,5	20.574,50

Tabelle 29

Lebenszykluskosten netto in [€]
Variante 01-03

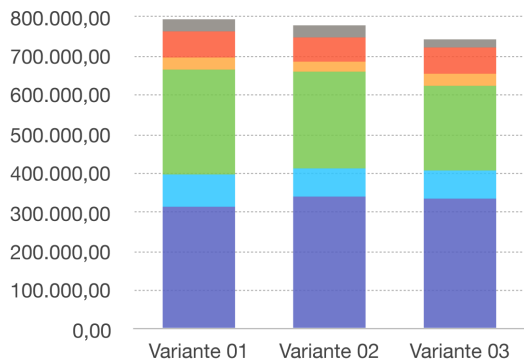
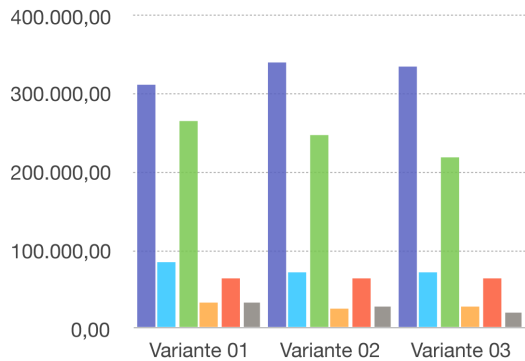


Abbildung 54

Lebenszykluskosten netto in [€]
Variante 01-03

Die ökologische Bauweise (Variante 3) weist (trotz der vergleichsweise zur ersten Variante erhöhten Kosten in der Neubauphase) insgesamt deutlich niedrige Lebenszykluskosten auf. Grund hierfür sind nicht zuletzt die geringen Kosten in den Phasen der Instandsetzung und Wartung.

An dieser Stelle wird deutlich, dass es schlicht falsch ist, wenn AuftraggeberInnen ihre Entscheidung für eine bestimmte Bauweise nur auf Grundlage des Herstellungspreises treffen. Tatsächlich ist eine ökologische Bauweise langfristig gesehen keineswegs teurer als eine konventionelle Bauweise. Die Lebenszykluskostenrechnung bilden eine sinnvolle, womöglich notwendige Ergänzung zur Lebenszyklusanalyse, um einen nachhaltigen und gleichzeitig bezahlbaren Lösungsvorschlag ermitteln zu können, der Akzeptanz beim Bauherren findet und auch zu einer fundierten Entscheidung führen kann. Ähnlich wie beim Neubau des Einfamilienhaus in Heilbronn stellt sich generell heraus, dass die kostengünstigste Alternative gleichzeitig die umweltverträglichste ist, beispielsweise bei energieintensiven Geräten und Produkten.⁸

8 Klöpffer/Grahl (2009), S. 392.

Zwischenfazit | Ökobilanzierung als iterativer Prozess

Die hier am Beispiel des Einfamilienhauses in Heilbronn vorgestellte Ökobilanz zeigt an einigen Stellen eindrücklich, dass es nicht genügt, Umweltwirkungen nur objektiv zu erfassen, um eine objektiv nachhaltige Bauweise zu ermitteln. Denn obwohl die ökologische Variante 3 an vielen Stellen tatsächlich die objektiv umweltfreundlichste ist, so ist sie dennoch beispielsweise beim Gesamt-Primärenergiebedarf oder Versauerungspotential nicht in der erwarteten Vorreiterrolle. Trotzdem sollten die Ergebnisse der Ökobilanzierung nicht als uneindeutig und dadurch als wenig hilfreich interpretiert werden. Ihren Nutzen zeigen sie, sobald neben der objektiven Analysen die dringend notwendige subjektive Priorisierung der Faktoren hinzu kommt. Als weiterer Schritt der Ökobilanzierung ist diese subjektive Priorisierung in jedem Fall vorzunehmen, um den äußeren Nachhaltigkeitsanforderungen und den Wünschen des Bauherrn gerecht zu werden und um Prioritäten wie auch spezifische Ziele in den Entscheidungsprozess für und gegen die alternativen Bauweisen miteinfließen zu lassen. Im Gespräch mit den AuftraggeberInnen, in denen der Architekt die einzelnen Umweltkategorien und Auswirkungen erklärt, können die Ergebnisse der Ökobilanzierung dann, im Anschluss an die subjektive Gewichtung der ermittelten Wirkungen, durchaus von großem Nutzen für den Architekten sein, um für eine ökologische Bauweise argumentieren zu können. Aber auch für den Bauherrn ist eine objektive und zugleich subjektiv bewertete Ökobilanzierung nützlich, um entsprechend abwägen zu können und die Vor- und Nachteile der einzelnen, alternativen Bauweisen zu erkennen.⁹

9 Eyerer/Reinhardt (2000), S. 26.

Falls die Ergebnisse der Ökobilanzierung für eine bestimmte Bauweise nicht wunschgemäß ausfallen und die gewählte, untersuchte Bauweise in ihrer Nachhaltigkeit und Wirtschaftlichkeit nur wenig überzeugt, sollte die Bauweise im Ganzen noch einmal überarbeitet und abgeändert werden. Die zuvor vorgestellten verschiedenen Phasen der Ökobilanzierung sind Bestandteil eines Iterationsprozesses, das heißt, um eine geeignete Antwort auf die Frage nach der ökologischsten, wirtschaftlichsten Bauweise zu bekommen, ist es notwendig, dass ununterbrochen Anpassungen und Modellierungen im Bauteilaufbau vorgenommen werden. Ebenfalls ratsam ist es, Wirkungsindikatoren auszutauschen und verschiedene Kategorien zu betrachten, um unterschiedliche Folgen abschätzen zu können.¹⁰

Da es in der Realität keine ultimative Richtigkeit aller Annahmen gibt, spielt eine detaillierte Dokumentation der Ökobilanz sowie ihrer Ergebnisse eine zentrale Rolle. Um die Ergebnisse in ihrer Abhängigkeit von anderen Faktoren besser zu verstehen, kann bei der Auswertung der Ökobilanz auf eine sogenannte Sensitivitätsanalyse zurückgegriffen werden.¹¹ Durch eine kritische Auseinandersetzung mit den beeinflussenden Faktoren wird deutlich, dass „eine Ökobilanz immer zur Beantwortung einer sehr spezifischen Fragestellung dient und daher das Ergebnis auch nur für die speziell auf diese Fragestellung ausgelegten Systemgrenzen sowie für die getroffenen Annahmen und gewählten Rahmenbedingungen gültig ist“.¹²

10 El khouli/John/Zeumer (2014), S. 35 f.

11 El khouli/John/Zeumer (2014), S. 35 f.

12 El khouli/John/Zeumer (2014), S. 36.

Überzeugungsarbeit

| 09

Energieausweis und Immobilienwert	169
Wirtschaftlichkeitsberechnungen	171
Sommertauglichkeit und Wärmeschutz	173
Ökologische Gebäudeplanung	175
Kommunikationsaufgabe des Architekten	177

09 | Überzeugungsarbeit

Ein grundlegendes Ziel ist es das Existenzbedürfnis nach Wohnen zufriedenzustellen, dennoch stellt das Wohnen mit seinem großen Verbrauch von natürlichen Ressourcen auch ein ökologisches Problem dar „gesellschaftlich erzeugte Ansprüche und gesetzliche Vorgaben und Normen haben diesen Prozeß über die vergangene Jahrzehnte noch verstärkt.“¹ Die ökologische Bauweise bietet einen möglichen Lösungsansatz, auch wenn das Schaffen von neuem und bezahlbarem Wohnraum und das umweltschonende Wohnen und Bauen, die sogenannte Ökonomie und die Ökologie, in einem Spannungsverhältnis zueinander stehen.² Wie Architekten die Vorteile des ökologischen Bauens dem Bauherrn (auch auf die bereits vorgestellten Kriterien der LCA und LCC) kommunizieren können, um den Auftraggeber von der ökologischen Bauweise zu überzeugen, soll anhand einiger ausgewählten Aspekte näher beleuchtet werden.

Energieausweis und Immobilienwert

Gesetzliche Vorgaben wie die Energieeinsparverordnung (EnEV) haben eine wesentliche Einflussnahme, auf das umweltbewusste, nachhaltige und energieeffiziente Bauen. Hinsichtlich der zukünftig strengeren gesetzlichen Anforderungen treiben Energieeffizienzgesetze das zukunftsorientierte, ökologische Bauen voran und kommen gewissen Nachrüstpflichten zuvor, um hohe Kosten für derartige Aufwendungen zu vermeiden.³ Darüber hinaus sollte bei der Argumentation für das

1 Hiesgen (1999), S. 5.

2 Hiesgen (1999), S. 5.

3 Naumer (2008), S. 8.

ökologische Bauen nicht übersehen werden, dass nach Prognosen der EurEnDel-Delphistudie solche energetischen Gebäudestandards wie die der Niedrigenergiehäuser ab dem Jahr 2025 ohnehin als normaler Standard angesehen werden.⁴

Gemäß der EnEV ist bei Neubauten ein sogenannter Energiebedarfsausweis verpflichtend, wobei bestimmte EnEV-Mindestanforderungen zu erfüllen sind. Für Bestandsbauten ist der Energieausweis dann erforderlich, wenn die Immobilie verkauft oder vermietet werden soll.⁵ Voraussichtliche Energiekosten sollen so transparenter werden und Immobilien hinsichtlich ihrem Energieverbrauch sich besser vergleichen lassen.⁶

Da bei repräsentativen Umfragen der Werterhalt bei Immobilien und ein hoher Wiederverkaufswert für AuftraggeberInnen sehr wichtig sind, sollte aufgrund dessen die Bedeutung einer zukunftsorientierten, ökologischen Bauweise besprochen werden.⁷ Denn den „Vorreitern im Bausektor, die sich eine höhere Energieeffizienz von Gewerbe- und Wohngebäuden auf die Fahnen schreiben, winken viele Vorteile: Ihre Immobilien haben einen höheren Wert, sie sind weniger anfällig für Beschädigungen, bieten bessere Lebens- und Arbeitsbedingungen für die Eigentümer und Nutzer (und dadurch bedingte Gesundheits- und Produktivitätsvorteile) und verzeichnen weniger Leerstand.“⁸

4 Naumer (2008), S. 10.

5 Neimke/Erlenbeck (2008), S. 30 ff.

6 Naumer (2008), S. 20 ff.

7 DFH (2018), S. 1.

8 Chalmers (2014), S. 5.

Des Weiteren können Architekten ihre AuftraggeberInnen durch die Wahl der „richtigen“ Gebäudestandards von einer energieeffizienten Bauweise überzeugen. Viele Bauherren tendieren dazu, bezüglich den zunehmenden Anstieg der Energiekosten mehr als nur die gesetzlichen Mindestanforderungen der EnEV umzusetzen, was wirtschaftlich überaus sinnvoll sein kann. Hierfür sind beispielsweise die KfW-Standards zu Rate zu ziehen und dem Bauherren nahe zu legen.⁹ Wie die Übersicht über die Fördermittel für energieeffizientes Bauen im vorangegangenen Kapitel bereits zeigte, wird umweltschonendes Bauen in Deutschland schon seit vielen Jahren auch finanziell gefördert.¹⁰ Auf den ersten Blick sind viele Bauherren über die scheinbar kostenintensiven Maßnahmen der ökologischen Bauweisen zunächst abgeschreckt, hier sollten Architekten auf die Beantragung von Fördermitteln hinweisen, Beratungsstellen nennen und die langfristigen Einsparmöglichkeiten bei den Betriebskosten aufzeigen.¹¹

Wirtschaftlichkeitsrechnungen

Überzeugungsarbeit für eine ökologische Bauweise leisten auch sogenannte Wirtschaftlichkeitsrechnungen, wo sich die Vorteile von baulichen Maßnahmen und Investitionen für die Nachhaltigkeit und Energieeffizienz sehr gut beurteilen lassen. In der Praxis werden generell statische Investitionsrechnungen, bei denen der Kosten- und Ertragsvergleich (unabhängig vom jeweiligen Entstehungszeitpunkt)

9 Naumer (2008), S. 17.

10 Naumer (2008), S. 14.

11 Naumer (2008), S. 28 ff.

sehr schlicht und eindrücklich vorgenommen werden. Typische Verfahren sind je nach Anwendung die Kosten- oder Gewinnvergleichsrechnung, die Rentabilitäts- oder auch die Amortisationsrechnung. Letzteres bestimmt den Zeitraum bis die Investitionskosten durch die späteren Einsparungen wieder ausgeglichen werden. Werden aber lediglich statische Verfahren zur Berechnung und Beurteilung verwendet, kann das auch zu Fehlbewertungen führen.¹² So entsteht bei statischen Amortisationsrechnungen beim Bauherr unter Umständen den Eindruck, „dass man eine gewisse Zeit warten müsse, bevor sich eine Investition rechnet, [obwohl man] (...) z.B. bei Investitionen in Energiesparmaßnahmen [durchaus] (...) sofort nach der Investition davon durch geringere Energiekosten und damit auch einen geringeren Energiepreiserisiko oder einem höheren Wohnkomfort profitieren kann.“¹³

Um bei der Überzeugungsarbeit nicht versehentlich das Gegenteil zu erreichen, kann der Architekt mit dem Wissen mögliche Missverständnisse bei privaten AuftraggeberInnen auf sogenannte dynamische Investitionsrechnungen setzen. Trotz dem höheren Aufwand, sind sie dem statischen Berechnungssystem vorzuziehen, um dem Bauherrn den großen Nutzen einer ökologischen Bauweise zu vermitteln. In der dynamischen Rechenmethode wird der Zeitpunkt der Ein- und Auszahlungen berücksichtigt und die echten Zahlungsflüsse auf Grundlage der Zins- und Zinseszinsrechnung dargestellt. Daraus lässt sich eine absolute und eine relative Bewertung ableiten, wonach beurteilt werden kann, ob sich eine Maßnahme absolut gesehen lohnt

12 König et al. (2009), S. 71.

13 König et al. (2009), S. 72.

bzw. welche Maßnahme aller möglichen Alternativen relativ gesehen die beste Wahl ist. Um die Vorteile einer bestimmten ökologischen Maßnahme gegenüber dem Bauherrn anschaulich und überzeugend kommunizieren zu können, müssen im dynamischen Verfahren alle anfallenden Investitionskosten und die Erträge zu den jeweiligen Zeitpunkten und für alle Alternativen übersichtlich in Tabellen veranschaulicht werden.¹⁴

Sommertauglichkeit und Wärmeschutz

Aufgrund des anstehenden weltweiten Temperaturanstiegs in den nächsten Jahrzehnten, bieten sich in der baulichen Anpassung an den Klimawandel weitere Ansätze für die Überzeugungsarbeit. Bereits 2008 klärte eine Studie die zahlreichen, einschneidenden Folgen des Klimawandels auf,¹⁵ mittlerweile wurde die Erkenntnis, um die Dringlichkeit von Klimaschutz und Energiesparen zum Allgemeingut.¹⁶ Vom bisherigen Aspekt des Heizens eines Gebäudes muss der Schwerpunkt zukünftig auch auf das Thema der Sommertauglichkeit gerichtet werden. Das Ziel ist es einen Überhitzungsschutz von Gebäuden, ein möglichst geringer Stromverbrauch im Hochsommer, eine Anpassung an eine „unsicherer werdenden Energieproduktion“¹⁷ und der weitestgehende Verzicht auf eine technische, strombetriebene

*Der zukünftige Temperaturanstieg und die zunehmenden Dürreperioden reduzieren die Wasserverfügbarkeit und so die Möglichkeiten der Energieerzeugung durch Wasserkraft. Während der Heizwärmebedarf sinken wird, wird die Sommerzeit durch den sich steigenden Kühlenergiebedarf zur energieintensivsten Zeit des Jahres, wobei vermehrte Kühlung auch ein vermehrtes Stromausfallrisiko provoziert.

14 König et al. (2009), S. 72 f.

15 Kleemaier-Wetli (2015), S. 165*.

16 Hiesgen (1999), S. 5.

17 Kleemaier-Wetli (2015), S. 165.

Kühlung bei dennoch thermischen Komfort im Gebäudeinneren.¹⁸

Zur einer verbesserten Sommertauglichkeit tragen baulich folgende nachhaltige Maßnahmen bei: eine ausreichende Wärmedämmung, ein reduzierter Glasanteil an der Fassadenfläche und eine vorteilhafte Fensterorientierung und -größe, eine Senkung der inneren Wärmelasten durch Verwendung effizienter Geräte sowie Beschattung oder Nachtlüftung. Ausreichend große Speichermassen, wie sie bei Massivbauten vorzufinden sind oder der Rückgriff auf Verdunstungskühlung wie beispielsweise bei der Holz- oder Lehmbauweise sollten ebenfalls vor jeder technischen Gebäudeausrüstung berücksichtigt werden. Sollten allerdings die baulichen Maßnahmen nicht ausreichen, müssen alternative Kühltechnologien ökologisch gedacht und auf solare Kühlung oder Kühlung durch thermoaktive Massen ausgewichen werden.¹⁹ Voraussetzung für die Auswahl geeigneter ökologischer Maßnahmen zum ausreichenden Schutz vor sommerlichen Überwärmung ist die Berechnung der operativen Temperatur über den Tagesverlauf sowie der speicherwirksamen Masse der Immissionsfläche.²⁰

Argumente für eine energieeffiziente Bauweise bzw. eine Modernisierung liefert der sogenannte Blower-Door-Test. Diese Untersuchung liefert Rückschlüsse über die thermische Schwachstellen der Gebäudehülle. Um eine möglichst effiziente und kostengünstige Heizungsanlage zu erreichen, bei der keine Teilwärme nach außen verloren geht, kann auf eine solche Luftdichtkeitsmessung des Ist-Zustandes zurückgegriffen

18 Kleemaier-Wetl (2015), S. 164 ff.

19 Kleemaier-Wetl (2015), S. 166 und 199.

20 Pech et al. (2018), S. 101 und 116 ff.*

*Hier sind außerdem nähere normgerechte Angaben zum Vorgehen bei der Berechnung zu finden.

werden.²¹ Ebenso können außerdem Energieberatungsgutachten durchgeführt werden, die auf der Grundlage von Thermografieaufnahmen Undichtigkeiten bei Wasserleitungen, Wand- bzw. Fußbodenheizungen oder der angebrachten Wärmedämmung aufzeigen. Im Gespräch mit den AuftraggeberInnen kann der Architekt anschliessend zukunftsorientierte, effiziente Wärmeschutzmaßnahmen empfehlen.²²

Ökologische Gebäudeplanung

Aufgrund reichlicher technischer Möglichkeiten aber abnehmender natürlicher Ressourcen, darf die Argumentation für eine ökologische Bauweise dennoch nicht Halt machen bei der Frage nach den zu verwendeten Baustoffen oder der zu verwendeten Energiequelle. Zwar hat jede einzelne Maßnahme große Auswirkungen auf das Ökosystem, doch „müssen Begriffe wie Ökologisch Bauen (...) mehr beinhalten als die Summe der am Haus verbauten Materialien und ihr Verhalten in der Umwelt.“²³ Umweltverträgliches Bauen umfasst neben den Aspekten der Materialien und technischen Installationen auch gewisse Kriterien an die Gebäudegestaltung und die Organisation der Nutzungsabläufe, was im Rahmen der Projektentwicklung mit dem Bauherrn besprochen werden muss.²⁴

21 Neimke/Erlenbeck (2008), S. 20 und 27 ff.

22 Neimke/Erlenbeck (2008), S. 26.

23 Schwarz (1993), S. 168.

24 Schwarz (1993), S. 168; Furrer (1993), S. 79; Zibell (1993), S. 103.

Ökologisches Bauen ist flächensparendes Bauen,²⁵ das in der Planung auch die Gestaltung und Funktionalität in ein ausgewogenes Verhältnis setzt. Hierbei sind einige Kompromisse erforderlich, was die Planung und die Kommunikation mit dem Bauherren erschweren kann.²⁶ Obwohl die Leistungspositionen für die Umsetzung von ökologischen Planungsvorstellungen mehrfach zu erweitern sind, muss ökologisches Bauen nicht teurer sein als eine konventionelle Bauweise. Um Bauherren jedoch vor vermeintlichen Mehrkosten von der ökologischen Bauweise zu überzeugen, ist in der Kommunikation unbedingt zu verdeutlichen, dass beim ökologischen Bauen andere Qualitätsschwerpunkte verfolgt werden und Kosten von anderen Gewerken vermindert werden können, auch wenn sich zugunsten der ökologischen Bauweise die Investitionen an anderen Positionen erhöhen.²⁷ „Die Planer müssen die Auftraggeber über Planungs-, Kosten-, und Terminfolgen aufklären. Sie müssen Phantasie entwickeln, um Mehrkosten an der einen durch Einsparungen an anderer Stelle auszugleichen.“²⁸

Bei einer nachhaltigen Gestaltung ist darauf zu achten, dass die Raum- und Funktionsansprüche kritisch überprüft werden, um weniger energieaufwendig und raumverbrauchend zu planen. Hierbei müssen Bauherren oftmals überzeugt werden, dass die ökologische Bauweise keineswegs auf Kosten der Lebensqualität geht, sondern bewussteren Konsum ermöglichen kann.²⁹ „Den heimischen Cocoon

25 Hiesgen (1999), S. 5.

26 Tomm (2000), S. 2 und 33.

27 Tomm (2000), S. 256 und 113.

28 Tomm (2000), S. 113.

29 Tomm (2000), S. 33-39 und 73.*

*Daneben ist bei der ökologischen Bauweise viel zu berücksichtigen wie der Erhalt bzw. das Wiederherstellen ökologischer Nischen (beispielsweise Altpflanzungen oder Nistplätze), das Begrünen von Wänden oder Dächern oder allem voran eine naturnahe Außenraumgestaltung, welcher eine wichtige Stellung zukommt.

mit (...) ökologisch korrekten Produkten auszustatten, wird die Märkte rund ums Bauen in der nächsten Zeit gewaltig beflügeln“,³⁰ denn die ökologische Bauweise bildet hinsichtlich des zunehmend gesundheits- und umweltbewussteren Lebens und Wohnens einen großen Trend.³¹ Einfache Bauweisen und Mikroapartments sind nicht zu verstehen als Lösungen für „Leute (...), die sich nichts anderes leisten können, sondern (...) für jene, die sich nichts anderes leisten wollen.“³² Dem Auftraggeber muss klar gemacht werden, dass eine nachhaltige, energieeffiziente, ökologische Bauweise neben ökonomischen und umweltbezogenen Vorteilen vor allem auch soziale Vorteile hat und die Behaglichkeit und Gesundheit der Gebäudenutzer fördert.³³

Kommunikationsaufgabe des Architekten

Auch wenn das ökologische Planen und Bauen dem Architekten einiges abfordert,³⁴ so ist hinsichtlich der Kommunikation zwischen Architekt und Bauherr und deren Überzeugung der ökologischen Bauweise zu sagen, dass der Architekt der Kommunikationsaufgabe nicht genügend Beachtung schenkt und sich den drohenden Kommunikationsdifferenzen bewusst sein sollte.³⁵

30 Wenzel/Kirig/Rauch (2009), S. 222.

31 Wenzel/Kirig/Rauch (2009), S. 37; Ponnewitz/Kienzler (2016), S. 41.

32 Ponnewitz/Kienzler (2016), S. 10.

33 Sobek (2011), S. 1.

34 Reinprecht (2014), S. 57.

35 Schulz-Eickhorst (2002), S. 97.

Da es sich beim privaten Bauherr meistens um Laien handelt, entstehen beim gegenseitigen Austausch von Vorstellungen und Konzepten häufig Missverständnisse, die auf einem unterschiedlichen Sprachgebrauch beruhen. Der Architekt wird seine erlernte, abstrakte Fachsprache anwenden, die dem Bauherrn unter Umständen zu abgehoben und wenig nachvollziehbar sein könnte. Auch Modelle und Zeichnungen die den Planungsprozess unterstützen, können hier nicht helfen, da sie vom Laien nicht gelesen werden können und einer Erklärung benötigen.³⁶ Schenkt der Architekt neben seinen Planungsaufgaben, der Kommunikationsaufgabe nicht genug Aufmerksamkeit, so bleibt dem Bauherrn das „Entwurfskonzept (...) unverständlich und weckt lediglich die Erwartungen von höheren und/oder unnötigen Kosten.“³⁷ Die Überzeugungsarbeit für das ökologische Bauen scheitert dann mit großer Wahrscheinlichkeit an den Verständnisschwierigkeiten.³⁸

Der Bauherr definiert auch den Qualitätsbegriff anders als der Architekt, was ebenfalls zu Differenzen führen kann. Gemäß DIN 55350 - Teil 11 bezieht sich der Begriff der „Qualität“ auf die Gesamtheit aller charakteristischen Eigenschaften und ihrer Eignung zur Angebotserfüllung. Die Dienstleistung, die der Architekt erbringt, hat produkt- und kundenbezogenen Anforderungen zu erfüllen, also Anforderungen im Rahmen des Planungs- und des Bauprozesses als auch an den Entwurf und das fertige Gebäude. Der Architekt sieht seine Leistung selbst im Liefern der subjektiven Ergebnisqualität, Bauherren dagegen haben ein Verständnis von Qualität, das sich einerseits

³⁶ Schulz-Eickhorst (2002), S. 97 ff.

³⁷ Schulz-Eickhorst (2002), S. 99.

³⁸ Schulz-Eickhorst (2002), S. 98.

am Prozess orientiert und andererseits das Ergebnis hinterher nach messbaren Merkmalen beurteilt. Die Absicht der AuftraggeberInnen ist ein transparenter Vergleich seiner Immobilie mit anderen, während für ihn, ganz im Gegensatz zum Architekten, die Ästhetik nur gering als Qualität zählt.³⁹ Bezüglich der Qualitätsdefinition, sollten Architekten zugunsten einer gelingenden kommunikativen Überzeugungsarbeit im Vorfeld alle konkreten Vorstellungen, die der Bauherr hinsichtlich seines Bauvorhabens hat, ermittelt werden. So kann der Architekt gegenüber seinem Auftraggeber überzeugend argumentieren und ökologisch vertretbare Vereinbarungen erreichen.⁴⁰

39 Schulz-Eickhorst (2002), S. 99 ff.

40 Schulz-Eickhorst (2002), S. 102.

Ausblick | 10

10 | Ausblick

Gebäude zeichnen sich durch eine vergleichsweise lange Lebensdauer aus, weshalb der Nutzung als auch der Erhaltung von Bauwerken eine viel größere Bedeutung zukommt als der Herstellung selbst. Aufgrund des großen Stoffflusses bei der Entsorgung kommt dem End-of-Life eines Bauwerks mit den anfallenden Bauabfällen eine wichtige Rolle zu. Neben den zahlreichen verwendeten Materialien, verbrauchten Ressourcen und aufzubringenden Energie für den Betrieb übt der Bausektor auch in anderer Weise Einfluss auf die Umwelt aus. Demnach reicht es nicht, einzelne Parameter wie den CO₂-Ausstoß separat von anderen Faktoren und den Rahmenbedingungen zu ermitteln und zu bewerten. Wichtig ist eine integrale Betrachtung des Gebäudes in seinem gesamten Lebensweg bzw. in seinen unterschiedlichen Lebenszyklusphasen. Die Ökobilanzierung erfüllt diesen Anspruch mit dem Ziel, das Bauwerk ganzheitlich in ökologischer Hinsicht zu optimieren.¹ Ein viel genutztes Instrument, um Produkte wie z. B. Gebäude in ihrer Umweltverträglichkeit zu bewerten. 1996 wurde die Ökobilanzierung durch die DIN EN ISO 14040 international genormt.² Softwareanwendungen wie das in dieser Diplomarbeit verwendete LEGEP können dabei helfen, den großen Aufwand einer ökologischen Bilanzierung, die verschiedene Faktoren berücksichtigt und unterschiedliche Wirkungskategorien analysiert, verringern.³

Die Ökobilanzierung basiert in ihrer Methodik auf der Lebenszyklusanalyse und den Lebenszykluskosten. Die Lebenszyklusanalyse gliedert sich in die Sachbilanzierung und die Wirkungsabschätzung. Die

1 Ekkerlein (2004), S. 1 und 3 f.

2 Dunkelberg (2009), S. 239.

3 Ekkerlein (2004), S. 4.

Sachbilanzierung dient der Abschätzung aller relevanten Input- wie Outputflüsse des Produktsystems „Gebäude“. Im Detail stellen die Ressourcenbeanspruchung oder jegliche Arten von Emissionen diese In- und Outputs dar. Nachdem diese Daten umfassend zusammengetragen wurden, lassen sich Auswertungen ableiten, auf deren Basis anschließend wiederum Wirkungsabschätzungen vorgenommen werden können.⁴ Diese Wirkungsabschätzungen verfolgen das Ziel, mögliche Umweltwirkungen, unter Rückgriff auf die Ergebnisse der Sachbilanz, zu beurteilen. In diesem Schritt werden den Sachbilanzen konkrete Umweltwirkungen zugeordnet, um als Ergebnis die eventuell eintretenden Umweltbeeinflussungen zu erkennen (wie beispielsweise saurer Regen, Ozonabbau oder Klimaerwärmung). Je nach Ausgangsfrage und Umfang der Studie lassen sich unterschiedliche Wirkungskategorien auswählen oder zusätzliche Informationen in die Ergebnisinterpretation einbeziehen. Während die Zuweisung und Modellierung der Sachbilanzdaten ein rein objektiver, naturwissenschaftlich bedingter Prozess ist, stellt die abschliessende Abschätzung und Bewertung der Ergebnisse den subjektiven Teil der Wirkungsabschätzung dar.⁵

Eine weitere Phase der Ökobilanz bildet die Analyse der Lebenszykluskosten. Nachdem die Lebenszyklusanalyse Abschätzungen vornahm, können in diesem Schritt ökonomische Aspekte untersucht werden.⁶ Um langfristig gesehen die nachhaltigste und wirtschaftlichste Entscheidung treffen zu können, erfordert es

4 Eyerer/Reinhardt (2000), S. 17.

5 Eyerer/Reinhardt (2000), S. 26.

6 Klöpffer/Grahl (2009), S. 396.

der iterativen Planungsoptimierung und des Variantenvergleichs, wobei ebenfalls der gesamte Lebenszyklus als Betrachtungszeitraum Beachtung finden sollte. Allerdings stellt sich die Frage, wie für ein Gebäude mit einer Lebensdauer von 100 Jahren eine zuverlässige Prognose erstellt werden soll, da sich Strompreisentwicklungen oder zukünftige technische Anforderungen so weit im Voraus nicht verlässlich abschätzen lassen. Da viele der kostenintensiven Modernisierungen und Sanierungen erfahrungsgemäß erstmals etwa 30 Jahre nach Baufertigstellung anfallen, genügt es den Betrachtungszeitraum auf 30 Jahre zu begrenzen.⁷

Darüber hinaus können im Rahmen einer produktbezogenen Sozialbilanz zusätzlich soziale Aspekte in die Ökobilanz mit eingebunden werden, wenn z. B. zugunsten der Kostenreduktion unmenschliche Arbeitsbedingungen in Kauf genommen werden. Diese Sozialbilanzen werden momentan noch untersucht und stehen erst am Anfang ihrer Verbreitung und Entwicklung.⁸

Auf Grundlage einer umfassenden Ökobilanzierung können vom Architekt nachhaltige Lösungsvorschläge gemacht und vom Bauherrn fundierte Entscheidungen getroffen werden.⁹ Die entscheidende Schnittstelle zwischen ökologischer Planung und ihrer Realisierung ist die Kommunikation zwischen Architekt und Bauherr. Dabei wird der Auftraggeber weniger als Partner und mehr als Gegner verstanden, der nur die Effizienzsteigerung und Kostenoptimierung verfolgt und

7 Pelzeter (2017), S. 60 f.

8 Klöpffer/Grahl (2009), S. 392 f. und 396 f.

9 Klöpffer/Grahl (2009), S. 396.

die entwerferische Arbeit des Architekten ablehnend entgegensteht. Dabei kann die richtige Herangehensweise in der Kommunikation helfen, gegenseitiges Vertrauen aufzubauen.¹⁰

In der Kommunikation zwischen Experte und Laie ist es erforderlich, dass der Architekt seine fachliche Perspektive verlässt und die Entwurfsidee sprachlich so vermittelt, dass der Bauherr diese als Laie versteht, ansonsten sind jegliche Überzeugungsarbeiten von Anfang an aussichtslos. Es ist auch wichtig die AuftraggeberInnen zu Wort kommen zu lassen, ihre Vorstellungen und Wünsche aktiv und nicht wertend zuzuhören und Gesprächsprotokolle zu erstellen, in denen die wesentlichen Informationen festgehalten werden. Eine gute Vorbereitung auf das Gespräch, die Vermittlung von Kompetenz und Souveränität und die Konzentration auf das Wesentliche während der Präsentation der Entwurfsideen sind ebenfalls von großer Bedeutung.¹¹

Es lässt sich abschließend sagen, dass das nachhaltige Bauen die Art zu planen grundlegend verändert, da die zunehmende Berücksichtigung ökologischer Kriterien zu einer erschwerten Architekten-Bauherren Kommunikation und zu einer erhöhten Komplexität des Entwurfes führt. Es scheint, dass die Spezialisierung im Bausektor zukünftig weiter voranschreiten, die Planungsteams dementsprechend noch größer ausfallen und der Mehraufwand für eine ganzheitliche, integrale Planung kaum noch tragbar werden. Durch die Forderung des ökologischen Planens und Bauens werden die Aufgabe des Architekten in Zukunft weitaus detaillierter und anspruchsvoller, da bei

10 Adam/Mayer (2012), S. 4.

11 Rambow (2008), S. 110 ff.

einer Nachhaltigkeitszertifizierung erneut ein Mehraufwand entsteht, um die geforderten Nachweise anzufertigen. Dennoch birgt die veränderte Planung auch etwas Positives, durch die ganzheitlichen Konzepte werden Widersprüche früher als bisher erkannt und Planungsergebnisse werden weitaus stimmiger. Indem sich Architekten zunehmend mit der Ökobilanz und der Betrachtung des gesamten Lebenszyklus beschäftigen, schaffen sie Dauerhaftigkeit, verbesserte Ausführungsstandards und Qualität. Ökologisches Bauen und Planen stellt für den Architekten kein Hindernis dar, sondern fördert Kreativität, Innovation und das Beschreiten neuer Lösungswege.¹²

12 Hegger (2011), S. 213 f.

Anhang

Anhang 01 | wärmeübertragende Umfassungswärme A

	Ausrichtung	Fläche [m ²]
Außenwand A _{AW}	NW	69,25
	NO	63,95
	SO	55,74
	SW	92,81
	∑ A_{AW}	281,75
Fenster A _w	NW	22,03
	NO	27,87
	SO	42,06
	SW	3,31
	∑ A_w	95,27
Außenwand inkl. Fenster und Tür	NW	91,28
	NO	91,82
	SO	97,80
	SW	98,22
	∑ A_{AW} + A_w + A_T	379,12
Haustür A _T	SW	2,10
	∑ A_T	2,10

Dach A_D	NW	148,71
	SO	51,75
	Σ A_D	200,46
Bodenplatte A_G	Erdgeschoss	98,91
	Obergeschoss	114,37
	Σ A_G	213,28
A_{AW} + A_W + A_T + A_D + A_G	Σ A_{gesamt}	792,86

Tabelle 30 Zusammenstellung der Außenwand- und Fensterflächen
(wärmeübertragende Umfassungswärme A)

Anhang 02 | Eingabemasken und Diagramme aus der Software LEGEP

Projekt Neubau Heilbronn_797 [ökologische Bauweise]

Speichern Hinweise zur DIN 277

Allgemein

Grundstücksfläche (GF)	600,00 m ²	Bebaute Fläche (BF)	217,64 m ²	Fläche Tiefgarage ausserhalb des Gebäudes	0,00 m ²
Anzahl Geschosse oberirdisch	2,0	Geschoßhöhe	3,53 m	Außenfläche	382,36 m ²
Anzahl Geschosse unterirdisch	0,0	BRI	1.337,98 m ²		

Angaben zur EnEV

Wärmeübertragende Umfassungsfläche A	0,00 m ²	A/V-Verhältnis	0,000000		
Beheiztes Gebäudevolumen V _e	1.049,78 m ³	Beheizte NRF	241,82 m ²	Gebäudenutzfläche A _N	255,40 m ²
Umfang Grundfläche (Perimeter)	94,06 m			Beheiztes Luftvolumen V	797,83 m ³
Charakteristische Breite B _G	16,75 m	Charakteristische Länge L _G	13,53 m		

Weitere Flächenangaben

BGF a	379,03 m ²	KGF	64,47 m ²	BGF a, b, c	0,00 m ²
NRF a (NGF)	314,56 m ²	VF	41,54 m ²	TF	9,46 m ²
NUF	263,56 m ²			Wohnfläche	236,10 m ²
NUF 1	0,00 m ²	NUF 2	0,00 m ²	NUF 3	0,00 m ²
NUF 4	0,00 m ²	NUF 5	0,00 m ²	NUF 6	0,00 m ²
NUF 7	0,00 m ²			NUF 6	0,00 m ²

BGF ist Summe

Abbildung 55

Eingabemaske LEGEP | Grundflächen und Rauminhalte

Quelle | LEGEP Software

LEGEP

Projekt Neubau Heilbronn_797 [ökologische Bauweise]

Projekt

- Beschreibung
 - Grunddaten
 - Allgemein
 - Bauherr
 - Lage
 - Architekt/Planer
 - Bild
 - Vorbemerkungen
 - Dokumente
 - Projektdaten
 - Projekt und Aufgaben
 - Grundflächen und Raumin...
 - Varianten
 - Projektelemente**
 - Zertifizierung
 - Berechnung
 - Anzahl Elemente
 - Kostengruppen Neubau
 - Übersicht
 - Bewertung
 - Steckbrief Flächeneffizienz
 - Zertifizierung
 - Dokumente Einzelnachweis
 - Kostenplanung
 - Wärme / Energie

Name	Variante	Nr	Menge	Faktor	Einheit	KG
Gebäude						
Baukonstruktion						
Bodenplatte "FERTIG"						
V1						
GR Gründung Bodenplatte Stahlbeton C 20/25, inkl. Sauberkeitsschicht, d=30 cm, Dämmung d=260 mm, Polystyrol, auf Kiesfilter	1	132422215	181,840		m ²	324
Schwimmender Estrich auf Gründung als Zementestrich CT 20-S 50 auf Abdichtung G20054 sowie Trittschalldämmung aus Mineralwolleplatten 30-5 mm, Konstruktionshöhe 80 mm	1	132513164	181,840		m ²	325
Gründung, Estrichversiegelung aus Epoxydharz, Schmutzsockel	1	132562111	181,840		m ²	325
V2						
GR Gründung Bodenplatte Stahlbeton C 20/25, inkl. Sauberkeitsschicht, d=30 cm, Dämmung d=260 mm, Polystyrol, auf Kiesfilter	2	132422215	181,840		m ²	324
Schwimmender Estrich auf Gründung als Zementestrich CT 20-S 50 auf Abdichtung G20054 sowie Trittschalldämmung aus Holzfaserdämmplatten 30-2 mm, Konstruktionshöhe 80 mm	2	132513164	181,840		m ²	325
Gründung, Estrichversiegelung aus Epoxydharz, Schmutzsockel	2	132562111	181,840		m ²	325
V3						
GR Gründung Bodenplatte Stahlbeton C 20/25 (B 25), inkl. Sauberkeitsschicht, d=30 cm, Dämmung d=260 mm, Polystyrol, auf Kiesfilter	3	132422215	181,840		m ²	324
Schwimmender Estrich auf Gründung als Zementestrich CT 20-S 50 auf Abdichtung G20054 sowie Trittschalldämmung aus Holzfaserdämmplatten 30-2 mm, Konstruktionshöhe 80 mm	3	132513164	181,840		m ²	325
Gründung, Estrichversiegelung aus Epoxydharz, Schmutzsockel	3	132562111	181,840		m ²	325
Aussenwand EG "FERTIG"						
Aussenwand OG "FERTIG"						

Abbildung 56

Eingabemaske LEGEP | Projektelemente
Bodenplatte | Variante 01-03

Quelle | LEGEP Software

LEGEP

Projekt Neubau Heilbronn_797 [ökologische Bauweise]

Projekt

- Beschreibung
 - Grunddaten
 - Allgemein
 - Bauherr
 - Lage
 - Architekt/Planer
 - Bild
 - Vorbemerkungen
 - Dokumente
 - Projektdaten
 - Projekt und Aufgaben
 - Grundflächen und Raumin...
 - Varianten
 - Projektelemente**
 - Zertifizierung
- Berechnung
 - Anzahl Elemente
 - Kostengruppen Neubau
 - Übersicht
 - Bewertung
 - Steckbrief Flächeneffizienz
 - Zertifizierung
 - Dokumente Einzelnachweis
- Kostenplanung
- Wärme / Energie

Name	Variante	Nr	Menge	Faktor	Einheit	KG
Gebäude						
Baukonstruktion						
Bodenplatte "FERTIG"						
Außenwand EG "FERTIG"						
V1-EG warmer Bauteil						
Außenwandbeschichtung auf Innenputz, als Silikat-Dispersionsbeschichtung	1	133621511	71,710		m ²	336
Außenwandputz innen aus Kalkzement, einlagig, gerieben	1	133632121	71,710		m ²	336
Außenwand aus Stahlbeton C 20/25 (B 25), mit glatter Schalung, d=25 cm	1	133122213	71,710		m ²	331
Außenwanddämmung als Wärmedämm-Verbundsystem aus Polystyrol 160 mm und mineralischer Oberputz, geschleibt, mit Dispersionsbeschichtung	1	133542336	71,710		m ²	335
V2-EG warmer Bauteil						
Außenwandbeschichtung auf Putz, innen, Kalkfarbe	2	133621412	71,710		m ²	336
Außenwandputz innen, aus Lehmputz, zweilagig	2	133638122	71,710		m ²	336
Außenwand aus Stahlbeton C 20/25 (B 25), mit glatter Schalung, d=25 cm	2	133122213	71,710		m ²	331
Außenwanddämmung als Wärmedämm-Verbundsystem aus Holzfaserplatten, 180 mm und mineralischer Oberputz, gerieben, mit Silikatbeschichtung	2	133542547	71,710		m ²	335
V3-EG warmer Bauteil						
Außenwandbeschichtung auf Putz, innen, Kalkfarbe	3	133621412	71,710		m ²	336
Außenwandputz innen, aus Lehmputz, zweilagig	3	133638122	71,710		m ²	336
Außenwand aus Leichtlehmsteinen, d=24,0 cm	3	133117313	71,710		m ²	331
Außenwanddämmung als Wärmedämm-Verbundsystem aus Holzfaserplatten, 180 mm und mineralischer Oberputz, gerieben, mit Silikatbeschichtung	3	133542547	71,710		m ²	335
V1-EG kalter Bauteil						
V2-EG kalter Bauteil						
V3-EG kalter Bauteil						

Abbildung 57

Eingabemaske LEGEP | Projektelemente
Außenwand EG (warmer Bauteil) | Variante 01-03

Quelle | LEGEP Software

LEGEP

Projekt Neubau Heilbronn_797 [ökologische Bauweise]

Projekt

- Beschreibung
 - Grunddaten
 - Allgemein
 - Bauherr
 - Lage
 - Architekt/Planer
 - Bild
 - Vorbemerkungen
 - Dokumente
 - Projektdaten
 - Projekt und Aufgaben
 - Grundflächen und Raumin...
 - Varianten
 - Projektelemente
 - Zertifizierung
- Berechnung
 - Anzahl Elemente
 - Kostengruppen Neubau
 - Übersicht
 - Bewertung
 - Steckbrief Flächeneffizienz
 - Zertifizierung
 - Dokumente Einzelnachweis
- Kostenplanung
- Wärme / Energie

Name	Variante	Nr	Menge	Faktor	Einheit	KG
Gebäude						
Baukonstruktion						
Bodenplatte "FERTIG"						
Außenwand EG "FERTIG"						
V1-EG warmer Bauteil						
V2-EG warmer Bauteil						
V3-EG warmer Bauteil						
V1-EG kalter Bauteil						
Außenwand aus Stahlbeton C 20/25 (B 25), mit glatter Schalung, d=25 cm	1	133122213	50,190		m ²	331
V2-EG kalter Bauteil						
Außenwand aus Stahlbeton C 20/25 (B 25), mit glatter Schalung, d=25 cm	2	133122213	50,190		m ²	331
V3-EG kalter Bauteil						
Außenwand aus Stahlbeton C 20/25 (B 25), mit glatter Schalung, d=25 cm	3	133122213	50,190		m ²	331
Außenwand OG "FERTIG"						
Dach "FERTIG"						
Geschossdecke pt. 1: ohne Dachterrasse "FERTIG"						
Geschossdecke pt. 2: Dachterrasse						
Fenster- und Türflächen EG						
Fenster- und Türflächen OG						
- (Sonstige Baumassnahmen)						
Technische Ausstattung						
Heizung						
Lüftung						
Elektro						
Förderanlagen						

Abbildung 58

Eingabemaske LEGEP | Projektelemente
Außenwand EG (kalter Bauteil) | Variante 01-03

Quelle | LEGEP Software

LEGEP

Projekt Neubau Heilbronn_797 [ökologische Bauweise]

Projekt

- Beschreibung
 - Grunddaten
 - Allgemein
 - Bauherr
 - Lage
 - Architekt/Planer
 - Bild
 - Vorbemerkungen
 - Dokumente
 - Projektdaten
 - Projekt und Aufgaben
 - Grundflächen und Raumin...
 - Varianten
 - Projektelemente**
 - Zertifizierung
 - Berechnung
 - Anzahl Elemente
 - Kostengruppen Neubau
 - Übersicht
 - Bewertung
 - Steckbrief Flächeneffizienz
 - Zertifizierung
 - Dokumente Einzelnachweis
 - Kostenplanung
 - Wärme / Energie

Name	Variante	Nr	Menge	Faktor	Einheit	KG
Aussenwand OG "FERTIG"						
V1-OG						
Außenwandbeschichtung auf Innenputz, als Silikat-Dispersionsbeschichtung	1	133621511	189,260		m²	336
Außenwandputz innen aus Kalkzement, einlagig, gerieben	1	133632121	189,260		m²	336
Außenwand aus Stahlbeton C 20/25 (B 25), mit glatter Schalung, d=20 cm	1	133122212	189,260		m²	331
Außenwanddämmung als Wärmedämm-Verbundsystem aus Polystyrol 160 mm und mineralischer Oberputz, gescheibt, mit Dispersionsbeschichtung	1	133542336	189,260		m²	335
Außenwandbekleidung Holzschindeln aus Lärche, zweilagig, gesägt, Befestigung Edelstahl	1	133577112	189,260		m²	335
V2-OG						
Außenwandbeschichtung auf Putz, innen, Kalkfarbe	2	133621412	189,260		m²	336
Außenwandputz innen, aus Lehmputz, zweilagig	2	133638122	189,260		m²	336
Außenwand aus Stahlbeton C 20/25 (B 25), mit glatter Schalung, d=20 cm	2	133122212	189,260		m²	331
Außenwanddämmung als Wärmedämm-Verbundsystem aus Holzfaserplatten, 180 mm und mineralischer Oberputz, gerieben, mit Silikatbeschichtung	2	133542547	189,260		m²	335
Außenwandbekleidung Holzschindeln aus Lärche, zweilagig, gesägt, Befestigung Edelstahl	2	133577112	189,260		m²	335
V3-OG						
Außenwandbeschichtung auf Putz, innen, Kalkfarbe	3	133621412	189,260		m²	336
Außenwandputz innen, aus Lehmputz, zweilagig	3	133638122	189,260		m²	336
Außenwand aus Leichtlehmsteinen, d=24,0 cm	3	133117313	189,260		m²	331
Außenwanddämmung als Wärmedämm-Verbundsystem aus Holzfaserplatten, 180 mm und mineralischer Oberputz, gerieben, mit Silikatbeschichtung	3	133542547	189,260		m²	335
Außenwandbekleidung Holzschindeln aus Lärche, zweilagig, gesägt, Befestigung Edelstahl	3	133577112	189,260		m²	335

Abbildung 59

Eingabemaske LEGEP | Projektelemente
Außenwand OG (warmer Bauteil) | Variante 01-03

Quelle | LEGEP Software

LEGEP

Projekt Neubau Heilbronn_797 [ökologische Bauweise]

Projekt

- Beschreibung
 - Grunddaten
 - Allgemein
 - Bauherr
 - Lage
 - Architekt/Planer
 - Bild
 - Vorbemerkungen
 - Dokumente
 - Projektdaten
 - Projekt und Aufgaben
 - Grundflächen und Raumin...
 - Varianten
 - Projektelemente**
 - Zertifizierung
 - Berechnung
 - Anzahl Elemente
 - Kostengruppen Neubau
 - Übersicht
 - Bewertung
 - Steckbrief Flächeneffizienz
 - Zertifizierung
 - Dokumente Einzelnachweis
 - Kostenplanung
 - Wärme / Energie

Name	Variante	Nr	Menge	Faktor	Einheit	KG
Dach "FERTIG"						
V1						
Beschichtung auf Gipskartondecken mit Kunststoff-Dispersion, waschbeständig	1	136423311	200,460		m²	364
Bekleidung von geneigten Decken aus Gipskartonplatten mit Unterkonstruktion, 12,5 mm, einschl. Randanschluss	1	136456112	200,460		m²	364
Bekleidung von geneigten Decken aus Gipskartonplatten mit Unterkonstruktion, 12,5 mm, einschl. Randanschluss	1	136456112	200,460		m²	364
Dach-Tragkonstruktion aus Holz h=400 mm, S 10, als Pfettendach mit Wärmedämmung aus Mineralwolle 400 mm, Unterspannbahn, einschl. Kostenanteilen aus Auflager und Verbindungsmitteln	1	136161223	200,460		m²	361
Dach, Faserzementwellplatten, Dachschalung aus DWD-Platten, PE-Folie, Anschlüsse Titan-Zink	1	136362311	200,460		m²	363
V2						
Beschichtung auf Gipskartondecken mit Kunststoff-Dispersion, waschbeständig	2	136423311	200,460		m²	364
Bekleidung von geneigten Decken aus Gipsfaserplatten mit Unterkonstruktion, 10 mm, einschl. Randanschluss	2	136456211	200,460		m²	364
Bekleidung von geneigten Decken aus Gipsfaserplatten mit Unterkonstruktion, 10 mm, einschl. Randanschluss	2	136456211	200,460		m²	364
Dach-Tragkonstruktion aus Holz h=400 mm, S 10, für Pfettendach mit Wärmedämmung aus Zellulose 400 mm, Luftdichtung, DWD-Schalung, einschl. Kostenanteilen aus Auflager und Verbindungsmitteln	2	136161440	200,460		m²	361
Dach, Faserzementwellplatten, Dachschalung aus DWD-Platten, PE-Folie, Anschlüsse Titan-Zink	2	136362311	200,460		m²	363
V3						
Beschichtung auf Gipskartondecken mit Kunststoff-Dispersion, waschbeständig	3	136423311	200,460		m²	364
Bekleidung von geneigten Decken aus Gipsfaserplatten mit Unterkonstruktion, 10 mm, einschl. Randanschluss	3	136456211	200,460		m²	364

Abbildung 60

Eingabemaske LEGEP | Projektelemente
Dach | Variante 01-03

Quelle | LEGEP Software

LEGE P

Projekt Neubau Heilbronn_797 [ökologische Bauweise]

Projekt

- Beschreibung
 - Grunddaten
 - Allgemein
 - Bauherr
 - Lage
 - Architekt/Planer
 - Bild
 - Vorbemerkungen
 - Dokumente
 - Projektdaten
 - Projekt und Aufgaben
 - Grundflächen und Raumin...
 - Varianten
 - Projektelemente**
 - Zertifizierung
 - Berechnung
 - Anzahl Elemente
 - Kostengruppen Neubau
 - Übersicht
 - Bewertung
 - Steckbrief Flächeneffizienz
 - Zertifizierung
 - Dokumente Einzelnachweis
 - Kostenplanung
 - Wärme / Energie

Name	Variante	Nr	Menge	Faktor	Einheit	KG
fenster- und türf lächen EG						
Außenwand Fenster Aluminium, feststehend, 2,0-3,0 m ² , mit Wärmeschutzverglasung Ug=1,1 W/m ² K	1 2 3	133456485	10,000		m ²	334
Außenwand Fenster Aluminium, feststehend, 4,0-6,0 m ² , mit Wärmeschutzverglasung Ug=1,1 W/m ² K	1 2 3	133456487	5,450		m ²	334
Außenwand Fenster Aluminium, feststehend, 6,0-10,0 m ² , mit Wärmeschutzverglasung Ug=1,1 W/m ² K	1 2 3	133456488	7,240		m ²	334
Außenfenstertür, einflügelig, Aluminium, 2,0-3,0 m ² , ohne Sprossen, mit Wärmeschutzverglasung Ug=1,1 W/m ² K	1 2 3	133426314	7,240		m ²	334
Außenwand, Garagen-Rolltor, Aluminium, doppelwandig, Elektroantrieb, 3000x2800 mm, Schlüsselschalter	1 2 3	133444362	2,000		St	334
Außentür als Alu-Glastür, einflügelig, als einbaufertiges Türelement, kunstharzbeschichtet, 1010x2010 mm	1 2 3	133434134	1,000		St	334
Außenwand, Kelleraußentür, Alu, 1000x2000 mm	1 2 3	133413911	1,000		St	334
fenster- und türf lächen OG						
Außenwand, Fenster aus Fichte, einflügelig, ohne Sprossen, Oberfläche endbehandelt, 2,0-3,0 m ² , mit Wärmeschutzverglasung Ug=1,1 W/m ² K, Fensterbank außen und innen	1 2 3	133451115	45,640		m ²	334
Außenwand, Fenster aus Fichtenholz, feststehend, ohne Sprossen, 0,5-2,0 m ² , mit Wärmeschutzverglasung Ug=0,7 W/m ² K, Uw= 0,88	1 2 3	133451619	12,425		m ²	334
Außenwand, Fenstertür, einflügelig, ohne Sprossen, Fichte, Oberfläche endbehandelt, 2,0-3,0 m ² , mit Wärmeschutzverglasung Ug=1,1	1 2 3	133421114	12,425		m ²	334
-(Sonstige Baumassnahmen)						
Technische Ausstattung						
Heizung						
Lüftung						
Elektro						
Förderanlagen						

Abbildung 61

Eingabemaske LEGEP | Projektelemente
 Fenster- und Türlflächen | Variante 01-03

Quelle | LEGEP Software

LEGEP

Projekt Neubau Heilbronn_797 [ökologische Bauweise]

Projekt

- Beschreibung
 - Grunddaten
 - Allgemein
 - Bauherr
 - Lage
 - Architekt/Planer
 - Bild
 - Vorbemerkungen
 - Dokumente
 - Projektdaten
 - Projekt und Aufgaben
 - Grundflächen und Raumin...
 - Varianten
 - Projektelemente
 - Zertifizierung
- Berechnung
 - Anzahl Elemente
 - Kostengruppen Neubau
 - Übersicht
 - Bewertung
 - Steckbrief Flächeneffizienz
 - Zertifizierung
 - Dokumente Einzelnachweis
- Kostenplanung
- Wärme / Energie

Name	Variante	Nr	Menge	Faktor	Einheit	KG
Technische Ausstattung						
Heizung						
V1		Gas-Heizkesselanlage für Einfamilienhaus mit Solaranlage	140022321	1,000	St	400
V2		Wärmepumpe Luft/Wasser zur Innenaufstellung, 6-12 kW Leistung, mit Speicher, nur für die Heizung	142041111	1,000	St	420
V3		Wärmepumpe Luft/Wasser zur Innenaufstellung, 6-12 kW Leistung, mit Speicher, nur für die Heizung	142041111	1,000	St	420
Lüftung						
Elektro						
Förderanlagen						

Abbildung 62

Eingabemaske LEGEP | Projektelemente
Heizung | Variante 01-03

Quelle | LEGEP Software

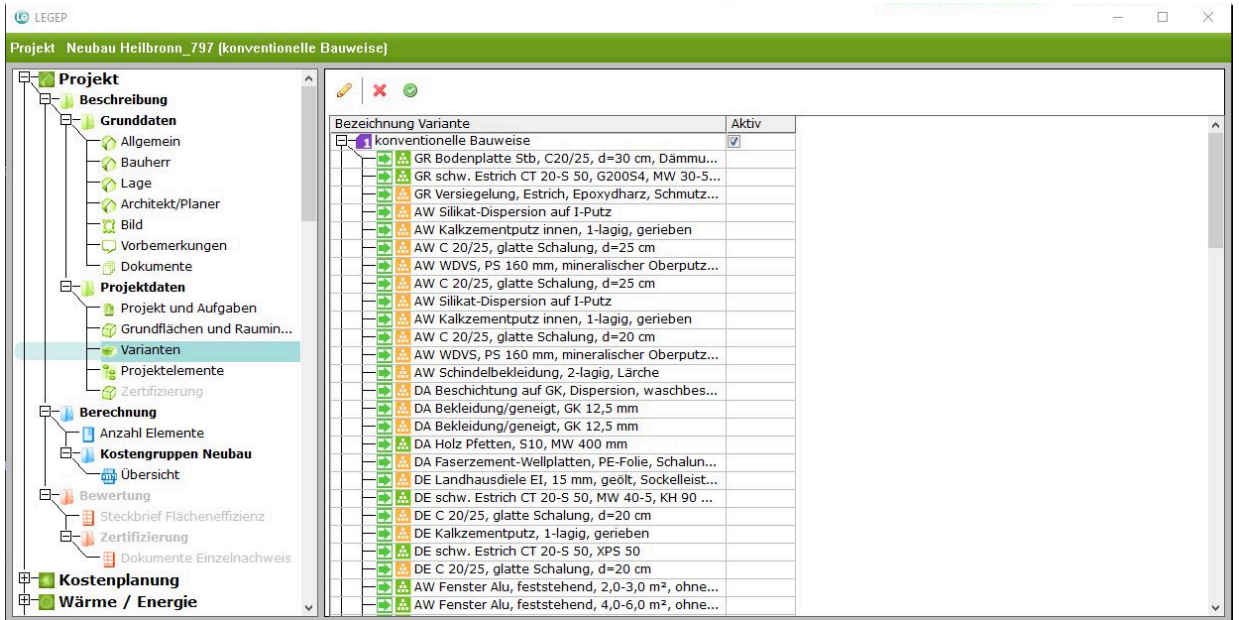


Abbildung 63

Eingabemaske LEGEP | Zuordnung Varianten

Quelle | LEGEP Software

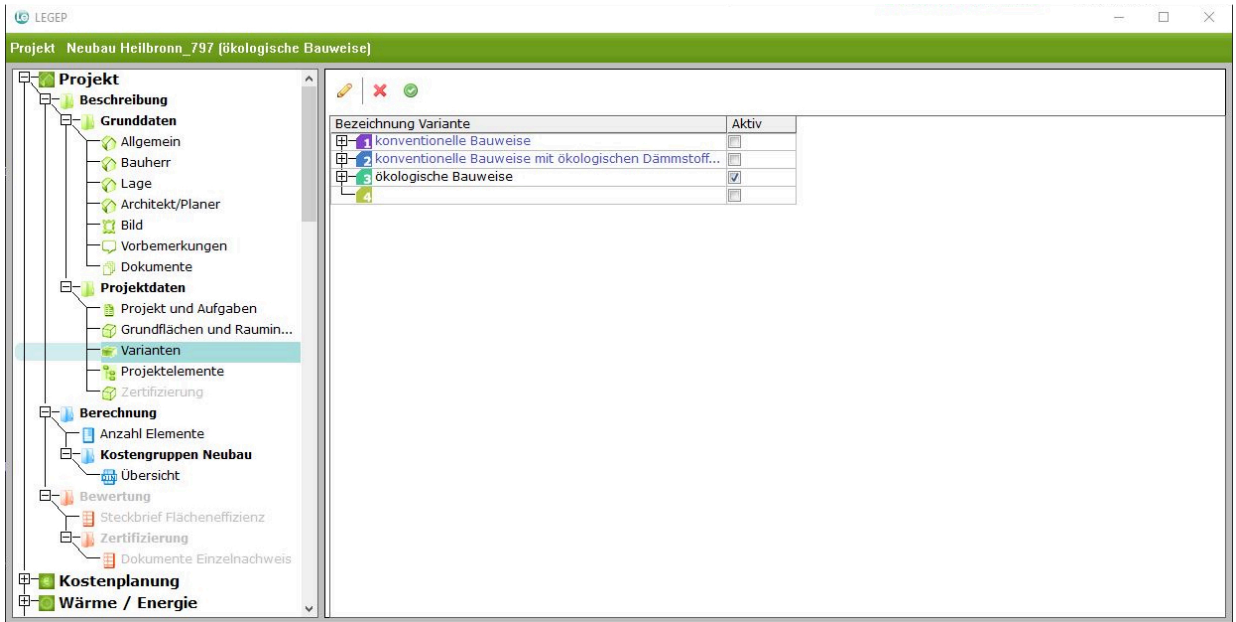


Abbildung 64 Eingabemaske LEGEP | Aktivierung Varianten

Quelle | LEGEP Software

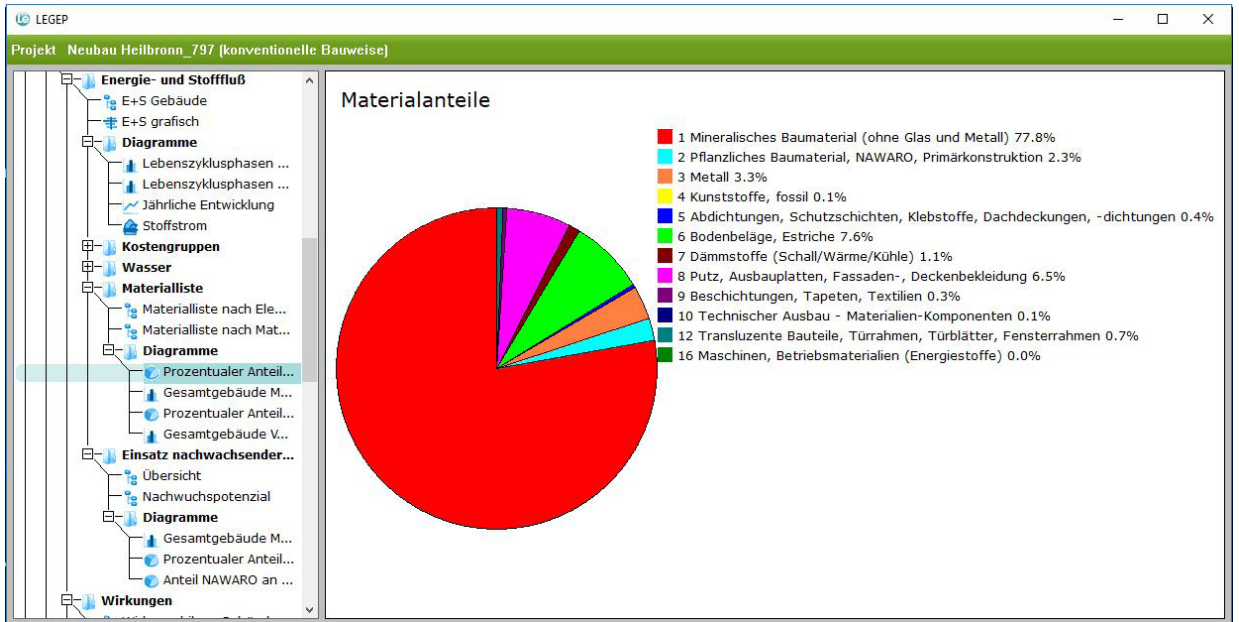


Abbildung 65

Diagramme LEGEP | Materialanteile in %
Variante 01 | konventionelle Bauweise

Quelle | LEGEP Software

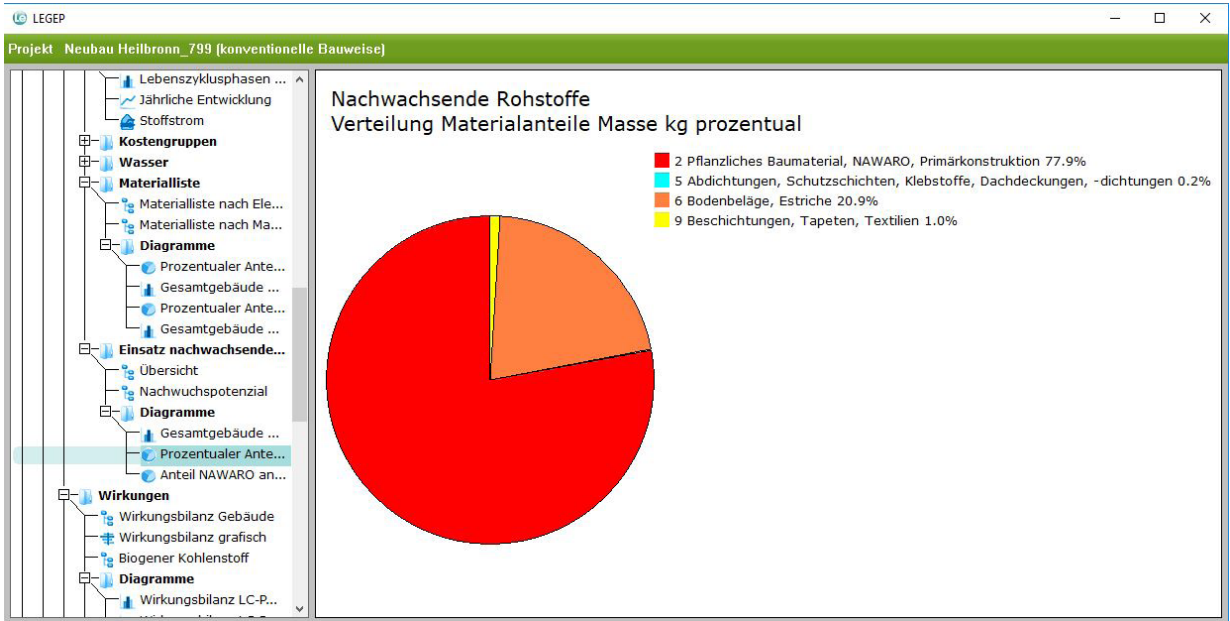


Abbildung 66

Diagramme LEGEP
Nachwachsende Rohstoffe & deren Materialanteile in %
Variante 01 | konventionelle Bauweise

Quelle | LEGEP Software

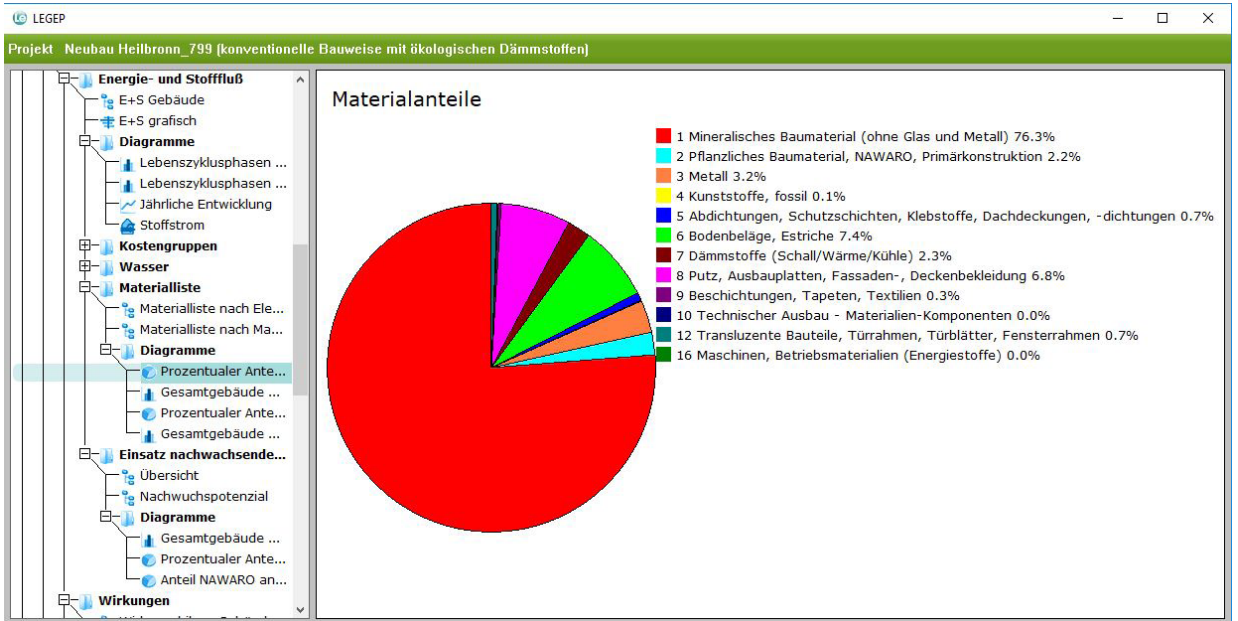


Abbildung 67

Diagramme LEGEP | Materialanteile in %
Variante 02 | konventionelle Bauweise mit
ökologische Dämmstoffen

Quelle | LEGEP Software

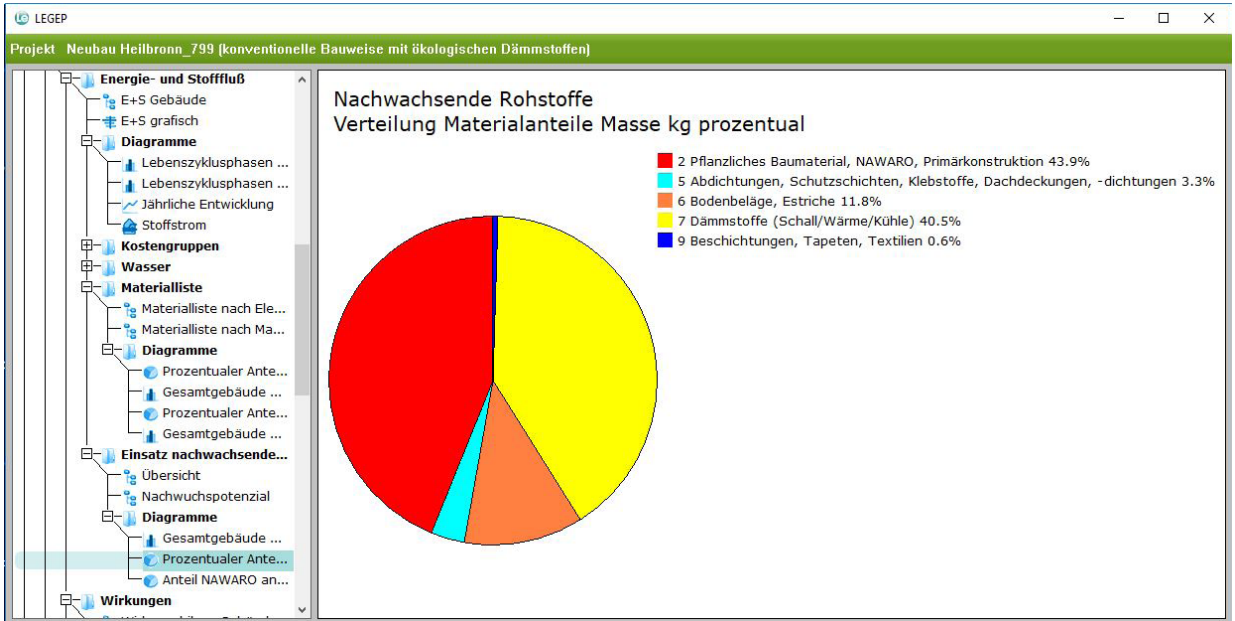


Abbildung 68

Diagramme LEGEP
Nachwachsende Rohstoffe & deren Materialanteile in %
Variante 02 | konventionelle Bauweise mit
ökologischen Dämmstoffen

Quelle | LEGEP Software

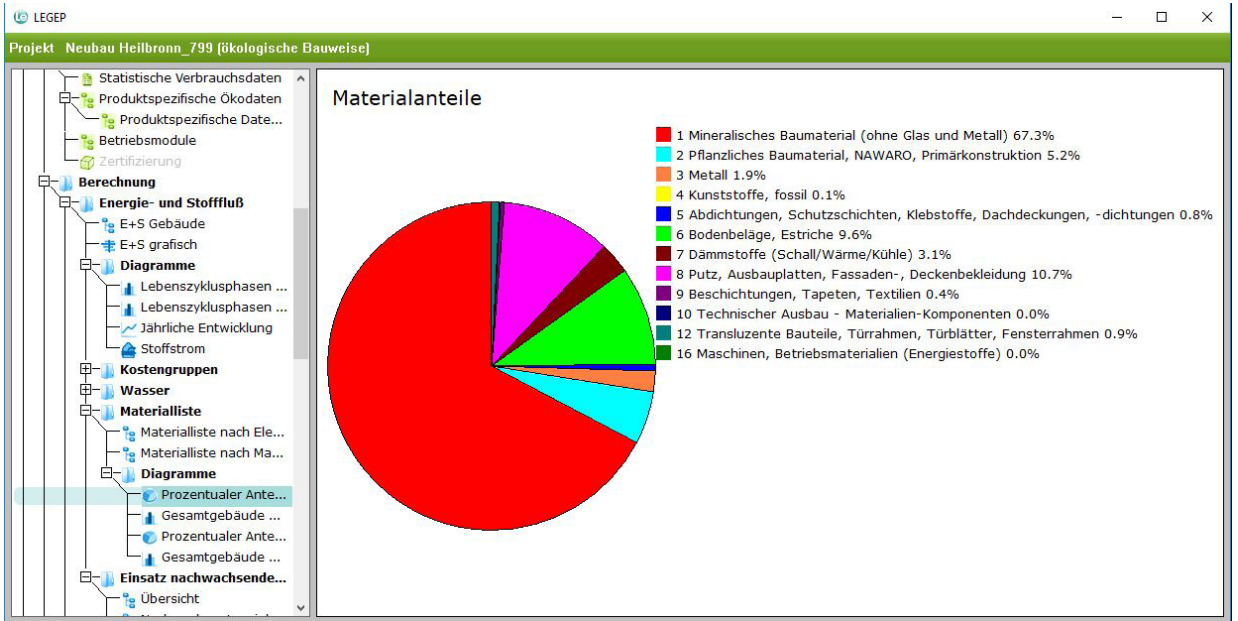


Abbildung 69

Diagramme LEGEP | Materialanteile in %
 Variante 03 | ökologische Bauweise

Quelle | LEGEP Software

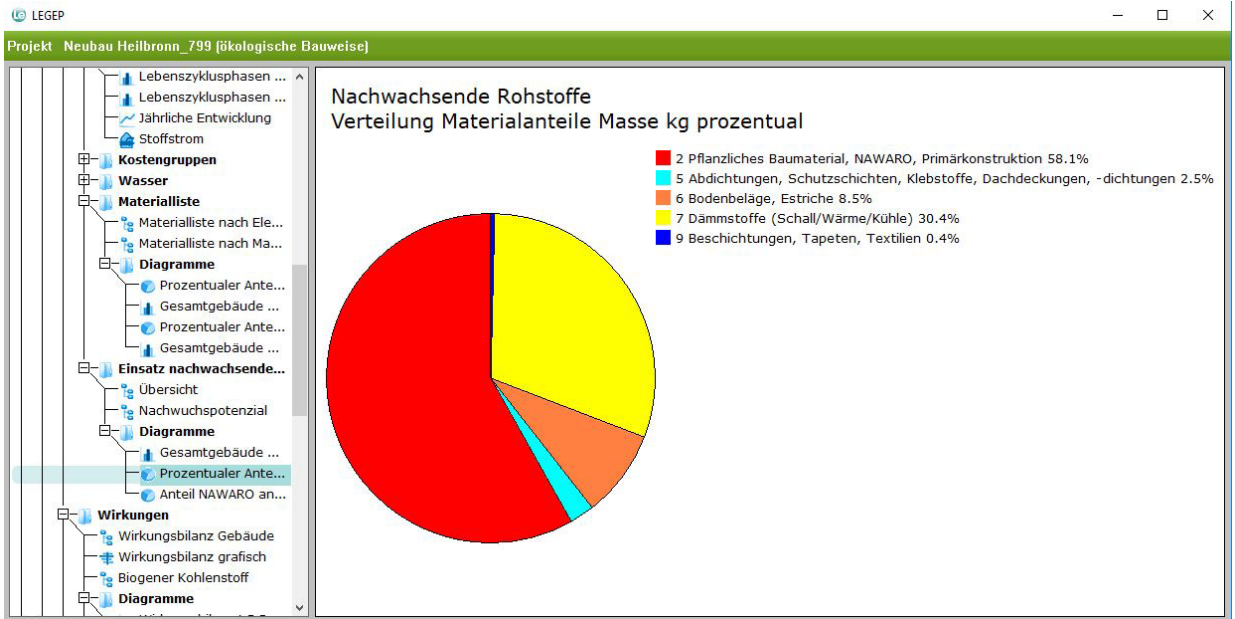


Abbildung 70

Diagramme LEGEP
Nachwachsende Rohstoffe & deren Materialanteile in %
Variante 03 | ökologische Bauweise

Quelle | LEGEP Software

LEGEP

Projekt Bearbeiten Stammdaten Eigene Daten Optionen Fenster Hilfe

Angemeldet: Administrator Profil: S

Projekt Neubau Heilbronn_799 [konventionelle Bauweise]

Diagramme

- Gesamtgebäude ...
- Prozentualer Ante...
- Anteil NAWARO an...

Wirkungen

- Wirkungsbilanz Gebäude
- Wirkungsbilanz grafisch
- Biogener Kohlenstoff

Diagramme

- Wirkungsbilanz LC-P...
- Wirkungsbilanz LC-P...
- Jährliche Entwicklung

Kostengruppen

- Übersicht

Diagramme

- Absolut
- Stapel

Materialliste

- Materialliste nach Ele...
- Materialliste nach Ma...

5 Indikatoren

- Ohne Betrieb
- Mit Betrieb
- Nur Betrieb

Bewertung

- Zertifizierung

5 Indikatoren mit Betrieb

Betrachtungszeitraum: 50 Jahre

	BRI	BGF	NGF	NF	WF
BRI	1.338,0				
BGF		379,0			
NGF			314,6		
NF				263,6	

Gesamtmenge

	Menge gesamt	Menge /m ² BRI	Menge /m ² BGF	Menge /m ² NGF	Menge /m ² NF	Me WF
Stoffmasse	564.258 kg	422	1.489	1.794	2.141	
Treibhauspotential	346.856 kg CO ₂ -Äq	259	915	1.103	1.316	
Versauerungspotential	513,18 kg SO ₂ -Äq	0,384	1,354	1,631	1,947	
Primärenergie erneuerbar	565.540 MJ	423	1.492	1.798	2.146	
Primärenergie nicht erneuerbar	5.042.745 MJ	3.769	13.304	16.031	19.133	

Menge / Jahr

	Menge / Jahr	Menge /m ² BRI und Jahr	Menge /m ² BGF und Jahr	Menge /m ² NGF und Jahr	Menge /m ² NF und Jahr	Me WF
Stoffmasse	11.285 kg	8,4	29,8	35,9	42,8	
Treibhauspotential	6.937 kg CO ₂ -Äq	5,2	18,3	22,1	26,3	
Versauerungspotential	10,264 kg SO ₂ -Äq	0,008	0,027	0,033	0,039	
Primärenergie erneuerbar	11.311 MJ	8,5	29,8	36,0	42,9	
Primärenergie nicht erneuerbar	100.855 MJ	75,4	266,1	320,6	382,7	

Abbildung 71

Diagramme LEGEP | 5 Indikatoren
Variante 01 | konventionelle Bauweise

Quelle | LEGEP Software

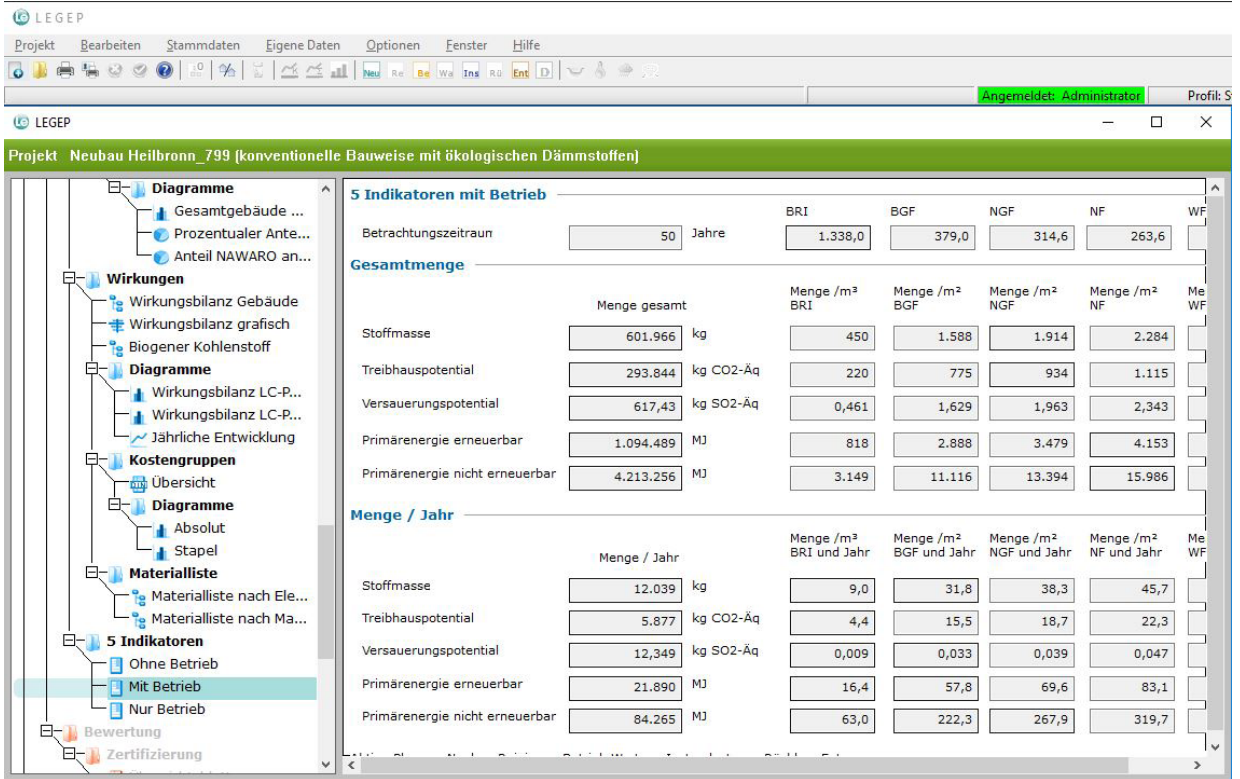


Abbildung 72

Diagramme LEGEP | 5 Indikatoren
 Variante 02 | konventionelle Bauweise mit
 ökologischen Dämmstoffen

Quelle | LEGEP Software

LEGEP

Projekt Bearbeiten Stammdaten Eigene Daten Optionen Fenster Hilfe

Angemeldet: Administrator Profil: S

LEGEP

Projekt Neubau Heilbronn_799 [ökologische Bauweise]

5 Indikatoren mit Betrieb

Betrachtungszeitraum: 50 Jahre

	BRI	BGF	NGF	NF	WF
Betrachtungszeitraum	1.338,0	379,0	314,6	263,6	

Gesamtmenge

	Menge gesamt	Menge /m ² BRI	Menge /m ² BGF	Menge /m ² NGF	Menge /m ² NF	Me WF
Stoffmasse	463.611 kg	347	1.223	1.474	1.759	
Treibhauspotential	261.515 kg CO ₂ -Äq	195	690	831	992	
Versauerungspotential	579,78 kg SO ₂ -Äq	0,433	1,530	1,843	2,200	
Primärenergie erneuerbar	1.349.439 MJ	1.009	3.560	4.290	5.120	
Primärenergie nicht erneuerbar	4.086.060 MJ	3.054	10.780	12.990	15.503	

Menge / Jahr

	Menge / Jahr	Menge /m ² BRI und Jahr	Menge /m ² BGF und Jahr	Menge /m ² NGF und Jahr	Menge /m ² NF und Jahr	Me WF
Stoffmasse	9.272 kg	6,9	24,5	29,5	35,2	
Treibhauspotential	5.230 kg CO ₂ -Äq	3,9	13,8	16,6	19,8	
Versauerungspotential	11,596 kg SO ₂ -Äq	0,009	0,031	0,037	0,044	
Primärenergie erneuerbar	26.989 MJ	20,2	71,2	85,8	102,4	
Primärenergie nicht erneuerbar	81.721 MJ	61,1	215,6	259,8	310,1	

Abbildung 73

Diagramme LEGEP | 5 Indikatoren
Variante 03 | ökologische Bauweise

Quelle | LEGEP Software

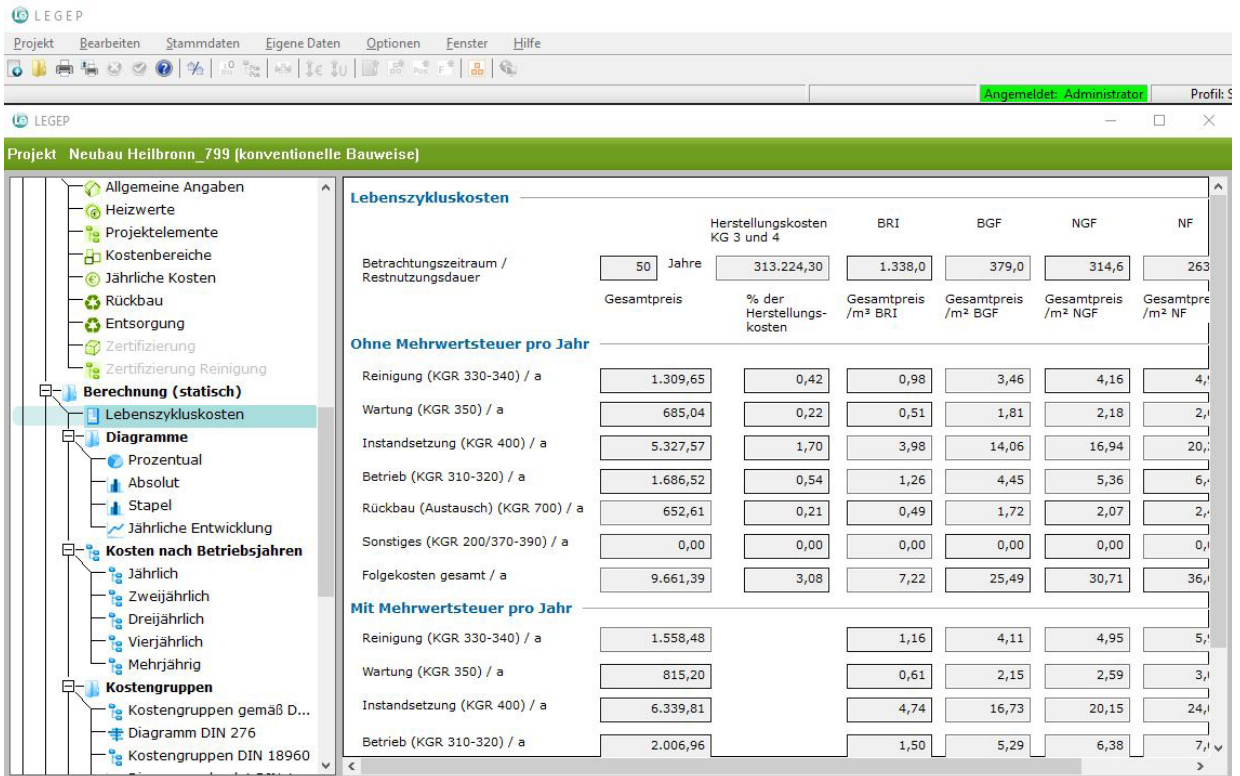


Abbildung 74

Diagramme LEGEP | Lebenszykluskosten
Variante 01 | konventionelle Bauweise

Quelle | LEGEP Software

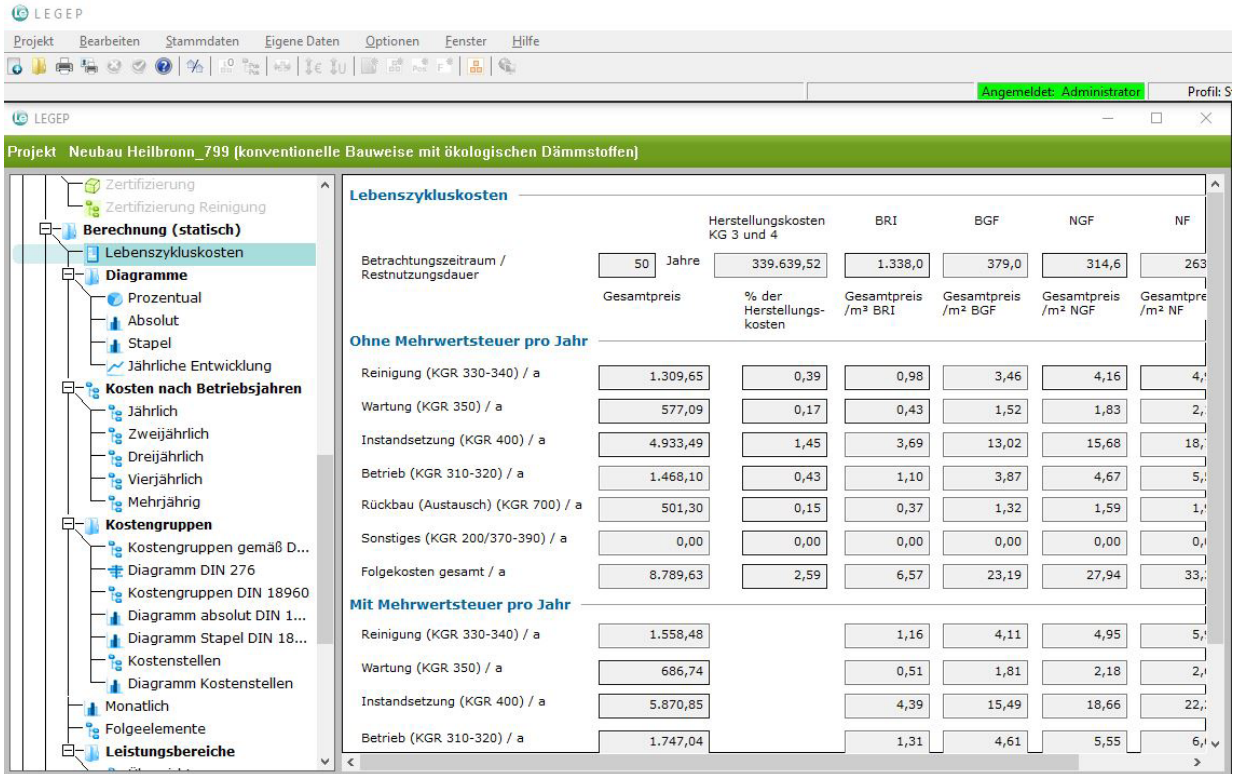


Abbildung 75

Diagramme LEGEP | Lebenszykluskosten
Variante 02 | konventionelle Bauweise mit
ökologischen Dämmstoffen

Quelle | LEGEP Software

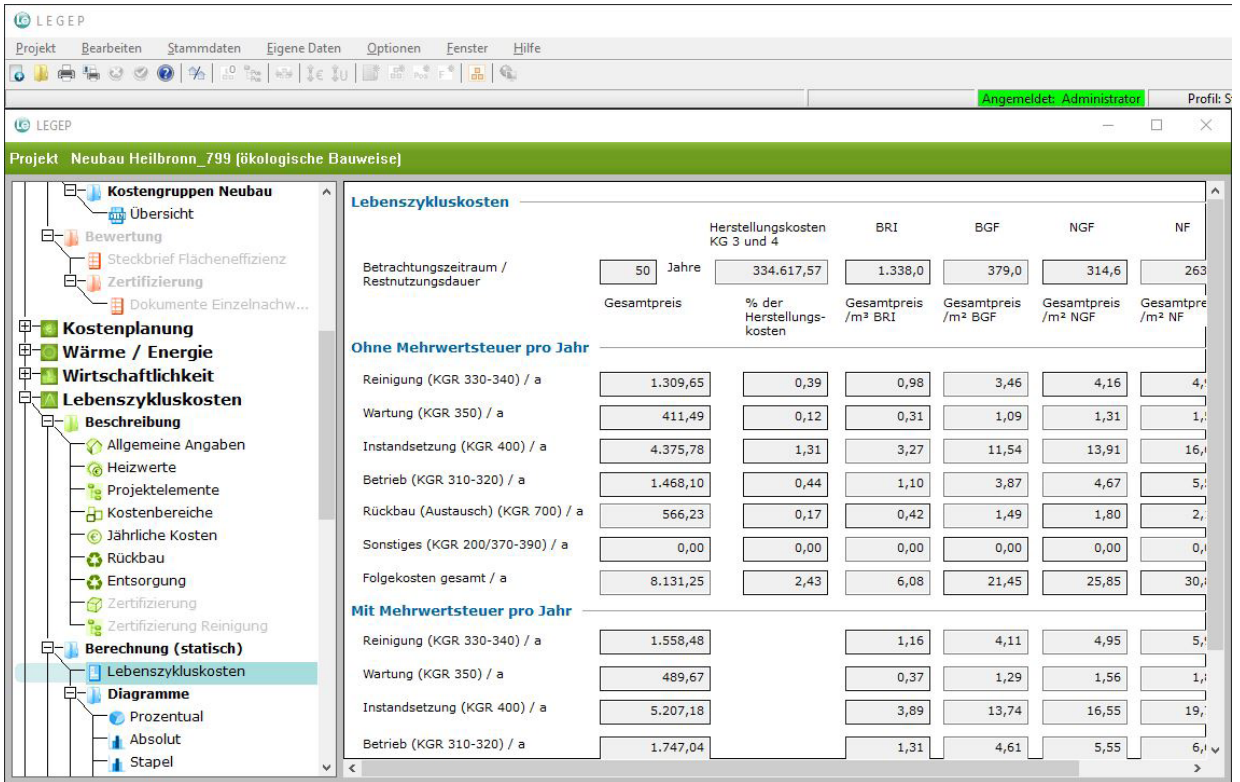


Abbildung 76

Diagramme LEGEP | Lebenszykluskosten
Variante 03 | ökologische Bauweise

Quelle | LEGEP Software

Anhang 03 | Forsa-Umfrage DFH Trendbarometer Nachhaltigkeit 2018

Ziel dieser Umfrage war es, herauszufinden, ob die Teilnehmer beim Hausbau lediglich auf den Mindeststandard oder auf möglichst viele Nachhaltigkeitsaspekte setzen. Für die Untersuchung wurden 1.002 Teilnehmer über 18 Jahre anhand von computergestützten Telefoninterviews befragt. Das Ergebnis dieser repräsentativen Forsa-Umfrage „DFH Trendbarometer Nachhaltigkeit 2018“ im Auftrag von der DFH Deutsche Fertighaus Holding AG zeigt, dass die Mehrheit der Deutschen einen hohen Wert auf eine energieeffiziente und nachhaltige Bauweise legt.¹

¹ DFH Trendbarometer Nachhaltigkeit, S. 01.

Es finden beim nachhaltigen Hausbau...			
	sehr wichtig [%]	wichtig [%]	weniger wichtig/ unwichtig [%]
dass nachhaltiges Bauen aufgrund einer insgesamt wirtschaftlichen Bauweise auch bezahlbar ist	59	36	4
dass die Art und Weise, wie das Haus gebaut ist, die Gesundheit und das Wohlbefinden seiner Bewohner unterstützt	57	37	4
langfristig niedrige Kosten für Energie, Instandhaltung und Sanierung, während der gesamten Nutzungsdauer des Hauses	57	37	5
die Möglichkeit, das Haus in Zukunft flexibel an verschiedene Lebenssituationen anpassen zu können, z. B. das Wohnen im Alter	42	43	13
den Umweltschutz durch die Verwendung nachweislich ökologischer Baustoffe	36	46	16
Werterhalt und hoher Wiederverkaufswert des Hauses in der Zukunft	33	44	20
die Möglichkeit, das Haus nahezu vollständig mit selbst erzeugtem Öko-Strom zu versorgen	27	43	28
ein Zertifikat, mit dem eine neutrale Stelle die nachhaltige Bauweise des Hauses bewertet und bestätigt	16	40	42

Tabelle 31

Wichtigkeit verschiedener Kriterien beim nachhaltigen Hausbau 2018

Quelle | DFH Trendbarometer Nachhaltigkeit 2018

Anhang 04 | Wärmedämmung im Überblick Natürliche Dämmstoffe



Abbildung 77

Flachs

Quelle | <https://www.efizienzhaus-online.de>

Flachs
einfacher Anbau ohne Pestizide, einheimischer nachwachsender Rohstoff, wiederverwendbar, nicht gesundheitsgefährdend
Kurzfasern der Flachspflanze: Verarbeitung zu Vliesen und Verklebung mittels Polyesterfasern [sämtliche Teile der Flachspflanze werden industriell verwendet: Kurzfasern sind ein Nebenprodukt der Leinenproduktion, wo die hochwertigen Langfasern verwendet werden]
muss mit Brandschutzmittel behandelt werden
Eigenschaften Flachs
besteht aus Zellulose, daher resistent gegen Fäulnis, Insekten- und Schimmelpilzbefall
bedingt kompostierbar und recyclebar wegen Brandschutzmittel und Polyesterzusätze
gute Dämmeigenschaften [$\lambda = 0,040 \text{ W/m}^2\text{K}$] und guter Schallschutz

Flachs kann Feuchtigkeit regulieren
Herstellung ist wenig energieintensiv
Materialform Flachs
Dämmplatte, Dämmmatte, Stopfwole, Filz
Anwendung Flachs
Zwischensparrendämmung [Dach], Holzständerkonstruktionen [Wände], Holzbalkendecken, Innendämmung [Dämmplatte, Dämmmatte]
Abdichtung von Fenstern und Türen [Stopfwole]
Trittschalldämmung [Filz]
Technische Daten Flachs
Wärmeleitfähigkeit $\lambda = 0,040-0,045 \text{ W/mK}$
Rohdichte $\rho = 20-80 \text{ kg/m}^3$
Wasserdampfdiffusionswiderstand $\mu = 1-2$
B2 normal entflammbar

Tabelle 32

Flachs | Eigenschaften

Quelle | <https://www.effizienzhaus-online.de>

Quelle | TU Wien, Vorlesung Hochbau 2

„Hülle 1 - Grundlagen der Gebäudehülle + Wärmedämmung“,

Vortragender: San-Hwan Lu



Abbildung 78

Hanf
Quelle | <https://www.oeffizienzhaus-online.de>

Hanf
historisch neben Flachs am weitest verbreitete Kulturpflanze zur Textilerzeugung, radikaler Rückgang mit der industriellen Revolution, wächst 4 m in 100 Tagen
Trennung von Fasern und Schäben [kurze Teile des Stängels], Verarbeitung zu Matten bzw. Schüttdämmstoff
Herstellung der Matten durch Zugabe von Polyesterstützfasern [diese schmelzen im Bondierofen und verbinden die pflanzlichen Fasern]
muss mit Brandschutzmittel behandelt werden
Eigenschaften Hanf
besteht aus Zellulose, daher resistent gegen Fäulnis, Schädlings- und Schimmelpilzbefall
bedingte Kompostierbarkeit und Recyclebarkeit wegen Brandschutzmittel und Polyesterzusätze
hohe Feuchtigkeitsbeständigkeit & gute Schallschutzeigenschaften

gute, aber keine überragende Dämmeigenschaft [U-Wert von 0,24 W/(m²K), Dämmstärke von 16 cm]
wenig energieintensiven Herstellung
kostenseitig im mittleren Bereich [10-27 EUR pro m²]
Hanfdämmung ist förderfähig [Förderprogramme 151 und 152 der KfW]
Materialform Hanf
Dämmplatte, Dämmmatte, Stopfhanf, Dämmschüttung, Dämmvliese
Anwendung Hanf
Dämmmatten für Dach-, Dachboden- und Innendämmung
lose Fasern als Einblasdämmstoff, Schäben direkt als Schüttdämmstoff für Decke und Fußboden
Stopfhanf für Isolierung von Hohlräumen
Dämmvliese für Bodendämmung [fugenfrei und schalldämmend]
Technische Daten Hanf
Wärmeleitfähigkeit $\lambda = 0,038-0,045$ W/(mK)
Rohdichte $\rho = 20-42$ bzw. 90 kg/m³
Wasserdampfdiffusionswiderstand $\mu = 1-2$
B2 normal entflammbar

Tabelle 33

Hanf | Eigenschaften
Quelle | <https://www.effizienzhaus-online.de>
Quelle | TU Wien (...)



Abbildung 79

Kork

Quelle | <https://www.effizienzhaus-online.de>

Kork
Rindenrohstoff der Korkeiche, Ernte durch Schälen der Rinde vom Stamm
Erste Schälung frühestens nach 15 Jahren, Wiederholung alle 9-14 Jahre, keine Schädigung des Baumes, beste Ernte nach 50-100 Jahren (Dicke, Qualität)
Ernte (Handarbeit), Sortierung, Trocknung (6 Monate)
zu Granulat vermahlen, durch Behandlung mit heißem Dampf bläht sich das Granulat [werden expandiert], durch natürliche Harze zu Platten gebunden
Eigenschaften Kork
leicht, elastisch und trotzdem sehr druckbelastbar
alterungsbeständig, atmungsaktiv, hochbelastbar
beständig gegen Ungeziefer, Fäulnis und Schimmel

kann Feuchtigkeit speichern und wieder abgeben
gute Dämmeigenschaft [$\lambda = 0,04 \text{ W/m}^2\text{K}$]
enthält keine Binde- und Flammschutzmittel, nachwachsender Rohstoff, deponiefähig, Recycling von Platten als Granulat
Eigengeruch
nachwachsender Rohstoff mit langen Transportwegen
Materialform Kork
Korkplatten, Schüttdämmung [Korkschröt]
Anwendung Kork
Dämmplatten für Wand, Dach, Boden, Trittschalldämmung, Außen-/Kerndämmung [vielseitig einsetzbar]
Granulat als Schüttdämmstoff/Einblasdämmstoff [starkes Setzungsverhalten]
Technische Daten Kork
Wärmeleitfähigkeit $\lambda = 0,04 \text{ W/(mK)}$
Rohdichte $\rho = 100\text{-}120 \text{ kg/m}^3$
Wasserdampfdiffusionswiderstand $\mu = 5\text{-}10$
B2 normal entflammbar

Tabelle 34

Kork | Eigenschaften
Quelle | <https://www.oeffizienzhaus-online.de>
Quelle | TU Wien (...)



Abbildung 80

Schafwolle

Quelle | <https://www.efizienzhaus-online.de>

Schafwolle
seit den 90er als Dämmstoff auf dem Markt
nach Schafschur, Rohwolle waschen und entfetten, Behandlung mit Ungeziefer- und Brandschutzmittel
Eigenschaften Schafwolle
stark hygroskopisch: kann ohne Verlust der Dämmwirkung bis zu 1/3 des Eigengewichts als Feuchtigkeit aufnehmen und wieder abgeben
Abbauvermögen von Gerüchen und Luftschadstoffen, reinigende Wirkung auf die Raumluft
gute Dämmeigenschaften [$\lambda = 0,035-0,045 \text{ W/m}^2\text{K}$] und guter Schallschutz
nur kompostierbar, wenn keine Imprägniermittel verwendet werden, sonst Müllverbrennung
teilweise lange Transportwege [Wollüberschuss in NZ, AUS, Massentierhaltung], relativ teuer

Materialform Schafwolle
Dämmmatten [mit/ohne Polyesterstützfasern], Dämmstoffwolle, Filze
mit und ohne Beimengung von Kunstfasern [Polyester und Polylactiden] für die Herstellung eigensteifer Bahnen und Matten
Anwendung Schafwolle
Dämmung für Dach, Trennwänden oder als Akustikdämmung
Trittschalldämmung [Filze]
Technische Daten Schafwolle
Wärmeleitfähigkeit $\lambda = 0,035-0,045 \text{ W/(mK)}$
Rohdichte $\rho = 20-140 \text{ kg/m}^3$
Wasserdampfdiffusionswiderstand $\mu = 1-2$
B2 normal entflammbar

Tabelle 35

Schafwolle | Eigenschaften
Quelle | <https://www.oeffizienzhaus-online.de>
Quelle | TU Wien (...)

Stroh
traditioneller Baustoff
kostengünstig, leicht zugänglich, kein zusätzlicher Aufwand (Abfallprodukt der Landwirtschaft)
Anwendung Stroh
tragender Strohballenbau
im Holzständerwerk
Maße Stroh
Höhe: 280 / 350 / 480 mm
Breite: 380 / 460 / 850 mm
Länge: 500 mm
Technische Daten Stroh
Wärmeleitfähigkeit $\lambda = 0,080 \text{ W/(mK)}$ [in Halmrichtung/Breitenrichtung]
Wärmeleitfähigkeit $\lambda = 0,052 \text{ W/(mK)}$ [quer zur Halmrichtung/Dickenrichtung]
Rohdichte $\rho = 85\text{-}115 \text{ kg/m}^3$
B2 normal entflammbar

Tabelle 36

Stroh | Eigenschaften
Quelle | <https://www.effizienzhaus-online.de>
Quelle | TU Wien (...)

Kokosfasern
Herstellung: Umhüllung der Kokosnuss mit den Fasern wird längere Zeit in einem Sumpfbecken einem Fäulnisprozess ausgesetzt; organische fäulnisanfällige Stoffe faulen ab, nur absolut fäulnisresistente Fasern bleiben zurück
Eigenschaften Kokosfasern
außerordentlich elastisch
sehr hohe Bruch- und Reißfestigkeit
absolut fäulnisresistent und geruchlos
gute Wärme- und Schalldämmeigenschaften
Anwendung Kokosfasern
als Dämmmatten
Technische Daten Kokosfasern
Wärmeleitfähigkeit $\lambda = 0,040-0,050 \text{ W/(mK)}$
Rohdichte ρ [Stopfwohle] = 40-90 kg/m ³
Rohdichte ρ [Filze und Platten] = 70-120 kg/m ³
Wasserdampfdiffusionswiderstand $\mu = 1$
B2 normal entflammbar

Tabelle 37

Kokosfasern | Eigenschaften
Quelle | <https://www.effizienzhaus-online.de>
Quelle | TU Wien (...)



Abbildung 81

Holzfasern

Quelle | <https://www.efizienzhaus-online.de>

Holzfasern
aus Nadelholzabfällen, die bei der holzverarbeitenden Industrie anfallen
zerfast und mit Wasser zu einem Brei vermengt, nach Trocknung Verarbeitung zu Platten oder Einblasdämmstoff
Festigkeit der Platten durch Zugabe von Zement oder Magnesit
Eigenschaften Holzfasern
aus nachwachsenden Rohstoffen
gute Dämmeigenschaften [$\lambda = 0,038-0,055 \text{ W/m}^2\text{K}$], guter sommerlicher Hitzeschutz und guter Schallschutz

können eine gewissen Menge an Feuchtigkeit aufnehmen ohne damit die Dämmwirkung der Holzfaser zu verschlechtern
höherer Preis
Materialform Holzfasern
Dämmplatten, lose Holzfasern
Anwendung Holzfasern
Dämmung von Dach, Dachboden, Fassade, Trennwänden, sowie Innenausbau; Trittschalldämmung
Dämmung von Fertighäusern in Holzrahmen- oder Holztafelbauweise
lose Einblasdämmung für Hohlräume oder Dachbodendämmung
Technische Daten Holzfasern
Wärmeleitfähigkeit $\lambda = 0,038-0,055 \text{ W/(mK)}$
Rohdichte $\rho = 120-450 \text{ kg/m}^3$
Wasserdampfdiffusionswiderstand $\mu = 5-10$
B2 normal entflammbar

Tabelle 38

Holzfaser | Eigenschaften
Quelle | <https://www.effizienzhaus-online.de>
Quelle | TU Wien (...)

Holzwole-Leichtbauplatten
Platten aus langfaseriger Holzwole mit mineralischen Bindemitteln
auch als Mehrschicht-Leichtbauplatten: Deckschicht aus Holzwole, Kernschicht aus Hartschaum oder Mineralwole zur Verbesserung der Wärmedämmeigenschaften
Eigenschaften Holzwole-Leichtbauplatten
formstabil und fest, gesundheitlich unbedenklich, deponiefähig
meist nicht recyclebar, aufgrund des Verbundes kaum deponiefähig
hoher Energieaufwand bei der Herstellung, relativ schlechte Wärmedämmung, kaum wiederverwendbar
Anwendung Holzwole-Leichtbauplatten
als Putzträger bei Decken bzw. der Dachuntersicht
Akustikplatten zur Schalldämmung
im Holzbau als Putzträger und zur Beplankung von Außenwänden

Technische Daten Holzwolle-Leichtbauplatten
Wärmeleitfähigkeit $\lambda = 0,093 \text{ W/(mK)}$
Rohdichte $\rho = 360 \text{ kg/m}^3$
Wasserdampfdiffusionswiderstand $\mu = 2\text{-}5$
B1 schwer entflammbar

Tabelle 39

Holzwolle-Leichtbauplatten | Eigenschaften
Quelle | <https://www.effizienzhaus-online.de>
Quelle | TU Wien (...)

Wärmedämmung im Überblick Künstliche Dämmstoffe



Abbildung 82

Mineralwolle
Quelle | <https://www.efizienzhaus-online.de>

Mineralwolle

Unterteilung in Stein- und Glaswolle:

Steinwolle: Diabas, Basalt, Dolomit & Glaswolle: 70% Altglas, Sand, Soda, Kalk

< 7% Kunstharze als Bindemittel für Platten

am weitesten verbreitetsten Dämmstoff in Europa

Herstellung: Schmelze wird zu Fasern geschleudert, Verarbeitung zu weichen oder harten Dämmmatten

energieintensive Herstellung, organische Zusatzstoffe, Entstehung von Faserstäuben bei der Verarbeitung, Produkte vor 1996 gelten als krebsverdächtig (Biopersistenz=Halbwertszeit im Körper: 20-60 Tage, früher: 200-300 Tage, Asbest: 100 Jahre)

Eigenschaften | Mineralwolle

nicht brennbar, wasserabweisend, alterungsbeständig, leicht verarbeitbar, diffusionsoffen, fäulnisresistent

geringe Wärmeleitfähigkeit, der U-Wert beträgt nur 0,035-0,045 W/m²K, ausgeprägter Schallschutz, hoher Brandschutz
Dämmwirkung nimmt mit Durchfeuchtung rapide ab, ist vor Feuchtigkeit zu schützen
nahezu unbegrenzter Vorrat an Rohstoffen
hoher Energieaufwand bei Produktion
um bei der Fassaden den üblichen U-Wert von 0,24 W/m²K zu erreichen ist eine Dicke von 14 cm erforderlich [Kostenpunkt etwa 20 EUR pro m²]
für die Zwischensparrendämmung und Untersparrendämmung am Dach sind für weniger als 10 EUR erhältlich
Dämmvorhaben mit Glaswolle wird vom Staat gefördert [Zuschüsse und zinsgünstige Kredite von der KfW]
Materialform Mineralwolle
Dämmmatten, Dämmplatten, loser Dämmstoff [Einblasdämmung]
Anwendung Mineralwolle
in allen Bereichen: Wände, Decken, Dächer, Zwischenständer und WDVS, Trittschalldämmung
hauptsächlich Dach- und Fassadendämmung
Technische Daten Mineralwolle
Wärmeleitfähigkeit $\lambda = 0,035-0,045 \text{ W/(mK)}$
Rohdichte $\rho = 8-500 \text{ kg/m}^3$



Abbildung 83

Mineralwolle
Quelle | <https://www.efizienzhaus-online.de>

Wasserdampfdiffusionswiderstand $\mu = 1-2$
A1/A2 nicht brennbar
Unterschied Steinwolle und Glaswolle
Steinwolle aufgrund der höheren Rohdichte schwerer als Glaswolle; bei Steildächern in der Regel mit leichteren Glaswolle gedämmt
bei der Dachdämmung ist der Dämmstoff auch günstiger als Steinwolle
Steinwolle wird eher als Alternative zur EPS-Dämmung bei der Fassadendämmung eingesetzt

Tabelle 40

Mineralwolle | Eigenschaften
Quelle | <https://www.efizienzhaus-online.de>
Quelle | TU Wien (...)



Abbildung 84

Schaumglas
Quelle | <https://www.efizienzhaus-online.de>

Schaumglas
Glaspulver durch Zugabe von Kohlenstoff werksmäßig aufgeschäumt [Kohlenstoff oxidiert im Ofen unter Bildung von Gasbläschen], Recyclinganteil ca. 66%, hermetisch geschlossenzellige Materialstruktur
hoher Energieaufwand bei Herstellung, teilweise bei Verarbeitung mit Bitumen verklebt
Eigenschaften Schaumglas
hochdruckfest, feuchtigkeitsunempfindlich, wasser- und dampfdicht, frostbeständig
schädlingssicher, verrottungsbeständig, fäulnisresistent, alterungsbeständig
nicht brennbar, chemikalienbeständig, teuer
gute Dämmeigenschaften [$\lambda = 0,040-0,060 \text{ W/m}^2\text{K}$]

hoher Energieaufwand bei der Produktion
hoher Preis
Materialform Schaumglas
Platten, Granulat
Anwendung Schaumglas
in allen Bereichen wo XPS verwendet wird: Dächer, Terrassen, Fassade, erdberührende Bauteile [Kellerdecke, Kellerwand, Perimeterdämmung]
Technische Daten Schaumglas
Wärmeleitfähigkeit $\lambda = 0,040-0,060 \text{ W/(mK)}$
Rohdichte $\rho = 100-165 \text{ kg/m}^3$
Wasserdampfdiffusionswiderstand $\mu = \text{dampfdicht}$
B2 normal entflammbar

Tabelle 41

Schaumglas | Eigenschaften
Quelle | <https://www.effizienzhaus-online.de>
Quelle | TU Wien (...)

Schaumglas-Schotter
98% aus Altglas und zu 2% aus Mineralien
Eigenschaften Schaumglas-Schotter
hochdruckfest, feuchtigkeitsunempfindlich, wasser- und dampfdicht, frostbeständig
schädlingssicher, verrottungsbeständig, fäulnisresistent, alterungsbeständig
nicht brennbar, chemikalienbeständig, teuer
Anwendung Schaumglas-Schotter
lastabtragende Dämmung unter der Bodenplatte, der Kelleraußenwände oder für hoch belastbare und gedämmte Dachkonstruktionen wie z. B. Parkdecks und Tiefgaragen
wegen seines geringen Gewichts kann es für Dachaufbauten als Dämm- und Drainageschicht verwendet werden
Zuschlagstoff für Beton
Technische Daten Schaumglas-Schotter
Wärmeleitfähigkeit $\lambda = 0,040-0,060 \text{ W/(mK)}$
Rohdichte $\rho = 100-165 \text{ kg/m}^3$
Wasserdampfdiffusionswiderstand $\mu = \text{dampfdicht}$
B2 normal entflammbar

Tabelle 42

Schaumglas-Schotter | Eigenschaften
 Quelle | <https://www.effizienzhaus-online.de>
 Quelle | TU Wien (...)



Abbildung 85

Perlite

Quelle | <https://www.effizienzhaus-online.de>

Perlite
Steingranulat aus leichtem vulkanischem Gestein; Wasser verdampft bei Erhitzung und bläht Material 15-20x auf
Eigenschaften Perlite
feuchtigkeitsunempfindlich, schädlingssicher, verrottungsbeständig, fäulnisresistent, alterungsbeständig, nicht brennbar
Wärmeleitfähigkeit $\lambda = 0,040-0,070 \text{ W}/(\text{mK})$ liegt im mittleren Bereich, hat gute Schallschutzeigenschaften
Materialform Perlite
Dämmplatten, Dämmstoff-Schüttung

Anwendung Perlite
Dämmstoff-Schüttung zur Dämmung des Dachbodens, Zwischenräumen in Decken, Kerndämmung der Fassade
Plattenform zur Innendämmung
Zuschlagstoff für Dämmmörtel
Technische Daten Perlite
Wärmeleitfähigkeit $\lambda = 0,040-0,070 \text{ W/(mK)}$
Rohdichte $\rho = 80-180 \text{ kg/m}^3$
Wasserdampfdiffusionswiderstand $\mu = 5-6$
A1 nicht brennbar

Tabelle 43

Perlite | Eigenschaften
Quelle | <https://www.effizienzhaus-online.de>
Quelle | TU Wien (...)



Abbildung 86

Expandiertes Polystyrol (EPS)
Quelle | <https://www.efizienzhaus-online.de>

Expandiertes Polystyrol [EPS]
Ausgangsstoff: Erdölraffinerie-Produkt
Polystyrol: Aufschäumen von Granulat mittels Wasserdampf (Aufblähung 20-50x), Verarbeitung zu Blöcken und Platten, umgangssprachlich „Styropor“, der „Klassiker“ unter den Dämmstoffen
Eigenschaften Expandiertes Polystyrol [EPS]
überwiegend geschlossenzellig, 98% Luft, [EPS kann dennoch Wasser aufnehmen > ungünstiges Dämmverhalten]
nicht UV-beständig: Oberfläche vergilbt und versprödet unter Sonneneinstrahlung
problematisches Brandverhalten: muss mit Flammschutzmittel versehen werden
nur bedingt recyclebar, meistens Verbrennung, Trennungstechnik von geklebten WDVS fehlen, ökologisch bedenklich

preisgünstig [Kosten für Fassadendämmung [WDVS] ca. 5-20 EUR pro m ²], leicht verarbeitbar
neben dem weißen Styropor auch graues Polystyrol mit Grafit als Zusatz erhältlich [erreicht bessere Wärmedämmeigenschaften]
für einen U-Wert von 0,24 W/m ² K genügen 14 cm Plattendicke [zum Vgl. Holzfaser 18 cm, PUR-Dämmung 10 cm]
auf Erdölbasis, energieintensive Herstellung
energetische Sanierung mit EPS-Dämmung wird von der KfW gefördert [Kreditprogramme 151 und 152 sowie über den Investitionszuschuss KfW-Programm 430]
Materialform Expandiertes Polystyrol [EPS]
Hartschaumplatten, lose Einblasdämmung
Anwendung Expandiertes Polystyrol [EPS]
Fassadendämmung mit Wärmedämmverbundsystemen (WDVS), Innendämmung, Dämmung der Kellerdecke, Decken-, Wand- und Dachbereich, Trittschalldämmung
Technische Daten Expandiertes Polystyrol [EPS]
Wärmeleitfähigkeit $\lambda = 0,030-0,040$ W/(mK)
Rohdichte $\rho = 10-35$ kg/m ³
Wasserdampfdiffusionswiderstand $\mu = 20-100$
B1 schwer entflammbar

Tabelle 44

Expandiertes Polystyrol (EPS) | Eigenschaften
Quelle | <https://www.effizienzhaus-online.de>
Quelle | TU Wien (...)



Abbildung 87

Extrudiertes Polystyrol (XPS)
Quelle | <https://www.efizienzhaus-online.de>

Extrudiertes Polystyrol [XPS]
Ausgangsstoff: Erdölraffinerie-Produkt
Polystyrol: aus Extrusionsanlage unter Zugabe von CO ₂ , Dicken 20-200mm, auch unter „Styrodur“ bekannt
Eigenschaften Extrudiertes Polystyrol [XPS]
Extrudierter Polystyrol-Hartschaum ist geschlossenzellig, nimmt nur geringe Mengen an Feuchtigkeit auf
feuchtigkeitsbeständig, formbeständig [wenig elastisch], extreme Festigkeit, verrottungsfest, nicht UV-beständig
nur bedingt recyclebar, meistens Verbrennung
leichte Verarbeitbarkeit [glatte Kanten, Stufenfalz, Nut und Feder]

gute Dämmwerte [$\lambda = 0,035-0,045 \text{ W/m}^2\text{K}$], um Vorgaben der EnEV zu erfüllen reicht eine Dämmstärke von 14 cm
relativ kostengünstig, dennoch teurer als EPS [Perimeterdämmung: 15-20 EUR pro m^2 ; Flachdachdämmung: 20-25 EUR pro m^2]
energieintensive, erdölbasierte Herstellung
Materialform Extrudiertes Polystyrol [XPS]
Hartschaumplatten
Anwendung Extrudiertes Polystyrol [XPS]
XPS wird dort eingesetzt, wo die Dämmung hoher Feuchtebeanspruchung und/oder mechanischen Belastungen ausgesetzt ist
Flachdach, Umkehrdach
erdberührte Bauteile [Perimeterdämmung, Sockelbereich, Kellerwände]
Bodendämmung bei hoher Belastung
Technische Daten Extrudiertes Polystyrol [XPS]
Wärmeleitfähigkeit $\lambda = 0,035-0,045 \text{ W/(mK)}$
Rohdichte $\rho = 15-35 \text{ kg/m}^3$
Wasserdampfdiffusionswiderstand $\mu = 20-100$
B1 schwer entflammbar

Tabelle 45

Extrudiertes Polystyrol (XPS) | Eigenschaften
Quelle | <https://www.effizienzhaus-online.de>
Quelle | TU Wien (...)



Abbildung 88

Polyurethan-Hartschaum (PUR)
Quelle | <https://www.efizienzhaus-online.de>

Polyurethan-Hartschaum [PUR]
PUR-Hartschaum ist ein Erdölprodukt
bei der Herstellung sind Treibmittel notwendig [früher: FCKW, heute: Pentan]
PUR-Hartschaumdämmstoffe werden entweder als Platten oder Blöcke hergestellt, weiters gibt es PUR-Verbundelemente mit starren Deckschichten [z.B. Metallsandwichelemente], PUR-Integralschaumteile in speziellen Formen sind möglich
Eigenschaften Polyurethan-Hartschaum [PUR]
PUR-Hartschaum ist überwiegend geschloßenzellig [>90%], druckfest
alterungsbeständig, schimmel- und fäulnisresistent, verrottet nicht, wasserabweisend, verwitterungsfest
nicht recyclebar, nicht kompostierbar, bei Verbrennung werden u.U. FCKW freigesetzt, toxische Gase bei Brand, hoher Energieaufwand bei der Herstellung

höher Dämmwert als bei EPS bei geringerer Dämmstärke [bei U-Wert von 0,24 W/m²K, PUR: 10 cm Dämmstärke, EPS: 14 cm Dämmstärke]
Kostenpunkt: 10-20 EUR pro m² [teurer als EPS: 5-20 EUR pro m²; günstiger als Naturdämmstoffe: 10-90 EUR pro m²]
energetische Sanierung mit PUR-Dämmung wird von der KfW gefördert [Kreditprogramme 151 und 152 sowie über den Investitionszuschuss KfW-Programm 430]
Materialform Polyurethan-Hartschaum [PUR]
Dämmstoffplatten
Anwendung Polyurethan-Hartschaum [PUR]
kommt bevorzugt bei der Dachdämmung [Steildach: Aufsparrendämmung und Flachdach] und bei der Fassadendämmung [WDVS] zum Einsatz
auch als schlanke Bodendämmung unter Estrich, Dachterrassen, Innendämmung, Perimeterdämmung
Technische Daten Polyurethan-Hartschaum [PUR]
Wärmeleitfähigkeit $\lambda = 0,020 \text{ W/(mK)}$
Rohdichte $\rho = 30\text{-}35 \text{ kg/m}^3$
Wasserdampfdiffusionswiderstand $\mu = 20\text{-}100$
B1 schwer entflammbar / B2 normal entflammbar

Tabelle 46

Polyurethan-Hartschaum (PUR) | Eigenschaften
Quelle | <https://www.effizienzhaus-online.de>
Quelle | TU Wien (...)



Abbildung 89

Kalziumsilikat-Platte
Quelle | <https://www.effizienzhaus-online.de>

Kalziumsilikat-Platte
der Dämmstoff besteht aus Kalk, Quarzsand, Wasser sowie Zellulosefasern; er wird unter Wasserdampf gehärtet, teilweise mit aufgebracht Hydrophobierungen [ursprünglich aus dem Brandschutz]
Eigenschaften Kalziumsilikat-Platte
Kalziumsilikat-Platten puffern zeitweise auftretende Feuchtigkeit in hohem Maße und kann wieder schnell austrocknen [der Einbau einer Dampfsperre oder Dampfbremse ist nicht notwendig]
Kalziumsilikat hilft die Feuchtigkeit in Räumen zu regulieren und schützt so vor Schimmel
Kalziumsilikat ist druckfest, diffusionsoffen, nicht brennbar, formstabil, schallhemmend und von hoher Kapillarität [besonders als Innendämmung geeignet]
niedrige Dämmeigenschaft [$\lambda = 0,065 \text{ W/m}^2\text{K}$]

Materialform Kalziumsilikat-Platte
in gepresster Form als Kalziumsilikatplatten
Anwendung Kalziumsilikat-Platte
Innendämmung von Fachwerkbauten oder Häusern mit historischer Fassade
Schimmelpilzsanierung
Technische Daten Kalziumsilikat-Platte
Wärmeleitfähigkeit $\lambda = 0,065 \text{ W/(mK)}$
Rohdichte $\rho = 200\text{-}800 \text{ kg/m}^3$
Wasserdampfdiffusionswiderstand $\mu = 5\text{-}20$
A1 nicht brennbar

Tabelle 47

Kalziumsilikat-Platte | Eigenschaften
Quelle | <https://www.oeffizienzhaus-online.de>
Quelle | TU Wien (...)



Abbildung 90

Vakuumdämmung
 Quelle | <https://www.effizienzhaus-online.de>

Vakuumdämmung

Kern aus mikroporösen Materialien [mikroporöser Kieselsäure oder PS- bzw. PUR-Hartschaum, letztere selten wegen Ausgasung; Kieselsäurematerial hingegen nicht brennbar, langlebig und hitzebeständig] und einer gasdichten Umhüllung [Metalverbundfolie, Kunststoff oder Edelstahlblech]. Um die Langzeitstabilität des Vakuums zu verbessern werden Getter [gasabsorbierende Stoffe] zugesetzt.

Vakuuminulationspaneele (VIP) erst seit wenigen Jahren auf dem Markt

dämmen durch ein geschlossenes Vakuum und erreichen beste Wärmeleitfähigkeitswerte

Eigenschaften | Vakuumdämmung

sind sehr schlank und bevorzugt eingesetzt, wenn es Platzprobleme [sind wesentlich schmäler als herkömmliche Dämmstoffe]

sehr gute Dämmeigenschaften [$\lambda = 0,007-0,008 \text{ W/m}^2\text{K}$]

Verarbeitung etwas problematisch [können vor Ort nicht zugeschnitten werden, müssen passgenau bestellt werden]
keine bauaufsichtliche Zulassung
keine Langzeiterfahrung
Materialform Vakuumdämmung
Platten
Anwendung Vakuumdämmung
Fassadendämmung, Innendämmung, Dämmung bei Fensterlaibung und Heizkörpernischen
Technische Daten Vakuumdämmung
Wärmeleitfähigkeit $\lambda = 0,007-0,008 \text{ W/(mK)}$
Rohdichte $\rho = - \text{ kg/m}^3$
Wasserdampfdiffusionswiderstand $\mu = \text{ dampfdicht}$
B2 normal entflammbar

Tabelle 48

Vakuumdämmung | Eigenschaften
Quelle | <https://www.effizienzhaus-online.de>
Quelle | TU Wien (...)

Wärmedämmziegel
entwickelt aus dem klassischen Vollziegel, hochporöser keramischer Werkstoff
früher Wärmedämmeigenschaften eines reinen Ziegelbaus ausreichend, heute oftmals mit WDVS
moderne Planziegel mit verbesserten Wärmedämmeigenschaften erreichen vorgeschriebene U-Werte bei ca. 50cm Dicke
das Mauerwerk wird entweder mit Leichtmauermörtel, als Planmauerwerk im Dünnbett oder mit Spezialkleber hergestellt
Eigenschaften Wärmedämmziegel
Ziegelmauerwerk hat verglichen mit Dämmstoffen nur ein mäßiges Wärmedämmvermögen
Ziegel besitzen eine hohe Wärmespeicherfähigkeit und wirken feuchteregulierend
sind frost- und feuchtebeständig und besitzen eine hohe Festigkeit
einheimischer Rohstoff, ausreichend vorhanden
hoher Energieaufwand bei der Herstellung
Technische Daten Wärmedämmziegel
Wärmeleitfähigkeit $\lambda = 0,090-0,140 \text{ W/(mK)}$
Rohdichte $\rho = 500-700 \text{ kg/m}^3$
Wasserdampfdiffusionswiderstand $\mu = 5-10$
A1 nicht brennbar

Tabelle 49

Wärmedämmziegel | Eigenschaften
 Quelle | <https://www.effizienzhaus-online.de>
 Quelle | TU Wien (...)

Dämmstoffe	Wärmeleitfähigkeit λ [W/mK]	Dämmstärke [cm] bei EnEV ₂₀₁₆ $U_{AW} = 0,28$	Preis pro m ³
natürliche Dämmstoffe			
Schafwolle	0,035-0,045	-	150-300 €
∅	0,040	14	-
Kork	0,040	14	110-325 €
Hanf	0,038-0,045	-	130-180 €
∅	0,0415	14	130-180 €
Flachs	0,040-0,045	-	110-225 €
∅	0,0425	15	-
Kokosfasern	0,040-0,050	-	45-200 €
∅	0,045	16	-
Holzfasern	0,038-0,055	-	160-300 €
∅	0,0465	16	-
Stroh	0,052-0,080	-	97 €/t
∅	0,066	23	-
Holzwohle- Leichtbauplatten	0,093	32	170-220 €

künstliche Dämmstoffe			
Vakuumdämmung	0,007-0,008	3	4500 €
Polyurethan-Hartschaum [PUR]	0,020	7	160-400 €
Expandiertes Polystyrol [EPS]	0,030-0,040	-	40-70 €
∅	0,035	12	-
Mineralwolle	0,035-0,045	-	45-150 €
∅	0,040	14	-
Extrudiertes Polystyrol [XPS]	0,035-0,045	-	250-400 €
∅	0,040	14	-
Schaumglas	0,040-0,060	-	280-450 €
∅	0,050	17	-
Schaumglas-Schotter	0,040-0,060	-	70 €
∅	0,050	17	-
Perlite	0,040-0,070	-	60-170 €
∅	0,055	19	-
Kalziumsilikat-Platte	0,065	22	660 €
Wärmedämmziegel	0,090-0,140	-	5-6 €/Stein
∅	0,115	39	-

Tabelle 50

Dämmstoffe im Überblick

Die Berechnung der Dämmstärke (cm) bei EnEV-Vorgabe ($U_{aw} = 0,28$) erfolgte über Thesim 3D (thesim.at), ein Online-Tool zur Simulation der operativen Raumtemperatur im Sommer.

Die Preise der Dämmstoffe konnten über: <http://www.daemmstoff.org/daemmung-preise.php> bzw. <https://www.raum-analyse.de/waermedaemmung/daemmstoffe-uebersicht/> ermittelt werden.

**Literatur-/
Abbildungsverzeichnis**

Abbildungsverzeichnis

- Abbildung 01 Kindergarten Susi Weigel, Bernardo Bader Architekten, 2013, Passivhaus
(Foto | Adolf Bereuter, David Schreyer)
- Abbildung 02 Haus am Bäumle, Bernardo Bader Architekten, 2016, Niedrigstenergiehaus
(Foto | Adolf Bereuter)
- Abbildung 03 Solar Decathlon, Technische Universität Darmstadt, 2007, Plusenergiehaus
(Foto | TU Darmstadt)
- Abbildung 04 Aktivhaus B10, Architekt Werner Sobek, 2014, Aktivhaus®
(Foto | Zooey Braun)
- Abbildung 05 R128, Architekt Werner Sobek, 2000, Triple Zero®
(Foto | Zooey Braun, Roland Halbe)
- Abbildung 06 Karte | Deutschland und Baden-Württemberg
(eigene Darstellung)
- Abbildung 07 Drohnenaufnahme | Bauplatz
(eigene Darstellung)
- Abbildung 08 Drohnenaufnahme | Bauplatz
(eigene Darstellung)
- Abbildung 09 Umbaumaßnahmen | Erdgeschoss
(eigene Darstellung)
- Abbildung 10 Umbaumaßnahmen | Obergeschoss
(eigene Darstellung)
- Abbildung 11 Rendering | Wohn-, Essküche
(eigene Darstellung)
- Abbildung 12 Lageplan | M 1:1000
(eigene Darstellung)
- Abbildung 13 Grundriss | Erdgeschoss | M 1:200
(eigene Darstellung)
- Abbildung 14 Grundriss | Obergeschoss | M 1:200
(eigene Darstellung)
- Abbildung 15 Ansicht Nord-West | M 1:200
(eigene Darstellung)
- Abbildung 16 Schnitt A | M 1:200
(eigene Darstellung)

- Abbildung 17 Ansicht Nord-Ost | M 1:200
(eigene Darstellung)
- Abbildung 18 Schnitt B | M 1:200
(eigene Darstellung)
- Abbildung 19 Ansicht Süd-West | M 1:200
(eigene Darstellung)
- Abbildung 20 Schnitt C | M 1:200
(eigene Darstellung)
- Abbildung 21 Ansicht Süd-Ost | M 1:200
(eigene Darstellung)
- Abbildung 22 Schnitt D | M 1:200
(eigene Darstellung)
- Abbildung 23 Fussbodenkonstruktion | Variante 01-03 | M 1:10
(eigene Darstellung)
- Abbildung 24 Außenwandkonstruktion EG | Variante 01 und 02 | M 1:10
(eigene Darstellung)
- Abbildung 25 Außenwandkonstruktion EG | Variante 03 | M 1:10
(eigene Darstellung)
- Abbildung 26 Außenwandkonstruktion OG | Variante 01 und 02 | M 1:10
(eigene Darstellung)
- Abbildung 27 Außenwandkonstruktion OG | Variante 03 | M 1:10
(eigene Darstellung)
- Abbildung 28 Außenwandkonstruktion EG | Variante 01-03 | M 1:10
(eigene Darstellung)
- Abbildung 29 Deckenkonstruktion | Variante 01 und 02 | M 1:10
(eigene Darstellung)
- Abbildung 30 Deckenkonstruktion | Variante 03 | M 1:10
(eigene Darstellung)
- Abbildung 31 Dachkonstruktion | Variante 01-03 | M 1:10
(eigene Darstellung)
- Abbildung 32 Thermische Gebäudehülle | Erdgeschoss
(eigene Darstellung)
- Abbildung 33 Thermische Gebäudehülle | Obergeschoss
(eigene Darstellung)
- Abbildung 34 Thermische Gebäudehülle | Schnitt A

	(eigene Darstellung)
Abbildung 35	Thermische Gebäudehülle Schnitt B (eigene Darstellung)
Abbildung 36	Lebenszyklus eines Gebäudes (eigene Darstellung)
Abbildung 37	Phasen der Ökobilanz nach ISO 14040 (eigene Darstellung)
Abbildung 38	Materialanteile in [%] Variante 01 konventionelle Bauweise (eigene Darstellung)
Abbildung 39	Materialanteile in [%] Variante 02 konventionelle Bauweise mit ökologischen Dämmstoffen (eigene Darstellung)
Abbildung 40	Materialanteile in [%] Variante 03 ökologische Bauweise (eigene Darstellung)
Abbildung 41	Nachwachsende Rohstoffe & deren Anteile in [%] Variante 01 konventionelle Bauweise (eigene Darstellung)
Abbildung 42	Nachwachsende & Nicht Nachwachsende Rohstoffe in [%] Variante 01 konventionelle Bauweise (eigene Darstellung)
Abbildung 43	Nachwachsende Rohstoffe & deren Anteile in [%] Variante 02 konventionelle Bauweise mit ökologischen Dämmstoffen (eigene Darstellung)
Abbildung 44	Nachwachsende & Nicht Nachwachsende Rohstoffe in [%] Variante 02 konventionelle Bauweise mit ökologischen Dämmstoffen (eigene Darstellung)
Abbildung 45	Nachwachsende Rohstoffe & deren Anteile in [%] Variante 03 ökologische Bauweise (eigene Darstellung)
Abbildung 46	Nachwachsende & Nicht Nachwachsende Rohstoffe in [%] Variante 03 ökologische Bauweise (eigene Darstellung)
Abbildung 47	Gesamter Primärenergiebedarf in [MJ] Variante 01-03 (eigene Darstellung)
Abbildung 48	Primärenergiebedarf in [MJ] erneuerbare & nicht erneuerbare PE

	Variante 01 (eigene Darstellung)
Abbildung 49	Primärenergiebedarf in [MJ] erneuerbare & nicht erneuerbare PE Variante 02 (eigene Darstellung)
Abbildung 50	Primärenergiebedarf in [MJ] erneuerbare & nicht erneuerbare PE Variante 03 (eigene Darstellung)
Abbildung 51	Treibhauspotential in [kg CO ₂ -Äq] Variante 01-03 (eigene Darstellung)
Abbildung 52	Versauerungspotential in [kg SO ₂ -Äq] Variante 01-03 (eigene Darstellung)
Abbildung 53	Lebenszykluskosten netto in [%] Variante 01-03 (eigene Darstellung)
Abbildung 54	Lebenszykluskosten netto in [€] Variante 01-03 (eigene Darstellung)
Abbildung 55	Eingabemaske LEGEP Grundflächen und Rauminhalte (Quelle LEGEP)
Abbildung 56	Eingabemaske LEGEP Projektelemente Bodenplatte Variante 01-03 (Quelle LEGEP)
Abbildung 57	Eingabemaske LEGEP Projektelemente Außenwand EG (warmer Bauteil) Variante 01-03 (Quelle LEGEP)
Abbildung 58	Eingabemaske LEGEP Projektelemente Außenwand EG (kalter Bauteil) Variante 01-03 (Quelle LEGEP)
Abbildung 59	Eingabemaske LEGEP Projektelemente Außenwand OG (warmer Bauteil) Variante 01-03 (Quelle LEGEP)
Abbildung 60	Eingabemaske LEGEP Projektelemente Dach Variante 01-03 (Quelle LEGEP)
Abbildung 61	Eingabemaske LEGEP Projektelemente Fenster- und Türflächen Variante 01-03 (Quelle LEGEP)
Abbildung 62	Eingabemaske LEGEP Projektelemente Heizung Variante 01-03

	(Quelle LEGEP)
Abbildung 63	Eingabemaske LEGEP Zuordnung Varianten (Quelle LEGEP)
Abbildung 64	Eingabemaske LEGEP Aktivierung Varianten (Quelle LEGEP)
Abbildung 65	Diagramme LEGEP Materialanteile in [%] Variante 01 konventionelle Bauweise (Quelle LEGEP)
Abbildung 66	Diagramme LEGEP Nachwachsende Rohstoffe & deren Materialanteile in [%] Variante 01 konventionelle Bauweise (Quelle LEGEP)
Abbildung 67	Diagramme LEGEP Materialanteile in [%] Variante 02 konventionelle Bauweise mit ökologische Dämmstoffen (Quelle LEGEP)
Abbildung 68	Diagramme LEGEP Nachwachsende Rohstoffe & deren Materialanteile in [%] Variante 02 konventionelle Bauweise mit ökologischen Dämmstoffen (Quelle LEGEP)
Abbildung 69	Diagramme LEGEP Materialanteile in [%] Variante 03 ökologische Bauweise (Quelle LEGEP)
Abbildung 70	Diagramme LEGEP Nachwachsende Rohstoffe & deren Materialanteile in [%] Variante 03 ökologische Bauweise (Quelle LEGEP)
Abbildung 71	Diagramme LEGEP 5 Indikatoren Variante 01 konventionelle Bauweise (Quelle LEGEP)
Abbildung 72	Diagramme LEGEP 5 Indikatoren Variante 02 konventionelle Bauweise mit ökologischen Dämmstoffen (Quelle LEGEP)
Abbildung 73	Diagramme LEGEP 5 Indikatoren Variante 03 ökologische Bauweise (Quelle LEGEP)
Abbildung 74	Diagramme LEGEP Lebenszykluskosten Variante 01 konventionelle Bauweise (Quelle LEGEP)
Abbildung 75	Diagramme LEGEP Lebenszykluskosten Variante 02 konventionelle

- Bauweise mit ökologischen Dämmstoffen
(Quelle | LEGEP)
- Abbildung 76 Diagramme LEGEP | Lebenszykluskosten | Variante 03 | ökologische Bauweise
(Quelle | LEGEP)
- Abbildung 77 Flachs
(Quelle | <https://www.effizienzhaus-online.de>)
- Abbildung 78 Hanf
(Quelle | <https://www.effizienzhaus-online.de>)
- Abbildung 79 Kork
(Quelle | <https://www.effizienzhaus-online.de>)
- Abbildung 80 Schafwolle
(Quelle | <https://www.effizienzhaus-online.de>)
- Abbildung 81 Holzfasern
(Quelle | <https://www.effizienzhaus-online.de>)
- Abbildung 82 Mineralwolle
(Quelle | <https://www.effizienzhaus-online.de>)
- Abbildung 83 Mineralwolle
(Quelle | <https://www.effizienzhaus-online.de>)
- Abbildung 84 Schaumglas
(Quelle | <https://www.effizienzhaus-online.de>)
- Abbildung 85 Perlite
(Quelle | <https://www.effizienzhaus-online.de>)
- Abbildung 86 Expandiertes Polystyrol (EPS)
(Quelle | <https://www.effizienzhaus-online.de>)
- Abbildung 87 Extrudiertes Polystyrol (XPS)
(Quelle | <https://www.effizienzhaus-online.de>)
- Abbildung 88 Polyurethan-Hartschaum (PUR)
(Quelle | <https://www.effizienzhaus-online.de>)
- Abbildung 89 Kalziumsilikat-Platte (PUR)
(Quelle | <https://www.effizienzhaus-online.de>)
- Abbildung 90 Vakuumdämmung
(Quelle | <https://www.effizienzhaus-online.de>)

Tabellen- verzeichnis

Tabelle 01	Höchstwerte des spezifischen Transmissionswärmeverlusts H_T (eigene Darstellung)
Tabelle 02	Ausführung des Referenzgebäudes für Wohngebäude nach EnEV ₂₀₁₄ (eigene Darstellung)
Tabelle 03	Fussbodenkonstruktion Variante 01-03 (eigene Darstellung)
Tabelle 04	Außenwandkonstruktion EG Variante 01 und 02 (eigene Darstellung)
Tabelle 05	Außenwandkonstruktion EG Variante 03 (eigene Darstellung)
Tabelle 06	Außenwandkonstruktion OG Variante 01 und 02 (eigene Darstellung)
Tabelle 07	Außenwandkonstruktion OG Variante 03 (eigene Darstellung)
Tabelle 08	Außenwandkonstruktion EG Variante 01-03 (eigene Darstellung)
Tabelle 09	Deckenkonstruktion Variante 01 und 02 (eigene Darstellung)
Tabelle 10	Deckenkonstruktion Variante 03 (eigene Darstellung)
Tabelle 11	Dachkonstruktion Variante 01-03 (eigene Darstellung)
Tabelle 12	Flächenberechnung nach DIN 277-1 (eigene Darstellung)
Tabelle 13	Materialanteile in [%] Variante 01 konventionelle Bauweise (eigene Darstellung)
Tabelle 14	Materialanteile in [%] Variante 02 konventionelle Bauweise mit ökologischen Dämmstoffen (eigene Darstellung)
Tabelle 15	Materialanteile in [%] Variante 03 ökologische Bauweise (eigene Darstellung)
Tabelle 16	Nachwachsende Rohstoffe & deren Anteile in [%] Variante 01 konventionelle Bauweise (eigene Darstellung)
Tabelle 17	Nachwachsende & Nicht Nachwachsende Rohstoffe in [%]

	Variante 01 konventionelle Bauweise (eigene Darstellung)
Tabelle 18	Nachwachsende Rohstoffe & deren Anteile in [%] Variante 02 konventionelle Bauweise mit ökologischen Dämmstoffen (eigene Darstellung)
Tabelle 19	Nachwachsende & Nicht Nachwachsende Rohstoffe in [%] Variante 02 konventionelle Bauweise mit ökologischen Dämmstoffen (eigene Darstellung)
Tabelle 20	Nachwachsende Rohstoffe & deren Anteile in [%] Variante 03 ökologische Bauweise (eigene Darstellung)
Tabelle 21	Nachwachsende & Nicht Nachwachsende Rohstoffe in [%] Variante 03 ökologische Bauweise (eigene Darstellung)
Tabelle 22	Gesamter Primärenergiebedarf in [MJ] Variante 01-03 (eigene Darstellung)
Tabelle 23	Primärenergiebedarf in [MJ] erneuerbare & nicht erneuerbare PE Variante 01 (eigene Darstellung)
Tabelle 24	Primärenergiebedarf in [MJ] erneuerbare & nicht erneuerbare PE Variante 02 (eigene Darstellung)
Tabelle 25	Primärenergiebedarf in [MJ] erneuerbare & nicht erneuerbare PE Variante 03 (eigene Darstellung)
Tabelle 26	Treibhauspotential in [kg CO ₂ -Äq] Variante 01-03 (eigene Darstellung)
Tabelle 27	Versauerungspotential in [kg SO ₂ -Äq] Variante 01-03 (eigene Darstellung)
Tabelle 28	Lebenszykluskosten netto in [%] Variante 01-03 (eigene Darstellung)
Tabelle 29	Lebenszykluskosten netto in [€] Variante 01-03 (eigene Darstellung)
Tabelle 30	Zusammenstellung der Außen- und Fensterflächen wärmeübertragende Umfassungswärme A

	(eigene Darstellung)
Tabelle 31	Wichtigkeit verschiedener Kriterien beim nachhaltigen Hausbau 2018 (Quelle DFH Trendbarometer Nachhaltigkeit 2018)
Tabelle 32	Flachs Eigenschaften (Quelle https://www.effizienzhaus-online.de ; TU Wien, Vorlesung Hochbau 2 „Hülle 1 - Grundlagen der Gebäudehülle + Wärmedämmung“, Vortragender: San-Hwan Lu)
Tabelle 33	Hanf Eigenschaften (Quelle https://www.effizienzhaus-online.de ; TU Wien (...))
Tabelle 34	Kork Eigenschaften (Quelle https://www.effizienzhaus-online.de ; TU Wien (...))
Tabelle 35	Schafwolle Eigenschaften (Quelle https://www.effizienzhaus-online.de ; TU Wien (...))
Tabelle 36	Stroh Eigenschaften (Quelle https://www.effizienzhaus-online.de ; TU Wien (...))
Tabelle 37	Kokosfasern Eigenschaften (Quelle https://www.effizienzhaus-online.de ; TU Wien (...))
Tabelle 38	Holzfasern Eigenschaften (Quelle https://www.effizienzhaus-online.de ; TU Wien (...))
Tabelle 39	Holzwohle-Leichtbauplatten Eigenschaften (Quelle https://www.effizienzhaus-online.de ; TU Wien (...))
Tabelle 40	Mineralwolle Eigenschaften (Quelle https://www.effizienzhaus-online.de ; TU Wien (...))
Tabelle 41	Schaumglas Eigenschaften (Quelle https://www.effizienzhaus-online.de ; TU Wien (...))
Tabelle 42	Schaumglasschotter Eigenschaften (Quelle https://www.effizienzhaus-online.de ; TU Wien (...))
Tabelle 43	Perlite Eigenschaften (Quelle https://www.effizienzhaus-online.de ; TU Wien (...))
Tabelle 44	Expandiertes Polystyrol (EPS) Eigenschaften (Quelle https://www.effizienzhaus-online.de ; TU Wien (...))
Tabelle 45	Extrudiertes Polystyrol (XPS) Eigenschaften (Quelle https://www.effizienzhaus-online.de ; TU Wien (...))
Tabelle 46	Polyurethan-Hartschaum (PUR) Eigenschaften (Quelle https://www.effizienzhaus-online.de ; TU Wien (...))

Tabelle 47	Kalziumsilikat-Platte (PUR) Eigenschaften (Quelle https://www.effizienzhaus-online.de ; TU Wien (...))
Tabelle 48	Vakuumdämmung Eigenschaften (Quelle https://www.effizienzhaus-online.de ; TU Wien (...))
Tabelle 49	Wärmedämmziegel Eigenschaften (Quelle https://www.effizienzhaus-online.de ; TU Wien (...))

Adam, Hubertus/Mayer, Hannes (2012): Bauherr. in: archithese Heft 02/2012, Sulgen, S. 4.

Literatur

Baden-Württembergischen Handwerkstag e.V. (2014): Handbuch Gebäudenergieberatung, Geislingen/Steige.

Barbey, Kristin (2012): Metropolregion im Klimawandel. Räumliche Strategien, Klimaschutz und Klimanpassung, Karlsruhe.

Brandt, Edmund (Hg.) (2018): Materialien zur Energiewende. Zusammengestellt und eingeleitet von Edmund Brandt, Berlin.

DIN Deutsches Institut für Normung e.V. (2009): DIN EN ISO 14040. Umweltmanagement - Ökobilanz - Grundsätze und Rahmenbedingungen (ISO 14040:2006). Deutsche und Englische Fassung EN ISO 14040:2006, Berlin.

DIN Deutsches Institut für Normung e.V. (2018): DIN EN ISO 14044. Umweltmanagement - Ökobilanz - Anforderungen und Anleitungen (ISO 14044_2006 + And 1:2017). Deutsche Fassung EN ISO 14044:2006 + A1:2018, Berlin.

Dunkelberg, Elisa (2009): Umweltbewertung von Biokraft-Systemen: eine kritische Analyse von Annahmen und Systemgrenzen, in: Feifel, Silke/Walk, Wolfgang/Wurstthorn, Sybille/Schebek, Liselotte (Hg.): Ökobilanzierung 2009. Ansätze und Weiterentwicklungen zur Operationalisierung von Nachhaltigkeit, Karlsruhe, S. 239-244.

Ebert, Thilo/EBig, Natalie/Hauser, Gerd (2010): Zertifizierungssysteme für Gebäude. Nachhaltigkeit bewerten. Internationaler Systemvergleich. Zertifizierung und Ökonomie, München.

Ekkerlein, Christian (2004): Ökologische Bilanzierung von Gebäuden in frühen Planungsphasen auf Basis der Produktmodellierung, München.

El khouli, Sebastian/John, Viola/Zeumer, Martin (2014): Nachhaltig konstruieren. Vom Tragwerksentwurf bis zur Materialwahl: Gebäude ökologisch bilanzieren und optimieren, München.

EU-Gebäuderichtlinie (2010): Richtlinie 2010/31/EU des Europäischen Parlaments und des Rates vom 19. Mai 2010 über die Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden.

Eyerer, Peter/Reinhardt, Hans-Wolf (2000): Ökologische Bilanzierung von Baustoffen und Gebäuden. Wege zu einer ganzheitlichen Bilanzierung, Basel/Boston/Berlin.

Flaskühler, Christina Agnetha (2018): Föderale Klimaschutzgesetzgebung in Deutschland im Lichte des wohlbeordneten Rechts, Baden-Baden.

Furrer, Benno (1993): Agrikultur - Baukultur, in: Emmenegger, Barbara/Gurtner, Kuno/Reller, Armin (Hg.): Baukultur - Wohnkultur - Ökologie, Zürich/Stuttgart, S. 73-84.

Goehermann, Josef (2016): Expedition Energiewende, Wiesbaden.

Hegger, Manfred (2011): Nachhaltiges Bauen - Ein Ausblick, in: Bauer, Michael/Hausladen, Gerhard/Hegger, Manfred et al.: Nachhaltiges Bauen. Zukunftsfähige Konzepte für Planer und Entscheider, Berlin/Wien/Zürich, S. 213-225.

Heimann, Thorsten (2017): Klimakulturen und Raum. Umgangsweisen mit Klimawandel an europäischen Küsten, Wiesbaden.

Hiesgen, Johannes (1999): Vorwort, in: Schmidt-Bleek, Friedrich/Käo, Tönis/Huncke, Wolfram (Hg.): Das Wuppertal Haus. Bauen und Wohnen nach dem Mips-Konzept, Basel/Boston/Berlin.

Iltzenplitz, Anja (2012): Klimaschutz als nationales und internationales Politikfeld. Zwischenstaatliche Kooperation und nationalstaatliche Implementierung, Lohmar.

Kleemaier-Wetl, Rosalinde (2015): Baukulturelles Erbe versus Klimaschutz und Modernität, Zürich.

Kloibhofer, Teresa (2016): Ökologische Bilanzierung. Vergleich der Materialien Holz, Stahl und Stahlbeton anhand eines funktionalen Gebäudes unter den Kriterien der Ressourceneffizienz, Wien.

Klöpper, Walter/Grahl, Birgit (2009): Ökobilanz (LCA). Ein Leitfaden für Ausbildung und Beruf, Weinheim.

König, Holger/Kohler, Niklaus/Kreibitz, Johannes/Lützkendorf, Thomas (2009): Lebenszyklusanalyse in der Gebäudeplanung, Regensburg.

Kurze, Kristina (2018): Die Etablierung der Energiepolitik für Europa: Policy-Making in der EU aus konstruktivistisch-diskursiver Perspektive, Wiesbaden.

Naumer, Wolfgang (2008): Energiesparend bauen und modernisieren, München.

Neimke, Gabriele/Erlenbeck, Marco (2008): Ökologisch wohnen, bauen und sanieren. Für Eigentümer und Mieter, Hannover.

Neitzel, Michael (2017): Baukosten und Energieeffizienz. Nachweis des Einflusses von Energieeffizienzstandards auf die Höhe von Baukosten, Bochum.

Netz, Helmut (2016): Weltklimavertrag. Ist der Schwung entlahmt?, in: UmweltBriefe Heft 06/2016, Regensburg, S.13.

Oberthür, Sebastian/Ott, Hermann (2000): Das Kyoto-Protokoll. Internationale Klimapolitik für das 21. Jh., Opladen.

Oehler, Stefan (2018): Emissionsfreie Gebäude. Das Konzept der „Ganzheitlichen Sanierung“ für die Gebäude der Zukunft, Wiesbaden.

Passivhaus Austria (2015): Passivhaus...weniger als 1,5 l/m² Heizenergie im Jahr! in: Aktiv

für mehr Behaglichkeit: Das Passivhaus. Innsbruck.

Pech, Anton/Gangoly, Hans/Holzer, Peter/Maydl, Peter (2018): Ziegel im Hochbau. Theorie und Praxis, Basel.

Pehnt, Martin (2010): Energieeffizienz, Berlin/Heidelberg.

Pelzeter, Andrea (2017): Lebenszyklus-Management von Immobilien. Ressourcen- und Umweltschonung in Gebäudekonzeption und -betrieb, Berlin/Wien/Zürich.

Peseke, Birgit/Roscheck, Annekathrin (2010): Der Weg in die Zukunft - Energetische Stadtplanung, Berlin.

Ponnewitz, Judith/Kienzler, Tobias (2016): Marktfähigkeit von Mikroapartments. Ein Leitfaden für eine Projektentwicklung, Lohmar.

Rambow, Riklef (2008): Kommunikation als kreativer Prozess: Im Dialog mit dem Kunden, in: Jäger, Frank Peter (Hg.): Der neue Architekt - erfolgreich am veränderten Markt: Akquisition, Management, Marketing, München, S. 110-117.

Reinprecht, Christoph (2014): Gesellschaft. Zwischen Idealisierung und Desillusionierung, in: Schürer, Oliver/Gollner, Helmut (Hg.): Berufsfeld Architektur 2.0. Lebenswelten, Wissen und Vernetzung, Wien/Berlin, S. 57.

Reisinger, Julia (2016): Ökobilanzierung Passivhaus-Wohnanlage Lodenareal, Wien.

Schulz-Eickhorst, Antje (2002): Die Bauherren-Architekten-Beziehung. Eine institutionenökonomische Problemanalyse mit Lösungsansätzen, Köln.

Schürer, Oliver (2008): Architekturdiskurs. Berufsfeld Architektur; Bestandsaufnahme und Zeitdiagnose, in: Schürer, Oliver/Gollner, Helmut (Hg.): Berufsfeld Architektur 1.0. Bestandsaufnahme und Zeitdiagnose, Wien/Münster, S. 33-40.

Schwarz, Jutta (1993): Ökologie in der Baupraxis - Wege vom Wissen zum Handeln, in: Emmenegger, Barbara/Gurtner, Kuno/Reller, Armin (Hg.): Baukultur - Wohnkultur - Ökologie,

Zürich/Stuttgart, S. 168.

Simonis, Georg (Hg.) (2017): Das Weltklima als Gegenstand eines politikwissenschaftlichen Handbuchs, in: Simonis, Georg (Hg.): Handbuch Globale Klimapolitik, Paderborn, S. 21-33.

Sobek, Werner (2011): Nachhaltiges Bauen - Grundlagen und Perspektiven, in: Bauer, Michael/Hausladen, Gerhard/Hegger, Manfred et al.: Nachhaltiges Bauen. Zukunftsfähige Konzepte für Planer und Entscheider, Berlin/Wien/Zürich, S. 1-10.

Shore, Annika (2014): Strategien in der Energie- und Klimapolitik. Bedingungen strategischer Steuerung der Energiewende in Deutschland und Großbritannien, Wiesbaden.

Tomm, Arwed (2000): Ökologisch planen und bauen. Das Handbuch für Architekten, Ingenieure, Bauherren, Studenten, Baufirmen, Behörden, Stadtplaner, Politiker, Braunschweig/Wiesbaden.

Wallbaum, Holger/Kytzia (2011): Nachhaltig Bauen. Lebenszyklus, Systeme, Szenarien, Verantwortung, Zürich.

Wenzel, Eike/Kirig, Anja/Rauch, Christian (2009): Greenomics. Wie der grüne Lifestyle Märkte und Konsumenten verändert, München.

Zibell, Barbara (1993): Zum Stellenwert von Ökologie und Weiblichkeit in der Stadtplanung, in: Emmenegger, Barbara/Gurtner, Kuno/Reller, Armin (Hg.): Baukultur - Wohnkultur - Ökologie, Zürich/Stuttgart, S. 101-118.

bauforderer.de - Informationsportal für Bauherren & Baufinanzierung (2018): Eigentumsfinanzierung BW - Z 15-Darlehen. <<https://www.bauforderer.de/finanzieren-foerdermittel/foerdermittelsuche/eigentumsfinanzierung-bw-z-15-darlehen>> aufgerufen am 13.12.2018

Internet-
quellen

bauforderer.de - Informationsportal für Bauherren & Baufinanzierung (2018): Fördermittelsuche. <<https://www.bauforderer.de/finanzieren-foerdermittel/foerdermittelsuche>> aufgerufen am 11.12.2018

bauforderer.de - Informationsportal für Bauherren & Baufinanzierung (2018): KfW-Wohneigentumsprogramm. <<https://www.bauforderer.de/finanzieren-foerdermittel/foerdermittelsuche/kfw-wohneigentumsprogramm-124>> aufgerufen am 11.12.2018

bauforderer.de - Informationsportal für Bauherren & Baufinanzierung (2018): Wohnen mit Kind. <<https://www.bauforderer.de/finanzieren-foerdermittel/foerdermittelsuche/wohnen-mit-kind>> aufgerufen am 13.12.2018

bauforderer.de - Informationsportal für Bauherren & Baufinanzierung (2018): Wohnen mit Zukunft: Erneuerbare Energien. <<https://www.bauforderer.de/finanzieren-foerdermittel/foerdermittelsuche/wohnen-mit-zukunft-erneuerbare-energien>> aufgerufen am 13.12.2018

Baunetz_Wissen (2018): Die EU-Gebäuderichtlinie. <<https://www.baunetzwissen.de/nachhaltig-bauen/fachwissen/regelwerke/die-eu-gebaeuderichtlinie-675080>> aufgerufen am 03.11.2018

Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle (2019): Stromvergütung für KWK-Anlagen. <http://www.bafa.de/DE/Energie/Energieeffizienz/Kraft_Waerme_Kopplung/Stromverguetung/stromverguetung_node.html> aufgerufen am 13.12.2018

Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (2013): Energieeinsparungsgesetz (EnEG). <https://www.bbsr-energieeinsparung.de/EnEVPortal/DE/Regelungen/EnEG/eneg_node.html> aufgerufen am 05.11.2018

Baunetz_Wissen (2018): Nullenergiehaus. <<https://www.baunetzwissen.de/glossar/n/nullenergiehaus-678684>> aufgerufen am 05.11.2018

Baunetz_Wissen (2018): Plusenergiehaus. <<https://www.baunetzwissen.de/glossar/p/plusenergiehaus-812834>> aufgerufen am 21.11.2018

Bundesministerium der Justiz und für Verbraucherschutz: Gesetz zur Förderung Erneuerbarer Energien im Wärmebereich (Erneuerbare-Energien-Wärmegesetz - EEWärmeG). <https://www.gesetze-im-internet.de/eew_rmeg/BJNR165800008.html> aufgerufen am 04.11.2018

Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit (2015): Bündnis bezahlbares Wohnen und Bauen. <<https://www.bmu.de/buendnis-wohnen/#c590>> aufgerufen am 02.11.2018

Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit (2015): Deutschland ratifiziert zweite Verpflichtungsperiode des Kyoto-Protokolls. <<https://www.bmu.de/pressemitteilung/deutschland-ratifiziert-zweite-verpflichtungsperiode-des-kyoto-protokolls/>> aufgerufen am 02.11.2018

Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit (2015): Memorandum zum Bündnis für bezahlbares Wohnen und Bauen. <https://www.bmu.de/fileadmin/Daten_BMU/Download_PDF/Wohnungswirtschaft/buendnisforum_memorandum_unterzeichnet.pdf> aufgerufen am 02.11.2018

Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit (2015): Wegweiser in ein klimaneutrales Deutschland. Der Klimaschutzplan 2050 - Die deutsche Klimaschutzlangfriststrategie. <<https://www.bmu.de/themen/klima-energie/klimaschutz/nationale-klimapolitik/klimaschutzplan-2050/>> aufgerufen am 02.11.2018

Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit (2015): Übereinkommen von Paris vom 12.12.2015. <https://www.bmu.de/fileadmin/Daten_BMU/Download_PDF/Klimaschutz/paris_abkommen_bf.pdf> aufgerufen am 02.11.2018

Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit (2016): Energieeinsparverordnung (EnEV). <<https://www.bmub.bund.de/themen/bauen/energieeffizientes-bauen-und-sanieren/energieeinsparverordnung/>> aufgerufen am 05.11.2018

Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit (2016): Klimaschutzplan 2050. Klimaschutzpolitische Grundsätze und Ziele der Bundesregierung. <https://www.bmu.de/fileadmin/Daten_BMU/Download_PDF/Klimaschutz/klimaschutzplan_2050_bf.pdf> aufgerufen am 02.11.2018

Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (2018): CO2-Gebäudesanierungsprogramm weiterentwickeln und aufstocken (KfW-Förderprogramme energieeffizient Bauen und

Sanieren). <<https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Artikel/Energie/NAPE/nape-neuerungen-im-ueberblick-01-03.html>> aufgerufen am 11.12.2018

Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (2018): Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG). <<http://www.foerderdatenbank.de/Foerder-DB/Navigation/Foerderrecherche/suche.html?get=33bb1f717f9d8300148659fb15b8e690;views;document&doc=7955>> aufgerufen am 05.11.2018

Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (2018): Erneuerbare-Energien-WärmeGesetz. <https://www.erneuerbare-energien.de/EE/Navigation/DE/Recht-Politik/Das_EEWaermeg/das_eewaermeg.html> aufgerufen am 03.11.2018

Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (2018): Altmaier: Gesetzespaket „Saubere Energie für alle Europäer“ stellt Weichen für die europäische Energiewende bis 2030. <<https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Pressemitteilungen/2018/20181204-altmaier-gesetzespaket-saubere-energie-fuer-alle-europaeer-stellt-weichen-fuer-die-europaeische-energiewende-bis-2030.html>> aufgerufen am 02.11.2018

Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (2018): Häufig gestellte Fragen zum Marktanreizprogramm (MAP). <<https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/FAQ/Marktanreizprogramm-MAP/faq-marktanreizprogramm-map.html>> aufgerufen am 14.12.2018

Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (2018): Kraft-Wärme-Kopplungsgesetz (KWKG). <<http://www.foerderdatenbank.de/Foerder-DB/Navigation/Foerderrecherche/suche.html?get=views;document&doc=7954>> aufgerufen am 14.12.2018

Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (2018): Wärme aus Erneuerbaren: das Marktanreizprogramm (MAP) für Privatpersonen, Unternehmen und Kommunen. <<https://www.erneuerbare-energien.de/EE/Navigation/DE/Foerderung/Marktanreizprogramm/marktanreizprogramm.html>> aufgerufen am 13.12.2018

Chalmers, Patrick (2014): Klima: Everyone`s Business. Folgen für die Baubranche. Kernergebnisse aus dem Fünften Sachstandsbericht des IPCC. <<https://www.klimafakten.de/sites/default/files/images/reports/printversion/branchenberichtbausektor.pdf>> aufgerufen

am 06.11.2018

C.A.R.M.E.N. e. V. (2018): Gebäudestandards. <<https://www.carmen-ev.de/sonne-wind-co/effizienz-und-energieeinsparung/bauen-und-sanieren/2100-gebäudestandards-2>> aufgerufen am 22.11.2018

co2online (2018): Förderprogramm: KfW - Energieeffizient Bauen und Sanieren - Zuschuss Brennstoffzelle. <<https://www.co2online.de/foerdermittel/details/55567660/>> aufgerufen am 11.12.2018

Deutsche Energie-Agentur (2018): Bedeutung der Gebäude für die Energiewende erkennen. <<https://www.dena.de/themen-projekte/energieeffizienz/gebäude/energiepolitik-gebäude/>> aufgerufen am 20.11.2018

Deutsche Energie-Agentur (2018): Das Energieeinsparungsgesetz (EnEG). <<https://www.zukunft-haus.info/gesetze-studien-verordnungen/gesetze-verordnungen/eneg.html>> aufgerufen am 05.11.2018

Deutsche Energie-Agentur (2018): Effizienzhaus - Energieeffizienz und gute Architektur. <<https://www.dena.de/de/themen-projekte/projekte/gebäude/effizienzhaus-energieeffizienz-und-gute-architektur/>> aufgerufen am 21.11.2018

DFH Deutsche Fertighaus Holding AG (2018): Nachhaltiges Bauen gilt als zukunftsorientierter Standard. Trendbarometer. <<http://mb.cision.com/Main/9230/2615089/906950.pdf>> aufgerufen am 02.12.2018

Die Bundesregierung (Hg.) (2008): Fortschrittsbericht 2008 zur nationalen Nachhaltigkeitsstrategie. Für ein nachhaltiges Deutschland. <<https://www.nachhaltigkeit.info/media/1244547643phptC11XH.pdf?sid=b00sd3d7fr7q1jsjmu6453u80>> aufgerufen am 07.11.2018

DV Deutscher Verband für Wohnungswesen, Städtebau und Raumordnung e.V. (2018)/ Huttenloher, Christian: Klimaschutzplan 2050 erhöht CO₂-Einsparziele für Gebäude. <<http://www.deutscher-verband.org/publikationen/stichworte/stichworte-2016/klimaschutzplan-2050.html>> aufgerufen am 03.11.2018

ECONSULT (2011): Energiestandards - KfW-Effizienzhaus, Passivhaus und Gebäude mit hohen solaren Deckungsanteil im Vergleich. <<https://www.sonnenhaus-institut.de/wp-content/uploads/1a-Anhang-1-zur-Studie.pdf>> aufgerufen am 11.11.2018

Energieeinsparverordnung - EnEV (2015): Tabelle 1 Ausführung des Referenzgebäudes, Zeile 1.0. <https://www.bbsr-energieeinsparung.de/EnEVPortal/DE/EnEV/EnEV2013/Download/Lesefassung_EnEV2013.pdf?__blob=publicationFile&v=2> aufgerufen am 05.11.2018

EnergieinstitutVorarlberg (2018): Was ist ein Passivhaus. <<https://www.energieinstitut.at/unternehmen/bauen-und-sanieren-fuer-profis/gebaeude-energiekonzepte/das-passivhaus/was-ist-ein-passivhaus/>> aufgerufen am 23.11.2018

EnergieinstitutVorarlberg (2018): Was ist ein Sonnenhaus. <<https://www.energieinstitut.at/unternehmen/bauen-und-sanieren-fuer-profis/gebaeude-energiekonzepte/das-sonnenhaus/was-ist-ein-sonnenhaus/>> aufgerufen am 23.11.2018

Europäische Kommission (2018): Saubere Energie für alle Europäer. Wachstumspotential Europas erschliessen. <http://europa.eu/rapid/press-release_IP-16-4009_de.htm> aufgerufen am 04.11.2018

Europäische Kommission (2018): CO2-arme Wirtschaft bis 2050. <https://ec.europa.eu/clima/policies/strategies/2050_de> aufgerufen am 04.11.2018

Europäische Union (2018): Klimapolitik. <https://europa.eu/european-union/topics/climate-action_de> aufgerufen am 03.11.2018

Fellner, Maria (2017): Passivhaus Classic, Plus und Premium. <<https://www.ibo.at/wissensverbreitung/ibomagazin-online/ibo-magazin-artikel/data/passivhaus-classic-plus-und-premium/>> aufgerufen am 24.11.2018

foerderdata (2018): Fördermittel finden. <<https://www.foerderdata.de/foerdermittel-finden-mit-foerderdata-so-geht-es>> aufgerufen am 11.12.2018

Grimm, Roland (2015): Was ist das "Drei-Liter-Haus"? <<https://www.baustoffwissen.de/baustoffe/baustoffknowhow/hau...gibau/energiesparhaeuser/drei-liter-haus-niedrigenergie-konzept/>> aufgerufen am 11.11.2018

Grimm, Roland (2018): Was ist ein KfW-Effizienzhaus? <<https://www.baustoffwissen.de/baustoffe/baustoffknowhow/ha...rgiesparhaeuser/kfw-effizienzhaus-energieeinsparverordnung-enev/>> aufgerufen am 11.11.2018

HAUS2050 - Plattform für innovatives & nachhaltiges Bauen: Weltneuheit Aktivhaus® B 10. <<http://www.haus-2050.de/index.php?id=56>> aufgerufen am 23.11.2018

Heimann, Stefan (2017): Fördermittel im Bereich der energetischen Sanierung. Ab in den Dschungel. in: db-Metamorphose 06/2017. <<https://www.db-bauzeitung.de/db-metamorphose/foerdermittel-energetisch-sanieren/#slider-intro-2>> aufgerufen am 12.12.2018

IBO - Ökologisch Bauen Gesund Wohnen (2018): Oekoindex OI3. <<https://www.ibo.at/materialoekologie/lebenszyklusanalysen/oekoindex-oi3/>> aufgerufen am 02.01.2019

Keller, Helmut (2018): Energieeinsparverordnung. <<https://wirtschaftslexikon.gabler.de/definition/energieeinsparverordnung-52971>> aufgerufen am 05.11.2018

kindergeld.org (2018): Baukindergeld - Eigenheim Förderung für Familien mit Kind. <<https://www.kindergeld.org/baukindergeld.html>> aufgerufen am 07.01.2019

Klimaretter (2018): Deutschland ratifiziert Kyoto II. <<http://www.klimaretter.info/politik/nachricht/23941-deutschland-ratifiziert-kyoto-ii>> aufgerufen am 02.11.2018

Klimaschutz- und Energieagentur Baden-Württemberg GmbH (2018): Regionale Energieagenturen in Baden-Württemberg. <<http://www.kea-bw.de/service/energieagenturen/regionale-agenturen/>> aufgerufen am 23.11.2018

Kreditanstalt für Wiederaufbau (2018): Energieeffizient Bauen und Sanieren - Zuschuss Baubegleitung. <[https://www.kfw.de/inlandsfoerderung/Privatpersonen/Neubau/Foerderprodukte/Energieeffizient-Bauen-und-Sanieren-Baubegleitung-\(431\)/](https://www.kfw.de/inlandsfoerderung/Privatpersonen/Neubau/Foerderprodukte/Energieeffizient-Bauen-und-Sanieren-Baubegleitung-(431)/)> aufgerufen am

11.12.2018

Kreditanstalt für Wiederaufbau (2018): Erneuerbare Energien - Standard. <[https://www.kfw.de/inlandsfoerderung/Privatpersonen/Neubau/Foerderprodukte/Erneuerbare-Energien-\(270\)/](https://www.kfw.de/inlandsfoerderung/Privatpersonen/Neubau/Foerderprodukte/Erneuerbare-Energien-(270)/)> aufgerufen am 11.12.2018

Kreditanstalt für Wiederaufbau (2018): KfW-Wohneigentumsprogramm. <[https://www.kfw.de/inlandsfoerderung/Privatpersonen/Neubau/Finanzierungsangebote/Wohneigentumsprogramm-\(124\)/](https://www.kfw.de/inlandsfoerderung/Privatpersonen/Neubau/Finanzierungsangebote/Wohneigentumsprogramm-(124)/)> aufgerufen am 11.12.2018

Kreditanstalt für Wiederaufbau (2018): Merkblatt Energieeffizient Bauen. <[https://www.kfw.de/PDF/Download-Center/Foerderprogramme-\(Inlandsfoerderung\)/PDF-Dokumente/6000003464_M_153_EEB_2018_04.pdf](https://www.kfw.de/PDF/Download-Center/Foerderprogramme-(Inlandsfoerderung)/PDF-Dokumente/6000003464_M_153_EEB_2018_04.pdf)> aufgerufen am 11.12.2018

Kreditanstalt für Wiederaufbau (2018): Was ist ein KfW-Effizienzhaus? <<https://www.kfw.de/inlandsfoerderung/Privatpersonen/Bestandsimmobilie/Energieeffizient-Sanieren/Das-KfW-Effizienzhaus/>> aufgerufen am 11.12.2018

König, Holger/Mandl, Wolfgang (2010): LEGEP - Software für eine integrale Gebäudeplanung in: mikado plus. <<https://lekep.de/wp-content/uploads/LEGEP-INFO-2.pdf>> aufgerufen am 09.01.2019

LEGEP® (2018): LEGEP-Ökobilanz. <<https://lekep.de/produkte/lekep-okobilanz/>> aufgerufen am 09.01.2019

Rat der Europäischen Union (2007): Schlussfolgerungen des Vorsitzes - Brüssel 8./9. März 2007. <<http://data.consilium.europa.eu/doc/document/ST-7224-2007-REV-1/de/pdf>> aufgerufen am 04.11.2018

Stadt Heilbronn (2018): Energieagentur Heilbronn. <<https://www.heilbronn.de/umwelt-mobilitaet/energie/energieagentur.html>> aufgerufen am 23.12.2018

Stadt Schwaigern am Heuchelberg (2018): Schwaigen heute. <<https://www.schwaigern.de/stadt/stadtinfo/>> aufgerufen am 17.11.2018

Statistisches Landesamt Baden-Württemberg (2018): Eckdaten zur Bevölkerung. <<https://www.statistik-bw.de/BevoelkGebiet/Bevoelkerung/99025010.tab?R=GS125086>> aufgerufen am 17.11.2018

Tuschinski, Melita (2018): Neues GebäudeEnergieGesetz GEG 2019: Was kommt wann? <http://service.enev-online.de/bestellen/EnEV_2017_Was_kommt_wann_Novelle_Energieeinsparverordnung.pdf> aufgerufen am 07.01.2019

Umweltbundesamt (2018): Fünfter Sachstandsbericht des Weltklimarats. <<https://www.umweltbundesamt.de/themen/klima-energie/klimawandel/weltklimarat/fuenfter-sachstandsbericht-des-weltklimarats#textpart-1>> aufgerufen am 03.11.2018

Umweltbundesamt (2018): Europäische Energie- und Klimaziele. <<https://www.umweltbundesamt.de/daten/klima/europaeische-energie-klimaziele>> aufgerufen am 03.11.2018

VCI Verband der chemischen Industrie (2014): Stellungnahme zum Energie- und Klimapaket 2030 der EU. <<https://www.vci.de/langfassungen-pdf/energie-und-klimapaket-2030-der-eu.pdf>> aufgerufen am 03.11.2018

Vergleich.de - Gesellschaft für Verbraucherinformationen (2018): Baukindergeld 2019: Wann, wer, wie viel - alle Antworten zur Eigenheimzulage für Familien! <<https://www.vergleich.de/baukindergeld.html#c181521>> aufgerufen am 07.01.2019

WEKA MEDIA GmbH (2018): LEGEP - Planen, Berechnen, Betreiben. <<https://www.weka-bausoftware.de/lekep>> aufgerufen am 09.01.2019

Werner Zobel Group (2018): Triple Zero®. <<https://www.wernersobek.de/firma/triple-zero/>> aufgerufen am 23.11.2018

