

# Häuser für Energie und RessourcenEffiziente Siedlungen (HEROES)

C. Sutter  
T. Hatt  
H. Figl  
V. Huemer-Kals

Berichte aus Energie- und Umweltforschung

**9/2018**

**Impressum:**

Eigentümer, Herausgeber und Medieninhaber:  
Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie  
Radetzkystraße 2, 1030 Wien

Verantwortung und Koordination:  
Abteilung für Energie- und Umwelttechnologien  
Leiter: DI Michael Paula

Liste sowie Downloadmöglichkeit aller Berichte dieser Reihe unter  
<http://www.nachhaltigwirtschaften.at>

# Häuser für Energie und RessourcenEffiziente Siedlungen

HEROES

Christoph Sutter, Tobias Hatt  
Patrick Denz, Martin Brunn  
Energieinstitut Vorarlberg

Hildegund Figl, Veronika Huemer-Kals  
Isabella Dornigg, Markus Wurm,  
Maria Fellner, Philipp Boogman, Bernhard Lipp  
IBO – Österreichisches Institut für Bauen und Ökologie GmbH

In Kooperation mit den Partnern  
A-NULL Development GmbH, baubook GmbH, EDV-Software-Service GmbH & Co KG,  
Morscher Bau- & Projektmanagement GmbH, Planungsteam E-Plus GmbH,  
SPEKTRUM Bauphysik & Bauökologie GmbH, teamgmi Ingenieurbüro GmbH

Dornbirn, Dezember 2017

Ein Projektbericht im Rahmen des Programms



im Auftrag des Bundesministeriums für Verkehr, Innovation und Technologie



# Vorwort

Der vorliegende Bericht dokumentiert die Ergebnisse eines Projekts aus dem Forschungs- und Technologieprogramm Stadt der Zukunft des Bundesministeriums für Verkehr, Innovation und Technologie (bmvit). Dieses Programm baut auf dem langjährigen Programm Haus der Zukunft auf und hat die Intention Konzepte, Technologien und Lösungen für zukünftige Städte und Stadtquartiere zu entwickeln und bei der Umsetzung zu unterstützen. Damit soll eine Entwicklung in Richtung energieeffiziente und klimaverträgliche Stadt unterstützt werden, die auch dazu beiträgt, die Lebensqualität und die wirtschaftliche Standortattraktivität zu erhöhen. Eine integrierte Planung wie auch die Berücksichtigung von allen betroffenen Bereichen wie Energieerzeugung und -verteilung, gebaute Infrastruktur, Mobilität und Kommunikation sind dabei Voraussetzung.

Um die Wirkung des Programms zu erhöhen sind die Sichtbarkeit und leichte Verfügbarkeit der innovativen Ergebnisse ein wichtiges Anliegen. Daher werden nach dem Open Access Prinzip möglichst alle Projektergebnisse des Programms in der Schriftenreihe des bmvit publiziert und elektronisch über die Plattform [www.HAUSderZukunft.at](http://www.HAUSderZukunft.at) zugänglich gemacht. In diesem Sinne wünschen wir allen Interessierten und AnwenderInnen eine interessante Lektüre.

DI Michael Paula  
Leiter der Abt. Energie- und Umwelttechnologien  
Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie

---



# Inhaltsverzeichnis

Kurzfassung .....	11
Abstract .....	14
1 Einleitung.....	17
1.1 Abkürzungen .....	17
1.2 Stand der Technik / Ökobilanz Methode .....	18
1.2.1 Einleitung .....	18
1.2.2 Betrachtete Indikatoren .....	19
1.2.3 Betrachtete Lebensphasen (Systemgrenzen).....	21
1.2.4 Bilanzgrenzen .....	22
1.3 Nutzungsdauern und Austauschraten .....	23
1.3.1 Nutzungsdauer von Gebäuden.....	23
1.3.2 Nutzungsdauern von Gebäudekomponenten .....	23
1.3.3 Modellierung der Austauschraten .....	24
1.3.4 Modellierung des GWP C-Gehalt (GWP C) .....	24
1.4 Verwendete Methoden.....	25
1.4.1 Datenquelle für Baumaterialien und Bauprozesse .....	25
1.4.2 Zeitlicher Bilanzrahmen .....	25
1.4.3 Untersuchte Gebäude („Gebäudepark“) .....	25
2 Ergebnisse .....	28
2.1 Nutzungsdauer und Betrachtungszeitraum .....	28
2.1.1 Allgemeines.....	28
2.1.2 Auswirkung auf gemeinsame Betrachtung von Betrieb und Errichtung .....	28
2.1.3 Einfluss auf die Bewertung der Gebäudeerrichtung .....	31
2.1.4 Schlussfolgerung, Empfehlung, Ausblick.....	33
2.2 Definition der Bezugsfläche .....	33
2.2.1 Allgemeines.....	33
2.2.2 Ermittlung der Bezugsfläche unter der Berücksichtigung von Nutzungsdauern .....	34
2.2.3 Ermittlung der Bezugsfläche ohne Berücksichtigung von Nutzungsdauern..	36
2.2.4 Schlussfolgerung, Empfehlung, Ausblick.....	38
2.3 Erweiterung der Bilanzgrenzen .....	39
2.3.1 Anteil verschiedener Gebäudeteile am OI .....	39

2.3.2	Anteil der OI Bilanzgrenzen mit und ohne Nutzungsdauern.....	40
2.3.3	Gebäudebewertung und Bilanzgrenzen mit und ohne Nutzungsdauern .....	42
2.3.4	Schlussfolgerung, Empfehlung, Ausblick.....	46
2.4	Analyse der Haustechniksysteme .....	46
2.4.1	Aufgabenstellung.....	46
2.4.2	Vorgangsweise.....	46
2.4.3	Relevanz der Haustechniksysteme im Einfamilienhaus .....	47
2.4.4	Relevanz der Haustechniksysteme im Mehrwohnungshaus .....	57
2.4.5	Schlussfolgerung, Empfehlung, Ausblick.....	60
2.5	Gemeinsame Betrachtung von Betrieb und Errichtung.....	61
2.5.1	Allgemein .....	61
2.5.2	Datenkonsistenz Betriebsenergie und Graue Energie .....	61
2.5.3	Definition der Bezugsfläche für die gemeinsame Betrachtung .....	67
2.5.4	Weitere Einflussfaktoren für die gemeinsame Betrachtung.....	68
2.5.5	Schlussfolgerung, Empfehlung, Ausblick.....	72
2.6	Vereinfachte Berechnungsmethoden .....	73
2.6.1	Allgemeines.....	73
2.6.2	Beispiel Berechnungsleitfaden für Innenwände .....	73
2.6.3	Abbildung und Umsetzung der entwickelten Berechnungsmethoden.....	75
2.6.4	Schlussfolgerung, Empfehlung, Ausblick.....	76
3	Verzeichnisse .....	77
3.1	Abbildungsverzeichnis .....	77
3.2	Tabellenverzeichnis .....	79
3.3	Literaturverzeichnis.....	80



# Kurzfassung

## Ausgangssituation und Motivation

In der Ökobilanz eines Gebäudes spielen zwei Phasen eine wesentliche Rolle: die Herstellung der Baumaterialien für Errichtung und Erneuerung auf der einen Seite und der Betrieb des Gebäudes auf der anderen Seite. Österreichweit werden diese beiden Lebensphasen bisher mit unterschiedlichen Methoden getrennt voneinander bewertet:

- die Betriebsenergie im Rahmen der Energieausweise (EAW)
- die Herstellungsenergie an Hand des sogenannten Oekoindex

Eine gemeinsame Betrachtung von Gebäudebetrieb und Errichtung ist bislang weder im Rahmen der Energieausweiserstellung noch im Rahmen der ökologischen Gebäudebewertung mittels Oekoindex vorgesehen.

Zudem bleibt die Bewertung der Gebäudeerrichtung in den meisten Fällen auf die thermisch relevanten Bauteile (OI Bilanzgrenze BG0 bzw. BG1) beschränkt. Im Rahmen verschiedener Gebäudebewertungssysteme (klima**aktiv**, TQB, KGA) sind zwar bereits auch heute einige thermisch nicht relevante Gebäudeteile (Tiefgaragen, Keller, etc.) zu berücksichtigen (OI BG3). Die breite Umsetzung dieser umfassenderen Gebäudebilanzierung scheitert aber an fehlenden Instrumenten, um die über den Energieausweis hinausgehenden Gebäudeteile mit möglichst geringem Aufwand erfassen und bewerten zu können. Weitere Gebäudeteile wie unconditionierte Stiegenhäuser, Laubengänge, Balkone u. Nebengebäude sowie Haustechniksysteme bleiben zudem auch in der OI Bilanzgrenze BG3 unberücksichtigt.

## Inhalte und Zielsetzungen

Im Rahmen des Projekts „HEROES – Häuser für Energie und RessOurcenEffiziente Siedlungen“ sollte eine Methode entwickelt werden, mit welcher der Gebäudebetrieb und die Gebäudeerrichtung im Wohnungsneubau einander konsistent gegenübergestellt werden können. Damit soll es insbesondere möglich sein, die „ökologische Sinnhaftigkeit“ von Maßnahmen zur Verbesserung der energetischen Gebäudequalität im Betrieb (höhere Dämmstärken, PV-Anlagen etc.) vor dem Hintergrund des damit verbundenen höheren Aufwandes für die Gebäudeerrichtung erfassen und darstellen zu können.

Zudem sollte eine vereinfachte Berechnungsmethode entwickelt werden, mit der auch bisher nicht im Rahmen der Energieausweiserstellung zu erfassende Gebäudeteile und Haustechniksysteme mit möglichst geringem Aufwand erfasst und in der ökologischen Gebäudebewertung berücksichtigt werden können. Dafür sollte ein vereinfachtes Berechnungsmodell für diese Gebäudeteile entwickelt und in den am Projekt teilnehmenden Programmen zu Berechnung von Energieausweisen und Ökokennzahlen veröffentlicht werden.

Die Inhalte stehen in folgenden Softwarelösungen zur Verfügung:

- ArchiPHYSIK 15 (<http://www.archiphysik.at/>)
- AX3000 Energieausweis (<https://www.ax3000-group.de/energieausweis/>)
- baubook ökobilanz für Gebäude ([www.baubook.info/eco2soft](http://www.baubook.info/eco2soft))

## **Methodische Vorgehensweise**

Für die gemeinsame Betrachtung von Gebäudebetrieb und Errichtung wurden die jeweiligen Berechnungs- und Bilanzierungsgrundlagen (Konversionsfaktoren, Ökobilanzmethode) analysiert und methodisch abgeglichen. Darüber hinaus wurden jene Rahmenbedingungen untersucht, die die gemeinsame Betrachtung von Betrieb und Errichtung wesentlich beeinflussen. Dabei wurden insbesondere die Berücksichtigung von Nutzungsdauern, die Definition der Bezugsfläche und die Auswahl der Bewertungsindikatoren untersucht.

Als Grundlage für die vereinfachte Berechnung von bisher nicht im Energieausweis erfassten Gebäudeteilen wurden drei Einfamilienhäuser, acht Varianten des sog. KliNaWo Projekts und fünf Mehrwohnhäuser detailliert erfasst und ausgewertet. Damit kann die Relevanz der jeweiligen Gebäudeteile dargestellt werden.

Für die so identifizierten Gebäudeteile wurden in einem ersten Schritt die Flächen- und Massebilanzen ermittelt. In einem zweiten Schritt wurden diese dann Bauteilen und Baustoffen zugeordnet. In beiden Schritten wurden ergebnisrelevante Parameter herausgearbeitet. Diese stellen die Eingabegrößen für die Berechnung der Defaultwerte dar.

Der Beitrag der haustechnischen Anlagen zur Gesamtökobilanz wurde ebenfalls, auf Basis von exemplarischen Gebäudeökobilanzen, analysiert. Parallel dazu wurden haustechnische Komponenten und Systeme systematisiert und gruppiert sowie unterschiedliche Ausführungsvarianten festgelegt. Für die relevanten Systeme wurden Richtwerte und konservative Defaultwerte abgeleitet.

## **Ergebnisse und Schlussfolgerungen**

Durch die bisher im Rahmen der OI Berechnung verwendeten, einfach zu erfassenden Bilanzgrenzen BG0 und BG1 wird im Mittel ca. 50% des ökologischen Gesamtaufwandes (ohne Haustechnik) berücksichtigt. Die Bilanzgrenze BG3 erfasst den ökologischen Aufwand im Mittel bereits zu 85%. Dennoch kann die Berücksichtigung von bisher nicht erfassten Gebäudeteilen einen entscheidenden Einfluss auf die Gesamtbewertung der Gebäude haben. Zudem scheinen gerade die bisher nicht erfassten Gebäudeteile ein erhebliches Optimierungspotential aufzuweisen. Das im Rahmen des Projektes untersuchte vereinfachte Nutzungsdauermodell führt hingegen zu keiner gravierenden Änderung in der ökologischen Gebäudebewertung.

Durch die im Projekt entwickelten vereinfachten Berechnungsmethoden und Defaultbauteile für nicht im Energieausweis zu erfassende Gebäudeteile wird die ganzheitliche Bewertung von Gebäuden wesentlich vereinfacht.

Es hat sich gezeigt, dass für eine gemeinsame Betrachtung von Betrieb und Errichtung keine relativen (flächenbezogenen), sondern absolute Werte verwendet werden sollen. Dies gilt insbesondere dann, wenn auch über den Energieausweis hinausgehende Gebäudeteile erfasst werden sollen. Sollen Gebäude unterschiedlicher Größe und Kubatur untereinander verglichen werden (z.B. im Rahmen der ökologischen Gebäudezertifizierung) scheint eine getrennte Betrachtung von Betrieb und Errichtung mit der jeweils dafür sinnvollen Bezugsfläche besser geeignet.

## **Ausblick**

Für den Wohnungsneubau liefern die im Projekt entwickelten Ergebnisse wesentliche Grundlagen und Vereinfachungen, um Gebäude hinsichtlich Errichtung und Betrieb ganzheitlich betrachten und bewerten zu können. Eine Erweiterung der Methode auf weitere Gebäudetypen (gewerblich genutzte Immobilien, Schulen, Krankenhäuser, etc.) scheint möglich und sinnvoll.

Für Wohngebäude konnte gezeigt werden, dass die beschriebene umfassende Gebäudebilanzierung die Bewertung entscheidend beeinflussen kann. Bisher im Rahmen der ökologischen Gebäudebewertung nicht berücksichtigte Gebäudeteile stellen ebenso ein erhebliches Optimierungspotential dar. Dieses Optimierungspotential sollte im Rahmen weiterer Forschungsaktivitäten noch genauer untersucht werden.

Im Rahmen des vorliegenden Projektes konnte nur das derzeit im Rahmen der OI Berechnung verwendete vereinfachte Nutzungsdauermodell untersucht werden. Inwiefern ein detailliertes Nutzungsdauerkonzept die Gebäudebewertung beeinflusst, sollte weiterführend untersucht werden. Dabei sollte der Überprüfbarkeit vor allem im Rahmen von Gebäudebewertungs- und ggf. Fördersystemen, besondere Bedeutung zugemessen werden.

# Abstract

## Starting point and Motivation

In the life cycle assessment of a building two phases are essential: the production of the building materials for construction and renovation on the one hand, the operation of the building on the other hand. Up to now these life phases of a building are assessed with two different methods in Austria:

- the operating energy within the framework of the energy performance certificate (short EAW)
- the manufacturing energy with the so called 'Oekoindex'

So far a combined assessment of operation and construction of buildings isn't intended neither in the framework of the energy performance certificate nor within the ecological building assessment via Oekoindex.

Moreover the evaluation of the building construction is mostly limited to the thermic relevant building components (namely 'OI Bilanzgrenze' BG0 or BG1). Although some of the building assessment systems (like klimaaktiv, TQB, KGA) up to now do consider the thermic non relevant building components (underground parking, basements, etc.) like with 'OI BG3', the broad implementation of a more comprehensive building assessment fails due to the missing tools to track and evaluate the building components aside the energy performance certificate with as little effort as possible. In addition other building components like unconditioned staircases, access balconies, balconies and adjoining buildings as well as building equipment systems are not taken into consideration even in the 'OI Bilanzgrenze BG3'.

## Contents and Objectives

The project „HEROES – Houses for energy and ResOurceEfficient Settlements” was set up to develop a method to oppose the building operation to the building construction consistently. This allows gathering and displaying the “ecological usefulness” of measures to improve the energetic building quality in operation (higher insulation thickness, PV systems etc.) with keeping track of the higher efforts.

Further a simplified calculation method should be developed which allows to include HVAC systems and building components which are not already assessed in the energy performance certificate into the ecological evaluation. Ideally this should be done with as little effort as possible. To reach this goal a simplified calculation model for these building components has to be developed and integrated into the programmes which are participating in the project and calculate values for the energy performance certificate and ecological parameters.

The contents will be accessible with the following software solutions:

- ‚ArchiPHYSIK 15‘ (<http://www.archiphysik.at/>)
- ‚AX3000 Energieausweis‘ (<https://www.ax3000-group.de/energieausweis/>)
- ‚baubook ökobilanz‘ for buildings ([www.baubook.info/eco2soft](http://www.baubook.info/eco2soft))

## Methods

For the mutual consideration of building operation- and construction the respective calculation and accounting basics (conversion factors, life cycle assessment (LCA) methods) were analysed and methodically equilibrated. Moreover the determining factors, which essentially influence the mutual consideration of building operation and construction, were examined. Hereby especially the consideration of the service lifetime, the definition of the reference area and the selection of the evaluation indicators were investigated.

As basis for the simplified calculation of building components, which are not yet included in the energy performance certificate, three family homes, eight types of the so called KliNaWO project and five apartment houses (multiple apartments) were recorded and assessed in detail. As a result the relevance of the respective building components can be expressed.

The first step was to calculate a surface and a mass balance of the identified building components. In a second step these were assigned to the building components and the building materials. During both steps parameters, which were relevant for the results, were outlined. These served as guidelines for the calculation of default values.

The share of building service facilities to the overall life cycle assessment were also analysed on the basis of exemplary building LCA. Simultaneously the building service components/systems were systemized and grouped and different variants were established. For the relevant systems guide values and conservative default values were derived.

## Results

The OI calculations using the system borders BG0 and BG1 for simplified measurement takes 50 % on average of the ecological total expenditures (building services excluded) into account. The balance limit BG3 already takes on 85 % on average of the ecological expenditures. Nevertheless the consideration of building components, which were not assessed up to now, can have a crucial influence on the overall evaluation of buildings. In addition especially the building components which are not yet assessed show room for improvement. In contrast the simplified service-lifetime-model doesn't lead to serious change in the ecological building assessment.

The simplified calculation methods and default-building components, for not yet in the energy performance certificate assessed building components, which were developed within the project, allow a significant simplification of the overall assessment of buildings.

The project points out that the mutual consideration of building operation and construction should be done with absolute values instead of using relative (site-related) values. This is

especially true if also building components should be included which are not included in the energy performance certificate. Whereas if buildings with different size and cubing want to be compared (for example within the ecological building certification) a separated examination of operation and construction, with the respective surfaces, seems more suitable.

## **Prospects and Suggestions for future research**

For new housing construction the developed results of the project provide a useful basis and simplification to assess and analyse buildings in their entirety. An expansion of the method to other building types (industrially used, schools, hospitals, etc.) is possible and recommended.

For residential buildings it could be shown that the described broad building accounting can influence the assessment results decisively. The more the not yet incorporated building components do have a considerable potential for optimization. This potential should be further investigated by continuing research activities.

In the at hand project only the current simplified service lifetime model of the OI calculations have been investigated. To what extend a detailed service lifetime concept would influence the building assessment should be further analysed. In doing so especially the verifiability of the building assessment- and support systems should be of importance.

# 1 Einleitung

## 1.1 Abkürzungen

A1-A3	Herstellungsphase
AP	Versauerungspotenzial von Boden und Wasser
B4	Ersatz von Baumaterialien
BG	Bilanzgrenze
BGF	Bruttogrundfläche
BTV	Bautechnikverordnung
BZF	Bezugsfläche
BZF <sub>OI, BG3</sub>	Bezugsfläche des Oekoindex ab Bilanzgrenze BG3
BZF <sub>HEROES</sub>	Bezugsfläche entsprechend der Definition im Projekt HEROES
EAW	Energieausweis
EFH	Einfamilienhaus
EPD	Umweltproduktdeklaration (Environmental Product Declaration)
GWP	Global warming potential, Beitrag der Treibhausgasemissionen zur Globalen Klimaerwärmung (GWP)
GWP C	Globales Erwärmungspotenzial des in Biomasse gespeicherten Kohlenstoffs
GWP P	Globales Erwärmungspotenzial der in Prozessen emittierten Treibhausgasemissionen
GWP T	Globales Erwärmungspotenzial, total (Summe aus GWP C-Gehalt und GWP Prozess)
HT	Haustechnik
KNW	KliNaWo - Klimagerechter, Nachhaltiger Wohnbau
KGA	Kommunaler Gebäudeausweis
LCA	Ökobilanz (life cycle assessment)
MWH	Mehrwohnungshaus
OI	Oekoindex basierend auf GWP, AP und PENRT (OI3)

PE	Bedarf an Primärenergie
PEE	Bedarf an nicht erneuerbarer und erneuerbarer Primärenergie, als Energieträger (Summe aus PENRE und PERE)
PENRE	Bedarf an nicht erneuerbarer Primärenergie, als Energieträger
PENRM	Bedarf an nicht erneuerbarer Primärenergie, als Rohstoff
PENRT	Bedarf an nicht erneuerbarer Primärenergie, total (Summe aus PENRM und PENRE)
PERE	Bedarf an erneuerbarer Primärenergie, als Energieträger
PERM	Bedarf an erneuerbarer Primärenergie, als Rohstoff
PERT	Bedarf an erneuerbarer Primärenergie, total (Summe aus PERM und PERE)
PH	Passivhaus
PHPP	Passivhaus Projektierungs- Paket
PV	Photovoltaik
TQB	Total Quality Building (österreichisches Gebäudebewertungssystem)

## 1.2 Stand der Technik / Ökobilanz Methode

### 1.2.1 Einleitung

Folgende Normenwerke bilden das grundlegende Regelwerk für die Durchführung von Ökobilanzen im Baubereich und die vorliegende Studie:

- ÖNORM EN ISO 14040 Umweltmanagement – Ökobilanz – Grundsätze und Rahmenbedingungen
- ÖNORM EN ISO 14044 Umweltmanagement – Ökobilanz – Anforderungen und Anleitungen
- ÖNORM EN 15804 Nachhaltigkeit von Bauwerken – Umweltdeklarationen für Produkte – Grundregeln für die Produktkategorie Bauprodukte
- ÖNORM EN 15978 Nachhaltigkeit von Bauwerken – Bewertung der umweltbezogenen Qualität von Gebäuden – Berechnungsmethode
- ÖNORM EN 16485 Rund- und Schnittholz – Umweltproduktdeklarationen – Produktkategorieregeln für Holz und Holzwerkstoffe im Bauwesen
- CEN/TR 16970 Nachhaltiges Bauen — Leitfaden für die Anwendung von EN 15804

Das folgende Kapitel stellt die Grundlagen zu der im Projekt angewandten Ökobilanz-Methode dar. Es wurde in ähnlicher Weise (tw. wortwörtlich) bereits in mehreren Studien veröffentlicht (zuletzt in Mair Oskar und et al 2017). Die angewandten Methoden unterscheiden sich allerdings je nach Fragestellung in wesentlichen Details (z.B. betrachtete Indikatoren und Lebensphasen), weshalb die Lektüre des Kapitels dennoch empfohlen wird.

## 1.2.2 Betrachtete Indikatoren

In den österreichischen Wohnbauförderungen, dem kommunalen Gebäudeausweis (KGA) und den Gebäudebewertungssystemen klimaaktiv Bauen und Sanieren<sup>1</sup> und Total Quality Building (TQB)<sup>2</sup>, kommt der Oekoindex (OI) zur Anwendung. Derzeit befindet sich der Oekoindex in Form des OI3 in Anwendung, der aus den Indikatoren Primärenergieinhalt nicht erneuerbar (PENRT), Globales Erwärmungspotenzial (GWP) und Versäuerungspotenzial (AP) gebildet wird und die Herstellung des Gebäudes (in der erweiterten Fassung auch die Erneuerungs-/Austauschzyklen von Bauteilen) bewertet. Auf diesen wird im vorliegenden Bericht unter dem Begriff Oekoindex (OI) referenziert.

Neben diesen Indikatoren werden im Rahmen der Ökobilanzierung folgende Indikatoren betrachtet.

Tabelle 1: Indikatoren Ökobilanzierung

Abkürzung	Indikator	Einheit
PE	Bedarf an Primärenergie, aufgegliedert (siehe Beschreibung des Indikators)	MJ oder kWh
GWP	Globales Erwärmungspotential, aufgegliedert (siehe Beschreibung des Indikators)	kg CO <sub>2</sub> equ.
AP	Versäuerungspotential von Boden und Wasser	kg SO <sub>2</sub> equ.
ODP	Abbaupotenzial der stratosphärischen Ozonschicht	kg CFC-11
POCP	Bildungspotenzial für troposphärisches Ozon	kg C <sub>2</sub> H <sub>4</sub>
EP	Eutrophierungspotenzial	kg PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>

Die Analysen und die Justierung der Defaultwerte (siehe Kapitel 2.6 Vereinfachte Berechnungsmethoden) erfolgte für die Bauteile anhand des Oekoindex OI. Die Haustechnikkomponenten, für die es keinen spezifischen Oekoindex gibt, wurden anhand der Einzelindikatoren PE, GWP und AP analysiert.

Der Oekoindex und die damit bewerteten Indikatoren stellen wichtige ökologische Bewertungsgrößen dar. Für eine umfassendere Beurteilung der Umweltbelastungen, über den Lebensweg eines Gebäudes, sollten weitere Parameter und Lebensphasen hinzugezogen werden.

<sup>1</sup> <https://www.klimaaktiv.at/bauen-sanieren/gebaeuedeklaration.html>

<sup>2</sup> <https://www.oegnb.net/tqb.htm>

Die Indikatoren PE und GWP werden in weitere Indikatoren unterteilt. Diese sind im Folgenden beschrieben.

### 1.2.2.1 Primärenergie (PE)

Als Primärenergieinhalt (abgekürzt PE) wird der zur Herstellung eines Produkts oder einer Dienstleistung erforderliche Gesamtbedarf an energetischen Ressourcen bezeichnet. Die energetischen Ressourcen werden dabei in Form von Rohenergie, die noch keiner technischen Umsetzung oder Umwandlung und keinem Transport unterworfen ist, berechnet. Der PE wird in MJ angegeben und aus dem unteren Heizwert der eingesetzten energiehaltigen Ressourcen berechnet.

Im „PENR“ (primary energy, non renewable) wird der Primärenergieinhalt an nicht erneuerbaren Ressourcen (Erdöl, Kohle, etc.) angeführt.

Im „PER“ (primary energy, renewable) wird der Primärenergieinhalt an erneuerbaren Ressourcen (Biomasse) angeführt.

Zudem wird zwischen stofflich genutzten („M“) und energetisch genutzten („E“) Ressourcen unterschieden.

Des Weiteren können Summen der erneuerbaren und nicht erneuerbaren Energien gebildet werden. Tabelle 2 fasst die Indikatoren der Primärenergie zusammen.

Tabelle 2: Indikatoren der Primärenergie

Abkürzung baubook	Bezeichnung	Einheit
PENRT	Nicht erneuerbare Primärenergie, total	MJ bzw. kWh
PENRM	Nicht erneuerbare Primärenergie der stofflich genutzten Ressourcen	MJ bzw. kWh
PENRE	Nicht erneuerbare Primärenergie der energetisch genutzten Ressourcen	MJ bzw. kWh
PERT	Erneuerbare Primärenergie, total	MJ bzw. kWh
PERM	Erneuerbare Primärenergie der stofflich genutzten Ressourcen	MJ bzw. kWh
PERE	Erneuerbare Primärenergie der energetisch genutzten Ressourcen	MJ bzw. kWh

### 1.2.2.2 Beitrag der Treibhausgasemissionen zur Globalen Klimaerwärmung (GWP)

Das GWP (Global warming potential) beschreibt den Beitrag von Treibhausgasemissionen zur globalen Erwärmung. Die Beiträge der Treibhausgase werden über einen Zeithorizont von 100 Jahren und relativ zum Kohlendioxid bemessen und daher in kg-CO<sub>2</sub>-Äquivalenten angegeben.

- Der Indikator „GWP Prozess“ (bzw. GWP P) beschreibt den Beitrag der in den betrachteten Lebensphasen des Produktes auftretenden Treibhausgasemissionen zur globalen Erwärmung.
- Der Indikator „GWP C-Gehalt“ (bzw. GWP C) beschreibt die während des Wachstums von Biomasse aus der Atmosphäre aufgenommene und über die Lebensdauer des Materials gespeicherte Menge an Kohlendioxid.
- Der Indikator „GWP Summe“ (bzw. GWP T) beinhaltet sowohl den Beitrag der Treibhausgasemissionen zur globalen Erwärmung als auch die in Biomasse gespeicherten Kohlendioxidmengen.

### 1.2.3 Betrachtete Lebensphasen (Systemgrenzen)

Entsprechend der ÖNORM EN 15978 wird der Lebensweg des Gebäudes in die Herstellungsphase, Errichtungsphase, Nutzungsphase und Entsorgungsphase unterteilt, welche wiederum in weitere Teilabschnitte gegliedert werden. Außerhalb der Systemgrenze des Gebäudelebenszyklus liegt das sogenannte „Modul D“, in dem Vorteile und Belastungen durch Recycling oder Energierückgewinnung abgebildet werden können (z.B. Verbrennung von Altholz, substituiert Verbrennung von Gas).

Die mit einem „x“ markierten Phasen sind im vorliegenden Projekt berücksichtigt.

Tabelle 3: Lebenswegphasen („Module“) von Gebäuden nach ÖNORM EN 15978

Lebenswegphase	Modul-Nr.	Modul-Bezeichnung	
Herstellungsphase	A1	Rohstoffbeschaffung	
	A2	Transport	
	A3	Produktion	
	A1-A3	Summe aus A1 bis A3	x
Errichtungsphase	A4	Transport	
	A5	Errichtung / Einbau	
Nutzungsphase	B1	Nutzung	
	B2	Instandhaltung	
	B3	Instandsetzung	
	B4	Austausch	x
	B5	Modernisierung	
	B6	Energieverbrauch im Betrieb	x
	B7	Wasserverbrauch im Betrieb	
Entsorgungsphase	C1	Rückbau/Abriss	
	C2	Transport	
	C3	Abfallbehandlung	
	C4	Beseitigung	

Lebenswegphase	Modul-Nr.	Modul-Bezeichnung	
	C1-C4	Summe aus C1 bis C4	
Gutschriften und Lasten	D	Wiederverwendungs-, Rückgewinnungs-, Recyclingpotential	

Im Nutzungsstadium wird die Lebensphase B4 „Austausch“ über die Angabe von Nutzungsdauern und daraus resultierende Austauschraten für die einzelnen Bauteilschichten und Haustechnikkomponenten erfasst.

Außerdem wird der betriebliche Energieeinsatz (B6) entsprechend der EAW Berechnung bilanziert.

Baustellenprozesse (A5) wie Aushub-, Bohr- und sonstige Arbeiten am Grundstück werden im vorliegenden Projekt nicht berücksichtigt. Dadurch fehlen z.B. bei Erdsonden wesentliche ökologische Aufwände für deren Errichtung.

#### 1.2.4 Bilanzgrenzen

Basis für die Bilanzgrenzen ist der Energieausweis (EAW) gemäß OIB Richtlinie 6 (Österreichisches Institut für Bautechnik 2015b). Die ökologischen Kennzahlen von sämtlichen thermisch relevanten Bauteilen und Bauteilschichten können bereits im Zuge der Energieausweiserstellung erfasst werden. Dank der Verknüpfung der bauökologischen und bauphysikalischen Daten im baubook Richt- und Produktkennwertekatalog (baubook 2016a) ist die OI Berechnung mit geringem Mehraufwand möglich. Das gilt auch für Schichten, die zwar thermisch keine bzw. eine zu vernachlässigende Relevanz haben, die aber mit geringem Aufwand in der EAW Erstellung erfasst werden können und die bereits jetzt großteils erfasst werden (z.B. Dampfbremsen, Folien, Wind- und Abdichtungsbahnen, Kleber im Wärmedämmverbundsystem). Dies entspricht den Bilanzgrenzen BG0 bzw. BG1 des OI, welche derzeit in den österreichischen Wohnbauförderungen zur Anwendung kommen. Die genau Definition der Bilanzgrenzen ist im OI Berechnungsleitfaden beschrieben (IBO 2016b)

Neben diesen bereits im EAW erfassten Gebäudeteilen wird im vorliegenden Projekt die Bilanzgrenze auch auf nicht konditionierte und deshalb nicht im Energieausweis erfasste Bauteile und auf Haustechniksysteme erweitert. Die räumliche Bilanzgrenze stellt damit die Grundstücksgrenze dar. Die Grundstückerschließung wird nicht berücksichtigt. Das gilt auch für Bauteil- und Haustechniksysteme, die zwar innerhalb der Grundstücksgrenze liegen, aber nicht direkt einem Gebäude zugeordnet werden können (z.B. Trafostationen).

Im Bereich der Haustechnik werden die Komponenten der Wärmeerzeugung, -verteilung, Sanitärinstallationen und -einrichtungen, grundlegende elektrische Verkabelung und Verrohrung erfasst. Da im vorliegenden Projekt der Fokus auf Wohngebäude liegt, werden Kälteanlagen nicht betrachtet.

Elektrogeräte, Leuchtmittel, EDV Ausstattung, Armaturen etc. bleiben genauso unberücksichtigt wie Möbel und Einrichtungsgegenstände.

## 1.3 Nutzungsdauern und Austauschraten

### 1.3.1 Nutzungsdauer von Gebäuden

Im Einklang mit der OI Methode wird für die untersuchten Wohngebäude ein Betrachtungszeitraum von 100 Jahren festgelegt. Die Nutzungsdauer von Gebäuden wird als dem Betrachtungszeitraum entsprechend angenommen. Auf Gebäudeebene werden außerdem Varianten mit Nutzungsdauern von 30 und 50 Jahren untersucht.

### 1.3.2 Nutzungsdauern von Gebäudekomponenten

Für die Nutzungsdauern von Gebäudekomponenten stehen zwei Quellen mit Vorschlagswerten zur Verfügung. Im vorliegenden Projekt wurde das vereinfachte Nutzungsdauermodell verwendet. Auf Grund der vielen Einflussfaktoren kann eine Nutzungsdauerprognose nur am konkreten Gebäude, unter Kenntnis der konkreten Einbaubedingungen, erfolgen. Die Vorschlagswerte können (und sollen) daher durch gebäude- und produktspezifische Werte ersetzt werden.

#### 1.3.2.1 baubook-Vorschlagswerte für Nutzungsdauern von Gebäudekomponenten

Den in Österreich gängigen Gebäudebewertungssystemen wird im Rahmen der OI Berechnung ein vereinfachtes Nutzungsdauermodell zugrunde gelegt. Die Vorschlagswerte für die Nutzungsdauern sind materialunabhängig und orientieren sich an der Funktion der Bauteilschicht im Gebäude:

Tabelle 4: Nutzungsdauerkategorien

Bezeichnung	Nutzungsdauer
Primärkonstruktion – Tragkonstruktion	100 Jahre
Sekundärkonstruktion – außer: Fenster, Gebäudeabdichtung	50 Jahre
Tertiärkonstruktion – Boden- und Wandbeläge, Technische Ausstattung	25 Jahre
Boden- und Wandbeschichtungen	10 Jahre
Gebäudeabdichtung	25 Jahre
Fenster	35 Jahre

Über dieses vereinfachte Nutzungsdauer-Modell ist z.B. in baubook eco2soft – ökobilanz für gebäude (eco2soft 2017a) – eine schnelle Erfassung von Austauschzyklen der Baustoffe und Haustechnikkomponenten möglich. Für den Großteil der baubook Richt- und Produktkennwerte gibt es eine eindeutige Zuordnung zu einer dieser Nutzungsdauerkategorien. Wenn Mehrfachzuordnungen vorhanden sind ist bei der detaillierten Erfassung der Bauteile und Haustechniksysteme die jeweils richtige Kategorie zu wählen. Die Vorschlagswerte können durch gebäude- und produktspezifische Werte ersetzt werden. Weitere Informationen zur Erfassung der Nutzungsdauer sind in baubook eco2soft beschrieben (eco2soft 2017b).

### **1.3.2.2 Vorschlagswerte auf Basis eines detaillierteren Nutzungsdauermodells**

Ein detaillierteres Nutzungsdauer-Modell wurde vom IBO im Projekt „Nachhaltig Massiv – Nutzungsdauern von Baustoffen und Bauteilen“ erarbeitet (Kurzfassung publiziert in Zelger T. u.a. 2009). In dieser Arbeit wurde der Weg beschritten, auf Grund von statistischen Auswertungen, vertiefenden Analysen und übergeordneten Plausibilitätsüberlegungen, zu belastbaren maximalen Nutzungsdauern zu kommen. Der Katalog wird von der Bau EPD GmbH laufend aktualisiert und ist auf deren Website abrufbar (siehe Bau EPD GmbH 2015).

### **1.3.3 Modellierung der Austauschraten**

Aus den angenommenen Nutzungsdauern resultieren Austauschraten für die Baumaterialien. Die ÖNORM EN 15978 sieht nur ganzzahlige Austauschraten vor. Da die vorliegende Methode in Einklang mit den gängigen Normen sein soll, wird diese Vorgangsweise hier übernommen – trotz der durch die Rundung verursachten eingeschränkten Differenzierungsmöglichkeiten.

Das vereinfachte Gebäudebilanzierungsmodell sieht vor, dass Baumaterialien jedes Mal mit dem gleichen ökologischen Aufwand hergestellt werden. Das bedeutet, dass die Ökobilanz-Indikatoren für die Herstellung mit der Anzahl der Austauschraten multipliziert werden.

Zu beachten ist, dass das Ende der Nutzungsdauer einer Bauteilschicht auch den Ausbau und/oder die Zerstörung anderer Bauteilschichten bedingen kann, deren Nutzungsdauer noch lange nicht erreicht wäre.

Für Bauteilschichten, die nicht ausbaubar sind, wird die Nutzungsdauer des Gebäudes angenommen.

### **1.3.4 Modellierung des GWP C-Gehalt (GWP C)**

Ein Spezialfall stellt die Berechnung des GWP des im Material gespeicherten biogenen Kohlenstoffs (GWP C) dar:

Während des Wachstums wird vom Baum (bzw. anderen biogenen Rohstoffen) Kohlendioxid aus der Atmosphäre aufgenommen. Dieses bleibt als Kohlenstoff bis zur Oxidation des Holzes (z.B. durch Verbrennung) im jeweiligen Holzprodukt gespeichert. Diese biogenen Kohlenstoffflüsse werden entsprechend der Vorschriften in der ÖNORM EN 16485 bzw. der CEN/TR 16970 bilanziert.

Im vorliegenden Projekt wird das GWP C des Vorgängermaterials bei jedem Materialtausch ausgebucht. Das bedeutet, dass das GWP C nur einmal (für die Ersterrichtung) angerechnet wird. Für die Nutzungsphase (B4) ist das GWP C gleich Null.

## 1.4 Verwendete Methoden

### 1.4.1 Datenquelle für Baumaterialien und Bauprozesse

Für die Berechnung wurden die baubook Richtwerte (baubook 2016b) herangezogen. Für die baubook Richtwerte werden die Ökobilanzindikatoren der IBO-Richtwerte für Baumaterialien mit den bauphysikalischen Daten aus baubook (Rohdichte, Wärmeleitfähigkeit, vorwiegend entsprechend der Önorm 8110-7 Wärmeschutz im Hochbau - Teil 7: Tabellierte wärmeschutztechnische Bemessungswerte) kombiniert. Bei den Haustechnikkomponenten werden die IBO-Richtwerte direkt in die baubook Richtwerte aufgenommen.

Die IBO-Richtwerte für Baumaterialien und Haustechnikkomponenten sind stufenkumuliert über alle Prozesse von der Rohstoffgewinnung bis zum Ende der Produktionsphase bilanziert (Cradle to Gate, Module A1 bis A3 gemäß ÖNORM EN 15804). Die Basisdaten für allgemeine Prozesse wie Energieträger, Transportsysteme etc. stammen aus ecoinvent. Die Sachbilanzdaten aller Prozesse werden in die Datenbank der SimaPro 7 LCA Software eingegeben, mit den Basis-Datensätzen (generische Daten) verknüpft und hochgerechnet. Die spezifischen Rahmenbedingungen und methodischen Vorgaben der IBO-Richtwerte sind unter <http://www.ibo.at/de/oekokennzahlen.htm> einzusehen.

Die Daten werden in der Regel pro kg Baumaterialien angegeben, für einzelne Baumaterialien auch pro m<sup>2</sup>, m oder Stück. Die Umrechnung von 1 kg Baumaterial auf die funktionale Einheit 1 m<sup>2</sup> Bauelement erfolgt in der Regel entweder direkt über das Flächengewicht oder über die Multiplikation mit der Schichtdicke, der Rohdichte und (bei inhomogenen Bauteilschichten) den prozentuellen Anteilen der unterschiedlichen Baustoffe.

Die baubook Richtwerte können nach vorheriger Registrierung kostenfrei unter <https://www.baubook.at/oekoindex/> aufgerufen bzw. via xml-Schnittstelle (baubook 2016c) in Berechnungsprogramme eingelesen werden. Über die baubook Schnittstelle können auch alle in baubook deklarierten produktspezifischen Daten, welche nach den Produktkategorieregeln der Bau EPD GmbH berechnet werden, Muster- und Defaultbauteile und Bauteilkataloge von Baustoffherstellern abgerufen werden.

### 1.4.2 Zeitlicher Bilanzrahmen

Alle Prozesse – auch wenn sie in der Zukunft liegen, wie zum Beispiel Materialersatz und Entsorgungsprozesse – werden mit jetzigen Technologien (Energieversorgung, Transporte, etc.) bewertet.

### 1.4.3 Untersuchte Gebäude („Gebäudepark“)

Sowohl für die Justierung der Methode zur vereinfachten Berechnung von bisher nicht im Energieausweis erfassten Bauteilen als auch für die Aufbereitung der Ergebnisse wurde ein „Gebäudefuhrpark“ detailliert erfasst und ausgewertet. Die Projektdaten wurden von den projektbeteiligten Partnern eingebracht.

Dieser Fuhrpark umfasst folgende Gebäude und Gebäudetypen:

### Einfamilienhäuser (EFH)

Insgesamt wurden drei EFH erfasst. Die BGF der untersuchten Gebäude liegt zwischen 206 m<sup>2</sup> und 371 m<sup>2</sup>. Die charakteristische Länge ( $l_c$ ) der Gebäude liegt zwischen 1,01 m und 1,69 m. Alle EFH wurden im Passivhausstandard in Holzbauweise errichtet. Das EFH3 ist das klimaaktiv Gold zertifizierte mit Strohballen gedämmt EFH Brunn (klimaaktiv gebaut 2017).

### KliNaWo Projekt (KNW)

Im Projekt „KliNaWo - Klimagerechter, Nachhaltiger Wohnbau“ (Martin Ploss u. a. 2017) wurde ein Mehrfamilienhaus mit 19 Wohneinheiten in zwei Energieniveaus (Passivhausstandard und Vorarlberger Bautechnikverordnung 2012, entspricht OIB RL 2011) und vier Bauweisen (Ziegel monolithisch mit Mineralwolle gefüllt, Ziegel WDVS, Mischbauweise, Holzleichtbau) geplant und ausgeschrieben. Für die Errichtung ergeben sich damit acht Gebäudevarianten. Für den Betrieb wurden neben den unterschiedlichen Energieniveaus bei jeder Variante noch der Energieerzeuger, eine Solarthermie und eine Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung variiert. Somit ergeben sich insgesamt 64 Varianten für welche ein Energieausweis berechnet wurde und somit die Energiekennwerte für den Betrieb für jede Variante vorliegen. Die BGF des Gebäudes beträgt 1791<sup>3</sup> m<sup>2</sup>. Die charakteristische Länge ( $l_c$ ) liegt bei 2,50 m.

### Mehrfamilienhäuser (MWH)

Es wurden fünf MWH unterschiedlicher Kubatur und Bauweise untersucht. Die Zahl der errichteten Wohneinheiten reicht von vier Wohneinheiten mit einer BGF von 411 m<sup>2</sup> bis zu 101 Wohneinheiten mit einer BGF von 9.783 m<sup>2</sup>. Die charakteristische Länge ( $l_c$ ) der Gebäude liegt zwischen 1,37 m und 2,50 m. Das energetische Niveau reicht vom Niedrigenergiegebäuden bis hin zu im Passivstandard errichteten Gebäuden.

Tabelle 5: Übersicht der untersuchten Gebäude

<b>Bezeichnung</b>	<b>Wohneinheiten</b>	<b>BGF [m<sup>2</sup>]</b>	<b>Materialität</b>	<b>Mittlerer U-Wert [W/m<sup>2</sup>K]</b>
EFH1	1	206	Holzbau mit Mineralwolle	Nicht verfügbar
EFH2	1	210	Holzbau mit Zellulosedämmung	0,26
EFH3	1	1.791	Holzbau mit Strohballendämmung	0,16
KNW1	18	1.791	Ziegel mit Mineralwolle gefüllt	0,29
KNW2	18	1.791	Ziegel mit EPS-WDVS	0,29

---

<sup>3</sup> Flächenänderungen durch unterschiedliche Wandstärken wurden nicht berücksichtigt

<b>Bezeichnung</b>	<b>Wohneinheiten</b>	<b>BGF [m<sup>2</sup>]</b>	<b>Materialität</b>	<b>Mittlerer U- Wert [W/m<sup>2</sup>K]</b>
KNW3	18	1.791	Mischbau	0,29
KNW4	18	1.791	Holzleichtbau mit Mineralwolle	0,29
KNW1p	18	1.791	Ziegel mit Mineralwolle gefüllt	0,20
KNW2p	18	1.791	Ziegel mit WDVS EPS	0,20
KNW3p	18	1.791	Mischbau	0,20
KNW4p	18	1.791	Holzleichtbau mit Mineralwolle	0,20
MWH1	6	589	Holzbau und Stahlbeton mit Mineralwolle und Zellulose Dämmung	0,21
MWH2	5	646	Stahlbeton, Ziegel mit WDVS EPS	0,40
MWH3	4	411	Holzbau und Stahlbeton mit Mineralwolle und Zellulose Dämmung	0,20
MWH4	101	6.806	Holz, WDVS Mineralwolle	0,27
MWH5	76	3.192	Stahlbeton mit WDVS EPS	0,33

Die Relevanz der Haustechniksysteme wurde exemplarisch für das EFH1 (Holzleichtbau und Betonbau) und das Mehrwohnungshaus KNW2p (Ziegel mit WDVS) dargestellt. Die untersuchten Haustechnikvarianten sind in den entsprechenden Kapiteln angeführt.

## **2 Ergebnisse**

### **2.1 Nutzungsdauer und Betrachtungszeitraum**

#### **2.1.1 Allgemeines**

Dass die Lebensdauer von Baustoffen und Konstruktionen deren ökologischen Einfluss wesentlich beeinflussen kann, ist unbestritten. Allerdings ist die Erfassung der Nutzungsdauer auch mit einem zusätzlichen Aufwand verbunden. Insbesondere wenn ein detailliertes Nutzungsdauer Modell zugrunde gelegt wird (Zelger T. u. a. 2009 und Bau EPD GmbH 2015).

In den in Österreich gängigen Gebäudebewertungssystemen wird im Rahmen der OI Berechnung ein vereinfachtes Nutzungsdauermodell (siehe 1.3 Nutzungsdauern und Austauschraten) zugrunde gelegt. Durch die den Baustoffen zugeordneten Nutzungsdauerkategorien wird der Erfassungsaufwand deutlich reduziert. Allerdings gehen damit auch entscheidende Einfluss- und damit Optimierungsfaktoren verloren. Fassadenkonstruktionen werden in diesem Modell beispielsweise alle mit derselben Nutzungsdauer bewertet.

Im Rahmen des Projektes HEORES wurde deshalb untersucht, inwiefern dieses Nutzungsdauermodell die ökologische Bewertung der Gebäude beeinflusst. Damit soll eine Entscheidungsgrundlage geliefert werden, ob eine Betrachtung ohne Nutzungsdauer aufgrund des geringeren Erfassungsaufwandes möglich ist, ohne die ökologische Treffsicherheit der Gebäudebewertung maßgeblich zu beeinflussen.

#### **2.1.2 Auswirkung auf gemeinsame Betrachtung von Betrieb und Errichtung**

Die OI Methode sieht ab der Bilanzgrenze BG3 die Berücksichtigung von Nutzungsdauern über einen Betrachtungszeitraum von 100 Jahren (für Wohngebäude) vor. Alternativ dazu werden im Folgenden Betrachtungszeiträume von 30 und 50 Jahren, ohne Berücksichtigung von Nutzungsdauern, betrachtet. Es wird dargestellt inwiefern sich dadurch das Verhältnis von Gebäudebetrieb und Gebäudeerrichtung verschiebt.

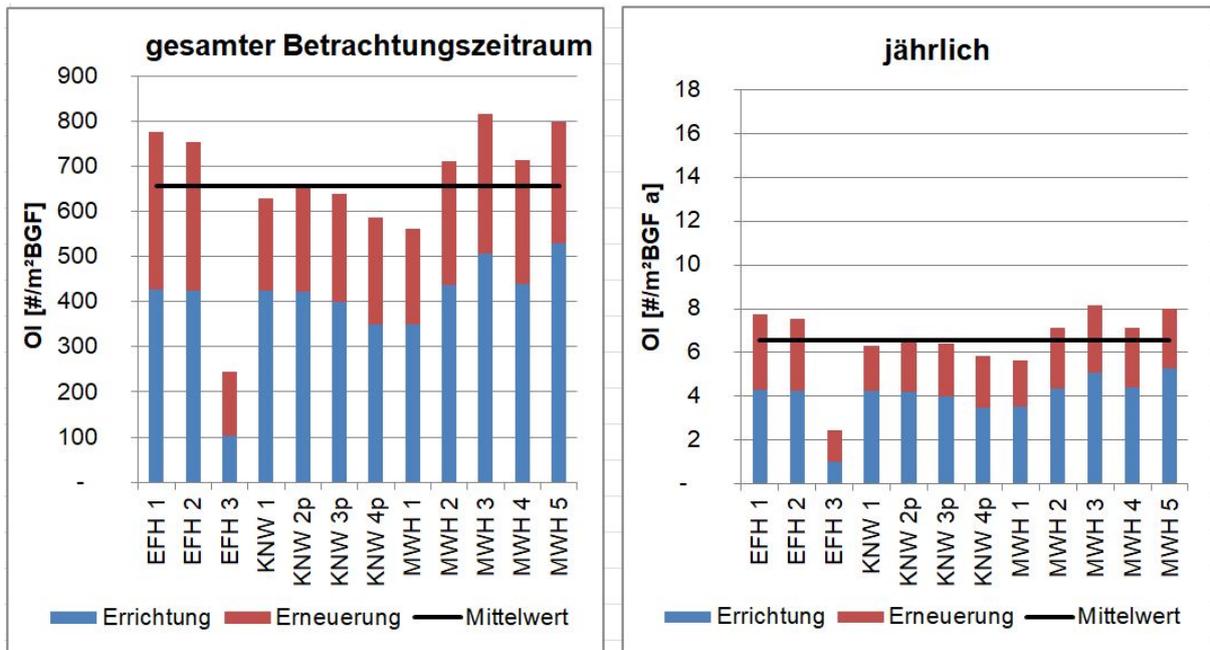


Abbildung 1: OI inklusive Nutzungsdauern, Betrachtungszeitraum 100 Jahre

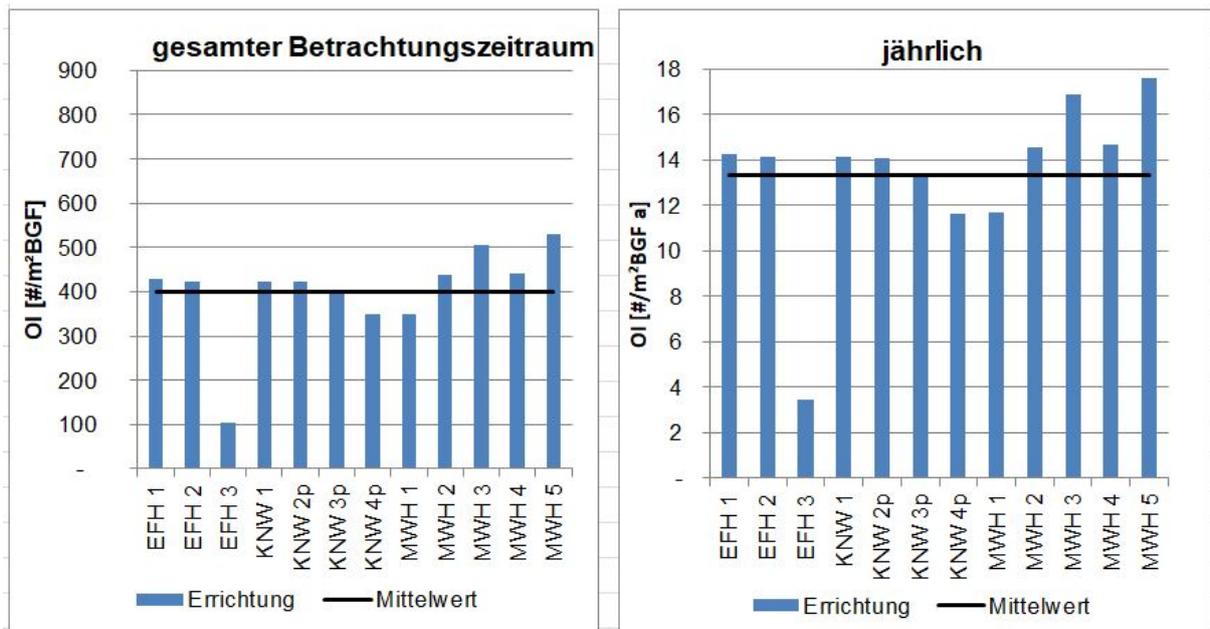


Abbildung 2: OI ohne Nutzungsdauer, Betrachtungszeitraum 30 Jahre

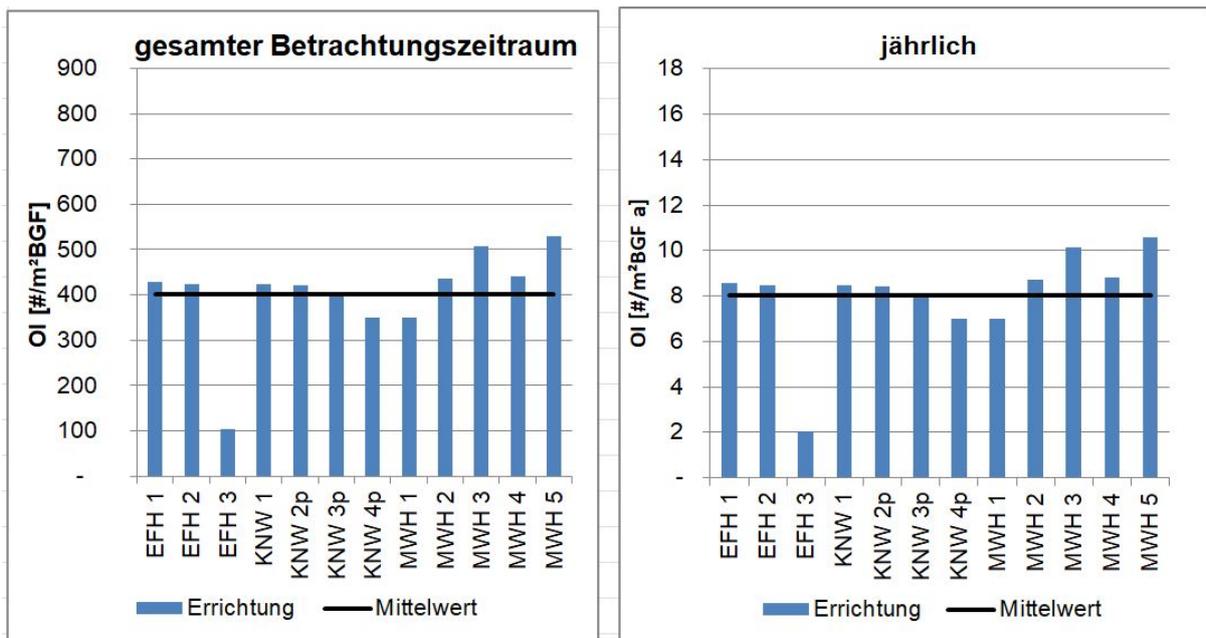


Abbildung 3: OI ohne Nutzungsdauern, Betrachtungszeitraum 50 Jahre

Abbildung 1 zeigt den OI über einen Betrachtungszeitraum von 100 Jahren unter Berücksichtigung eines vereinfachten Nutzungsdauermodells (siehe 1.3 Nutzungsdauern und Austauschraten), wie es derzeit bei der OI Berechnung Bilanzgrenze BG3 zur Anwendung kommt. Im linken Balkendiagramm sind die Werte über den gesamten Betrachtungszeitraum dargestellt. Das rechte Diagramm stellt die Kennwerte aufgeteilt über den Betrachtungszeitraum von 100 Jahren als jährliche Werte dar.

Abbildung 2 zeigt den ökologischen Aufwand für die Gebäudeerrichtung ohne Berücksichtigung von Nutzungsdauern (d.h. ohne Erneuerungszyklen) gemessen am OI pro m<sup>2</sup> BGF. Im linken Balkendiagramm sind die Absolutwerte dargestellt. Im rechten Balkendiagramm wird der OI wiederum pro m<sup>2</sup> BGF über den Betrachtungszeitraum von 30 Jahren verteilt als jährlicher Aufwand dargestellt.

Abbildung 3 zeigt den OI der Gebäude über einen Betrachtungszeitraum von 50 Jahren ohne die Berücksichtigung von Nutzungsdauern.

Die Berücksichtigung von Nutzungsdauern und den daraus resultierenden Austauschzyklen der eingesetzten Materialien erhöhen den betrachteten ökologischen Aufwand. Im Mittel über alle Gebäude liegt der Aufwand für die Errichtung der Gebäude bei 401 OI Punkten pro m<sup>2</sup> BGF. Werden auch die Austauschzyklen der eingesetzten Materialien entsprechend deren Nutzungsdauern berücksichtigt, steigt der Aufwand auf 656 OI Punkte pro m<sup>2</sup> BGF.

Während der ökologische Aufwand über den gesamten Betrachtungszeitraum durch die Berücksichtigung von Nutzungsdauern steigt, sinkt der jährliche ökologische Aufwand bei einem Betrachtungszeitraum von 100 Jahren (inkl. Nutzungsdauern) im Vergleich zu einem Betrachtungszeitraum von 30 Jahren ohne die Berücksichtigung von Nutzungsdauern. Wird nur die Errichtung des Gebäudes auf einen Betrachtungszeitraum von 30 Jahren aufgeteilt, liegt der OI pro m<sup>2</sup> BGF und Jahr bei ca. 13 Punkten. Bei einem Betrachtungszeitraum von

100 Jahren und der Berücksichtigung von Nutzungsdauern liegt der OI im Mittel bei 8,6 OI Punkten pro m<sup>2</sup> BGF und Jahr. Ein Betrachtungszeitraum von 30 Jahren führt daher dazu, dass der ökologische Aufwand für die Gebäudeerrichtung im Vergleich zum jährlichen Aufwand für den Gebäudebetrieb zunimmt. Wird ein Betrachtungszeitraum von 50 Jahren ohne Berücksichtigung von Nutzungsdauern zugrunde gelegt, liegt der OI pro m<sup>2</sup> BGF und Jahr bei 8 OI Punkten und damit in einer ähnlichen Größenordnung wie bei einer Betrachtung von 100 Jahren unter Berücksichtigung von Nutzungsdauern.

### 2.1.3 Einfluss auf die Bewertung der Gebäudeerrichtung

In 2.1.2 Auswirkung auf gemeinsame Betrachtung von Betrieb und Errichtung wurde gezeigt, dass die Berücksichtigung von Nutzungsdauern den insgesamt betrachteten ökologischen Aufwand erhöht.

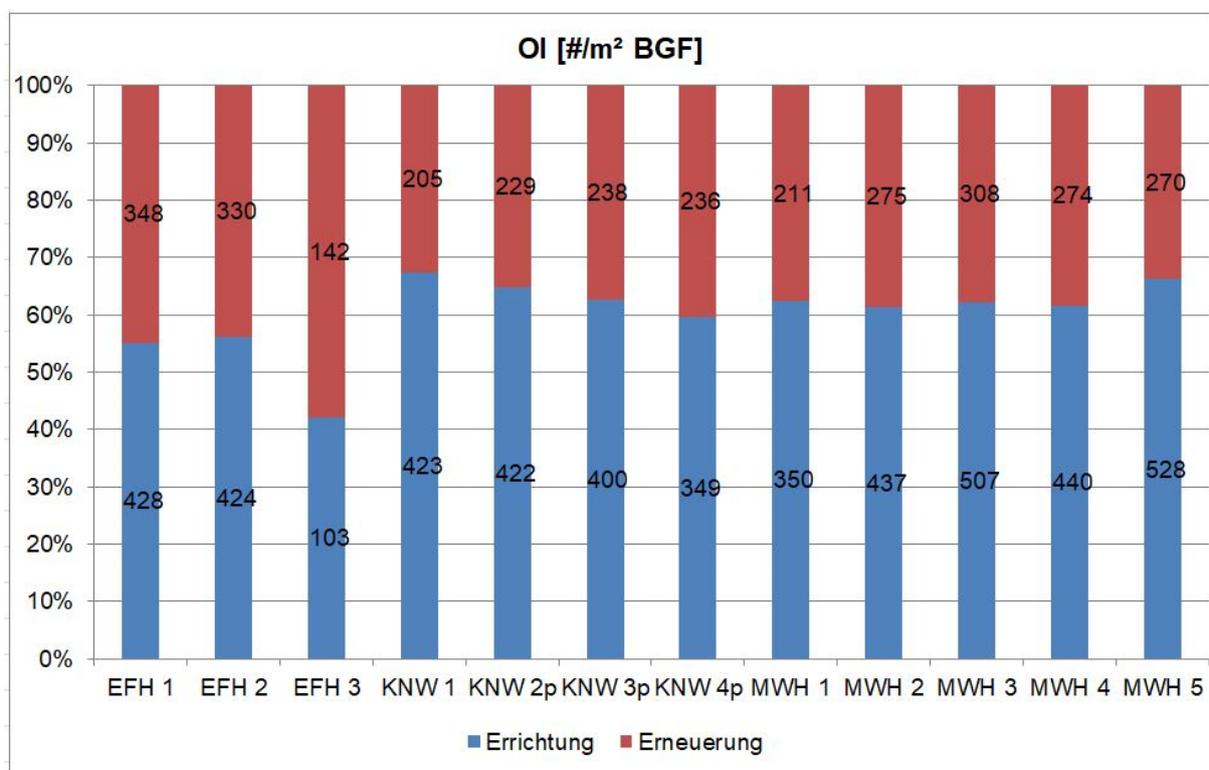


Abbildung 4: Anteil OI Gebäudeerrichtung und -erneuerung bei 100a Betrachtungszeitraum

Abbildung 4 zeigt den OI für die Errichtung und zyklische Erneuerung gemäß des unter 1.3 Nutzungsdauern und Austauschraten beschriebenen vereinfachten Nutzungsdauerkonzeptes bei einem Betrachtungszeitraum von 100 Jahren. Im Mittel liegt der Anteil für die Erneuerung der Baustoffe bei 40% des ökologischen Gesamtaufwandes. Es zeigt sich, dass der Anteil der Erneuerung der Baustoffe bei den untersuchten EFH größer (49%) ist als bei den MWH (37%). Einzig für das EFH3 ist der Anteil des OI für die Erneuerung der Baustoffe mit 58% größer als jener für die Gebäudeerrichtung. Beim MWH 5 hat die Erneuerung der Baustoffe mit 34% den geringsten Anteil.

Um zu analysieren, inwiefern die Berücksichtigung von Nutzungsdauern die Bewertung der Gebäude beeinflusst, wurde sowohl für die Betrachtung mit als auch für jene ohne

Berücksichtigung von Nutzungsdauern eine Bewertungsfunktion entwickelt. Dabei wurde jeweils das Gebäude mit dem niedrigsten OI (ausgenommen EFH 3) mit 100 Punkten und jenes mit dem höchsten OI mit 0 Punkten bewertet.

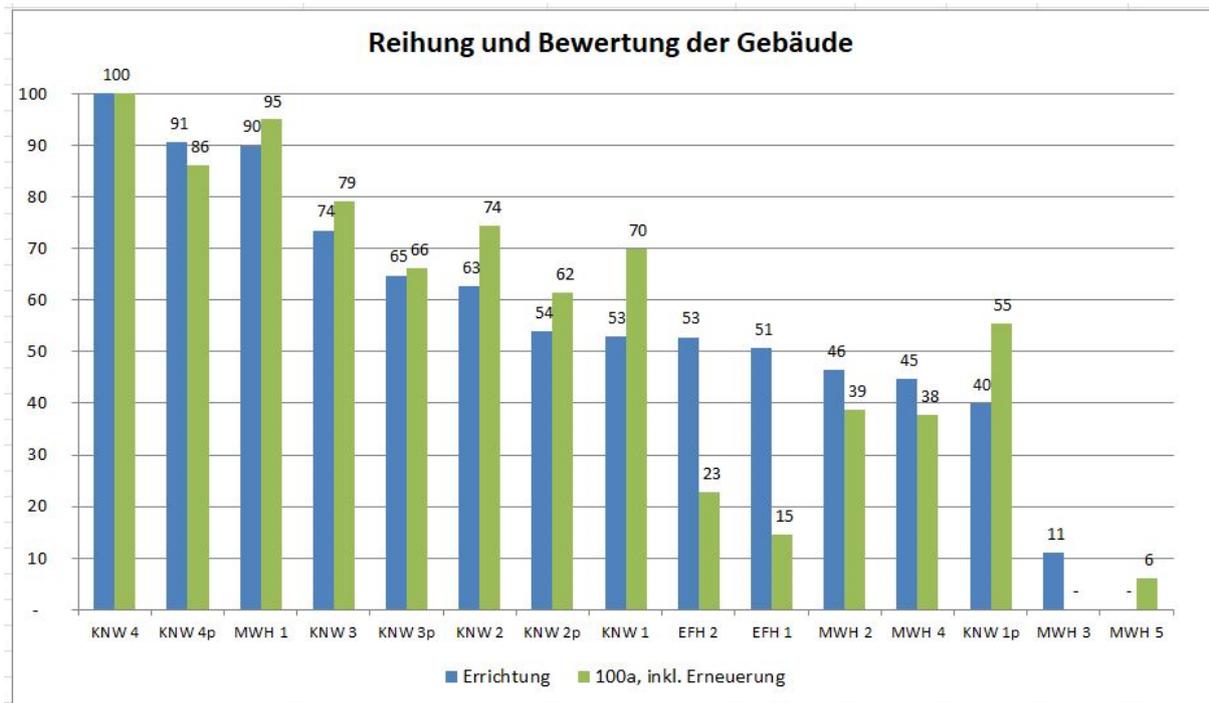


Abbildung 5: Gebäudebewertung mit und ohne Nutzungsdauern

Für beide Skalierungsfunktionen wird das Gebäude KNW 4 mit 100 Punkten und das Gebäude KNW 1p mit 0 Punkten bewertet. Die Unterschiede in der Bewertung sind in folgender Abbildung dargestellt.

	Errichtung	100a, inkl. Erneuerung	Differenz
EFH 1	51	15	- 36
EFH 2	53	23	- 30
KNW 1	53	70	17
KNW 1p	40	55	15
KNW 2	63	74	12
MWH 3	11	-	- 11
KNW 2p	54	62	8
MWH 2	46	39	- 8
MWH 4	45	38	- 7
MWH 5	-	6	6
KNW 3	74	79	6
MWH 1	90	95	5
KNW 4p	91	86	- 4
KNW 3p	65	66	1
KNW 4	100	100	-

Abbildung 6: Differenz Gebäudebewertung mit und ohne Nutzungsdauern

Bei den MWH liegt der Unterschied in der Bewertung mit und ohne Nutzungsdauer für alle Gebäude bei unter 20 Bewertungspunkten. Für mehr als 2/3 der untersuchten Gebäude (9 von 13) liegt der Unterschied unter zehn Bewertungspunkten.

Für die EFH führt die Berücksichtigung von Nutzungsdauern über einen Betrachtungszeitraum von 100 Jahren zu einer deutlichen Verschlechterung der Bewertung. Während diese Gebäude bei der Errichtung noch 51 (EFH1) bzw. 53 (EFH2) Bewertungspunkte erreichen, sind es unter Berücksichtigung der Austauschzyklen nur mehr 15 bzw. 23 Bewertungspunkte. Der Unterschied ist damit zu begründen, dass EFH aufgrund ihrer Kubatur einen deutlichen höheren Anteil an Sekundärkonstruktionen (50 Jahre Nutzungsdauer) und Fensterflächen (25 Jahre Nutzungsdauer) aufweisen.

#### **2.1.4 Schlussfolgerung, Empfehlung, Ausblick**

Die Berücksichtigung von Nutzungsdauern erhöht sowohl den Aufwand für die Erfassung der Gebäude als vor allem auch für die Prüfung im Rahmen von Förder- und Gebäudezertifizierungssystemen deutlich. Gleichzeitig führt die Betrachtung ohne Nutzungsdauern – mit Ausnahme der EFH – zu keiner gravierenden Änderung in der ökologischen Gebäudebewertung. Für EFH ist der Unterschied dagegen so gravierend, dass eine gemeinsame Skalierungsfunktion für EFH und MWH schwierig erscheint. Eine für MWH sinnvolle Skalierung würde vermutlich dazu führen, dass für den Großteil der EFH der Anreiz zur Gebäudeoptimierung verloren ginge.

Aufgrund der deutlichen Vereinfachung, die eine Berechnung ohne Nutzungsdauern im Vergleich zur Berücksichtigung von Nutzungsdauern mit sich bringt, scheint es deshalb gerechtfertigt, auf die Berücksichtigung des diesen Berechnungen zugrunde gelegten vereinfachten Nutzungsdauermodell zu verzichten. Inwiefern ein differenziertes Nutzungsdauermodell die Bewertung der Gebäude beeinflusst, konnte im Rahmen dieses Projektes nicht untersucht werden.

## **2.2 Definition der Bezugsfläche**

### **2.2.1 Allgemeines**

Um den ökologischen Aufwand für die Errichtung von Gebäuden unterschiedlicher Größe vergleichen zu können, wird der ökologische Aufwand eines Gebäudes nicht in absoluten Zahlen, sondern pro m<sup>2</sup> einer zu definierenden Fläche angegeben. Im Leitfaden für die Berechnung des OI (IBO 2016b) wird dabei unterschieden, ob auch Gebäudeteile berücksichtigt werden, die über thermisch relevante Gebäudeteile hinausgehen (BG3) oder ob nur jene Bauteile erfasst werden, die Teil der thermischen Gebäudehülle sind (BG0 und BG1). Für die Bilanzgrenzen BG0 und BG1 wird der ökologische Aufwand auf die Bruttogrundfläche (BGF) bezogen. Ab der BG3 gehen auch die in diesen Bilanzgrenzen berücksichtigen Nebenflächen in die Bezugsfläche ein. Allerdings werden diese Flächen nicht vollständig, sondern nur zu 50% berücksichtigt. Dadurch soll verhindert werden, dass große Nebenflächen, die mit geringerem ökologischem Aufwand errichtet werden können,

die Bilanz eines Gebäudes verbessern. Die Bezugsfläche wird mit „BZF“ abgekürzt. Zur besseren Unterscheidung wird die Bezugsfläche für die OI Berechnung mit der BG3 hier mit  $BZF_{OI, BG3}$  bezeichnet. Da in der im Projekt angestrebten Bilanzgrenze weitere, über die BG3 hinausgehende Gebäudeteile berücksichtigt werden sollen, wurde auch die Definition einer neuen Bezugsfläche untersucht.

Dabei wurden folgende Nebenflächen betrachtet:

- Keller
- Tiefgarage
- Garagen, Carports, Fahrradabstellplätze
- Sonstige Nebengebäude
- Balkone und Terrassen
- Befestigte Untergründe (wie Parkier Flächen, Erschließung)
- Außenliegende unkonditionierte Stiegenhäuser, Treppen und Laubengänge

### 2.2.2 Ermittlung der Bezugsfläche unter der Berücksichtigung von Nutzungsdauern

Für sämtliche untersuchte Gebäude wurde der ökologische Aufwand für die Errichtung und zyklische Erneuerung dieser Gebäudeteile in Bezug zu den jeweiligen Flächen gesetzt. In folgender Tabelle sind die ökologischen Aufwände dieser Gebäudeteile pro  $m^2$  der jeweiligen Gebäudeteile dargestellt. Als Referenzfläche wurde dieselbe Kennzahl auch für die dem Energieausweis zugewiesenen Bauteile (inkl. Innwänden, kalten Dachkonstruktionen, etc.) ermittelt.

Tabelle 6: OI pro  $m^2$  für verschiedene Gebäudeteile auf Basis der untersuchten Beispielprojekte unter Berücksichtigung von Nutzungsdauern, bezogen auf die jeweiligen Flächen der Gebäudeteile

Gebäudeteil	Ökologischer Aufwand (OI) [#/ $m^2$ ]		
	Minimum	Maximum	Mittelwert
Energieausweis	368	544	470
Keller	241	575	342
Tiefgarage	166	333	226
Garagen, Carports, Fahrradabstellplätze	147	277	232
Balkone und Terrassen	38	384	156
Außenliegende unkonditionierte Stiegenhäuser, Treppen und Laubengänge	114	224	187
Sonstige Nebengebäude	162	525	305
Befestigte Untergründe (Parkier Flächen, Erschließung)	2	132	57

Tabelle 6 zeigt den OI pro  $m^2$  für verschiedene Gebäudeteile. Dem EAW wurde neben für die EAW Berechnung relevanten Bauteilen (ggf. inkl. thermisch nicht relevanten Bauteilschichten, siehe auch 1.2.4 Bilanzgrenzen) auch Innenwände im konditionierten

Bereich und kalte Dachkonstruktionen zugeordnet. Bezogen auf die BGF entsprechend der Energieausweisberechnung liegt der OI im Mittel bei 470 Punkten. Für Balkone und Terrassen, für die weniger aufwändige Konstruktionen erforderlich sind, entfallen 156 OI Punkte pro m<sup>2</sup> Terrassen- bzw. Balkonfläche. Wenn Balkon und Terrassenflächen daher im vollen Umfang in der Ermittlung der Bezugsfläche berücksichtigt werden, führt dies dazu, dass Gebäude mit großen Balkon- oder Terrassenflächen besser bewertet werden als Gebäude mit kleineren Balkon- oder Terrassenflächen. Dieser Effekt konnte von den am Projekt teilnehmenden Ingenieurbüros auch für Tiefgaragen und Kellerflächen bestätigt werden. Aus ihrer Erfahrung werden bei den Berechnungsvorgaben für den OI mit der BG3 Gebäude mit großen Tiefgaragenflächen besser bewertet als Gebäude mit kleinen Tiefgaragen. Um den Nachteil, den Gebäude mit geringeren Nebenflächen bei einer vollständigen Berücksichtigung der Nebenflächen haben würden, auszugleichen, wird vorgeschlagen, Nebenflächen nur anteilig zu berücksichtigen. Der Faktor, mit dem die jeweiligen Flächen berücksichtigt werden, soll sich am mittleren OI für die Errichtung der jeweiligen Flächen orientieren. Dabei wurde davon ausgegangen, dass die konditionierten, d.h. im Energieausweis erfassten Flächen, die wesentliche Funktion der Gebäude darstellen. Der Gewichtungsfaktor wurde deshalb so gewählt, dass der OI pro m<sup>2</sup> gewichteter Fläche im Mittel jedenfalls über jenem der dem Energieausweis zugeordneten Materialien und Bauteile liegt.

Tabelle 7: Faktor zur Ermittlung der Bezugsfläche für verschiedene Gebäudeteile nach HEROES Methode unter Berücksichtigung von Nutzungsdauern

Gebäudeteil	Gewichtungsfaktor
Energieausweis	100%
Keller	50%
Tiefgarage	30%
Garagen, Carports, Fahrradabstellplätze	30%
Balkone und Terrassen	25%
Außenliegende unkonditionierte Stiegenhäuser, Treppen und Laubengänge	50%
Sonstige Nebengebäude	0%
Befestigte Untergründe (Parkier Flächen, Erschließung)	0%

Abbildung 7 zeigt den Faktor, mit dem die Flächen der jeweiligen Gebäudeteile in der Ermittlung der Bezugsfläche berücksichtigt werden sollen. Basis sind die energieausweis-relevanten Flächen. Diese werden zu 100% in der Bezugsfläche berücksichtigt. Da auf Kellerflächen im Mittel nur etwa 50% der OI Punkte pro m<sup>2</sup> entfallen, sollen von diesen Flächen auch nur 50% in der Ermittlung der Bezugsfläche berücksichtigt werden. Bei Tiefgaragen und Garagen, Carports und Fahrradabstellplätzen wird ein Faktor von 30% vorgeschlagen. Balkone und Terrassen sollen mit 25% ihrer Fläche berücksichtigt werden. Bei außenliegende unkonditionierte Stiegenhäuser, Treppen und Laubengänge liegt der

ökologische Aufwand ebenfalls in einer vergleichbaren Größenordnung wie bei Balkonen und Terrassen. Allerdings erfüllen sowohl unkonditionierte als auch konditionierte Stiegenhäuser dieselbe Hauptfunktion (Erreichen der Obergeschoße). Das spricht dafür, diese Flächen auch mit 100% in der Bezugsfläche zu berücksichtigen. Aus diesem Grund wurde der Faktor, mit dem außenliegende Stiegenhäuser, Treppen und Laubengängen in der Bezugsfläche berücksichtigt werden sollen, mit 50% festgelegt, auch wenn damit der OI pro m<sup>2</sup> gewichteter Fläche unter jenem für im Energieausweis erfasste Materialien und Bauteile liegt. Aufgrund des geringen OI pro m<sup>2</sup> wurden befestigte Untergründe (Parkier Flächen, Erschließung) mit 0% gewichtet. Aufgrund der geringen Flächenanteile wurden sonstige Nebengebäude (z.B.: Müllräume, Loggien) ebenfalls mit 0% gewichtet.

Tabelle 8: Oekoindex pro m<sup>2</sup> gewichteter Fläche für verschiedene Gebäudeteile auf Basis der untersuchten Beispielprojekte unter Berücksichtigung von Nutzungsdauern

Gebäudeteil	Ökologischer Aufwand (OI) [#/m <sup>2</sup> gewichtet]		
	Minimum	Maximum	Mittelwert
Energieausweis	368	544	470
Keller	482	1.150	684
Tiefgarage	554	1.110	755
Garagen, Carports, Fahrradabstellplätze	491	924	773
Balkone und Terrassen	154	1.536	624
Außenliegende unkonditionierte Stiegenhäuser, Treppen und Laubengänge	229	448	374
Sonstige Nebengebäude	n.r. <sup>4</sup>	n.r.	n.r.
Befestigte Untergründe (Parkier Flächen, Erschließung)	n.r.	n.r.	n.r.

Tabelle 8 zeigt den OI pro m<sup>2</sup> gewichteter Fläche. Da Nebenflächen nur mehr anteilig berücksichtigt werden, liegt der OI pro m<sup>2</sup> gewichteter Fläche für alle Nebenflächen mit Ausnahme der unkonditionierten Stiegenhäuser über jenem der energieausweisrelevanten Gebäudeteile.

### 2.2.3 Ermittlung der Bezugsfläche ohne Berücksichtigung von Nutzungsdauern

In 2.1 Nutzungsdauer und Betrachtungszeitraum wurde erläutert, wie sich die Berücksichtigung von Nutzungsdauern auf die Bewertung der Gebäude auswirken kann. Da dabei festgestellt wurde, dass der Verzicht auf Nutzungsdauern die Erfassung der Gebäude deutlich vereinfacht und zu keiner wesentlichen Änderung der Gebäudebewertung führt, wurde der Gewichtungsfaktor auch für eine Betrachtung ohne Nutzungsdauern mit derselben Methodik ermittelt. Da die verschiedenen Gebäudeteile einen unterschiedlichen Anteil an

<sup>4</sup> n.r. nicht relevant da, mit 0% der Fläche berücksichtigt

Konstruktionen mit verschiedenen Lebensdauern haben, ergeben sich auch unterschiedliche Gewichtungsfaktoren.

Tabelle 9: OekoindeX pro m<sup>2</sup> für verschiedene Gebäudeteile auf Basis der untersuchten Beispielprojekte ohne Berücksichtigung von Nutzungsdauern

Gebäudeteil	Ökologischer Aufwand (OI) [#/m <sup>2</sup> ]		
	Minimum	Maximum	Mittelwert
Energieausweis	199	316	254
Keller	188	409	254
Tiefgarage	157	273	202
Garagen, Carports, Fahrradabstellplätze	112	206	183
Balkone und Terrassen	15	243	93
Außenliegende unkonditionierte Stiegenhäuser, Treppen und Laubengänge	61	184	136
Sonstige Nebengebäude	117	361	242
Befestigte Untergründe (Parkier Flächen, Erschließung, Terrassen)	2	68	32

Aus Abbildung 9 wird deutlich, dass der OI pro m<sup>2</sup> für alle Gebäudeteile geringer ist als bei einer Betrachtung mit Nutzungsdauern. Allerdings ist der Anteil an Materialien, die über den Betrachtungszeitraum entsprechend ihrer Nutzungsdauer ersetzt werden, nicht über alle Gebäudeteile gleich groß. Tiefgaragen haben beispielsweise einen hohen Anteil an Primärkonstruktionen. Wenn keine Nutzungsdauern berücksichtigt werden, ist der Unterschied der OI Punkte m<sup>2</sup> deshalb geringer als bei einer Betrachtung mit Nutzungsdauern. Aus diesem Grunde wurde der Anteil der Flächen, die bei der Ermittlung der Bezugsfläche berücksichtigt werden soll, entsprechend erhöht. Die Gewichtungsfaktoren ohne Berücksichtigung von Nutzungsdauern sind in Tabelle 10 dargestellt. Tabelle 11 zeigt den OI pro m<sup>2</sup> gewichteter Bezugsfläche.

Tabelle 10: Faktor zur Ermittlung der Bezugsfläche für verschiedene Gebäudeteile nach HEROES Methode ohne Berücksichtigung von Nutzungsdauern

Gebäudeteil	Gewichtungsfaktor
Energieausweis	100%
Keller	75%
Tiefgarage	50%
Garagen, Carports, Fahrradabstellplätze	50%
Balkone und Terrassen	25%
Außenliegende unkonditionierte Stiegenhäuser, Treppen und Laubengänge	75%
Sonstige Nebengebäude	0%

Gebäudeteil	Gewichtungsfaktor
Befestigte Untergründe (Parkier Flächen, Erschließung)	0%

Tabelle 11: OI pro m<sup>2</sup> gewichteter Fläche für verschiedene Gebäudeteile auf Basis der untersuchten Beispielprojekte ohne Berücksichtigung von Nutzungsdauern

Gebäudeteil	Ökologischer Aufwand (OI) [# / m <sup>2</sup> gewichtet]		
	Minimum	Maximum	Mittelwert
Energieausweis	199	316	254
Keller	250	546	338
Tiefgarage	314	545	405
Garagen, Carports, Fahrradabstellplätze	223	412	365
Balkone und Terrassen	62	973	374
Außenliegende unkonditionierte Stiegenhäuser, Treppen und Laubengänge	81	246	181
Sonstige Nebengebäude	n.r. <sup>5</sup>	n.r.	n.r.
Befestigte Untergründe (Parkier Flächen, Erschließung)	n.r.	n.r.	n.r.

#### 2.2.4 Schlussfolgerung, Empfehlung, Ausblick

Um Gebäude unterschiedlicher Größe und Kubatur untereinander vergleichen zu können, hat sich im Wohnbau sowohl in der energetischen als auch in der ökologischen Gebäudebewertung der Bezug auf eine m<sup>2</sup> zu definierende Fläche etabliert. Sofern sich die Bilanzierung des ökologischen Aufwandes für die Gebäudeerrichtung auf im Energieausweis zu erfassende Bauteile beschränkt, bietet sich die BGF als Bezugsgröße sowohl für den Gebäudebetrieb als auch die Gebäudeerrichtung an. Werden auch Gebäudeteile erfasst, die über die Energieausweisberechnung hinausgehen, ist die Frage nach der richtigen Bezugsfläche zu beantworten. Die im Projekt HEROES entwickelte Bezugsfläche orientiert sich am ökologischen Aufwand für die Errichtung der über den Energieausweis hinausgehenden Gebäudeteile. Dadurch, dass diese Flächen nicht vollständig in der Bezugsfläche berücksichtigt werden, soll verhindert werden, dass große Nebenflächen, die mit geringerem ökologischem Aufwand errichtet werden können, die Bilanz eines Gebäudes verbessern. Da sich durch die Berücksichtigung von Nutzungsdauern die ökologischen Aufwände zwischen den verschiedenen Gebäudeteilen verschieben, wurde bei der Entwicklung der Bezugsfläche unterschieden, ob bei der Gebäudebewertung Nutzungsdauern berücksichtigt werden sollen oder nicht.

<sup>5</sup> n.r. nicht relevant damit 0% der Fläche berücksichtigt

## 2.3 Erweiterung der Bilanzgrenzen

### 2.3.1 Anteil verschiedener Gebäudeteile am OI

In der folgenden Abbildung ist der Anteil der verschiedenen Gebäudeteile an der ökologischen Gesamtbilanz gemessen anhand des OI dargestellt. An diesen Gebäudeteilen orientieren sich auch die Definition der Bezugsfläche und die Methoden zur vereinfachten Berechnung (siehe 2.2 Definition der Bezugsfläche und 2.6 Vereinfachte Berechnungsmethoden).

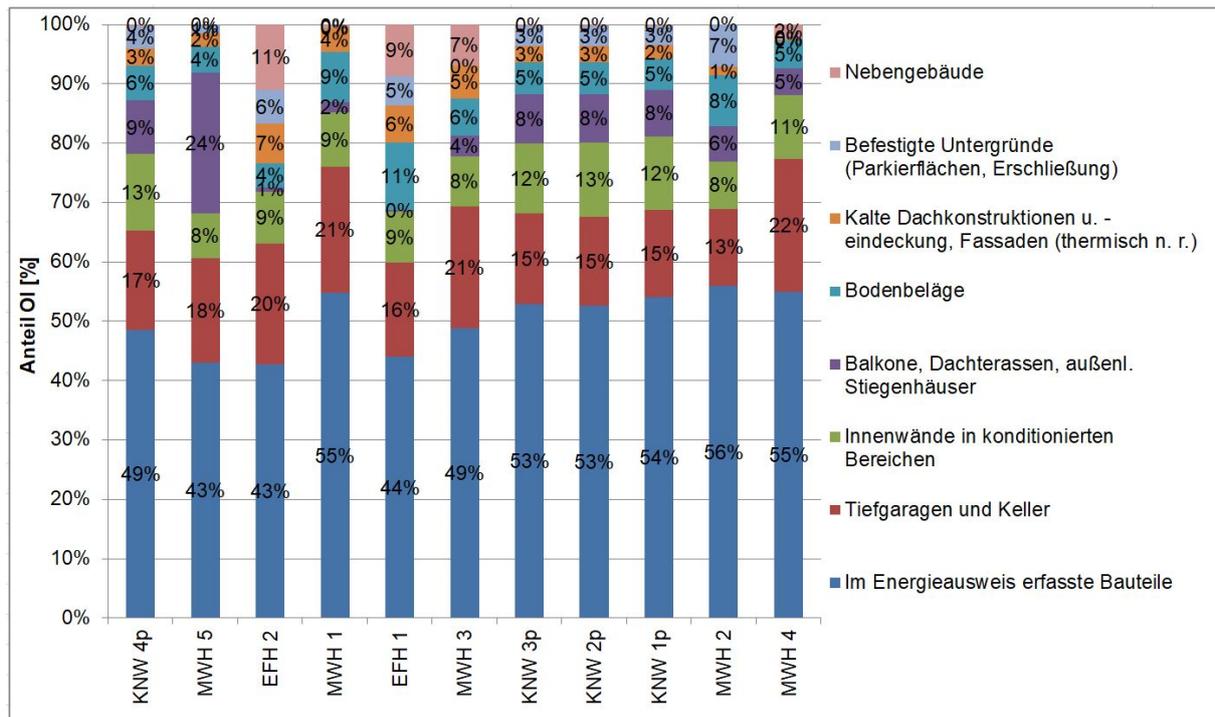


Abbildung 7: Verteilung des OI des Gesamtgebäudes auf die verschiedenen Gebäudeteile bei den untersuchten Beispielprojekten unter Berücksichtigung von Nutzungsdauern

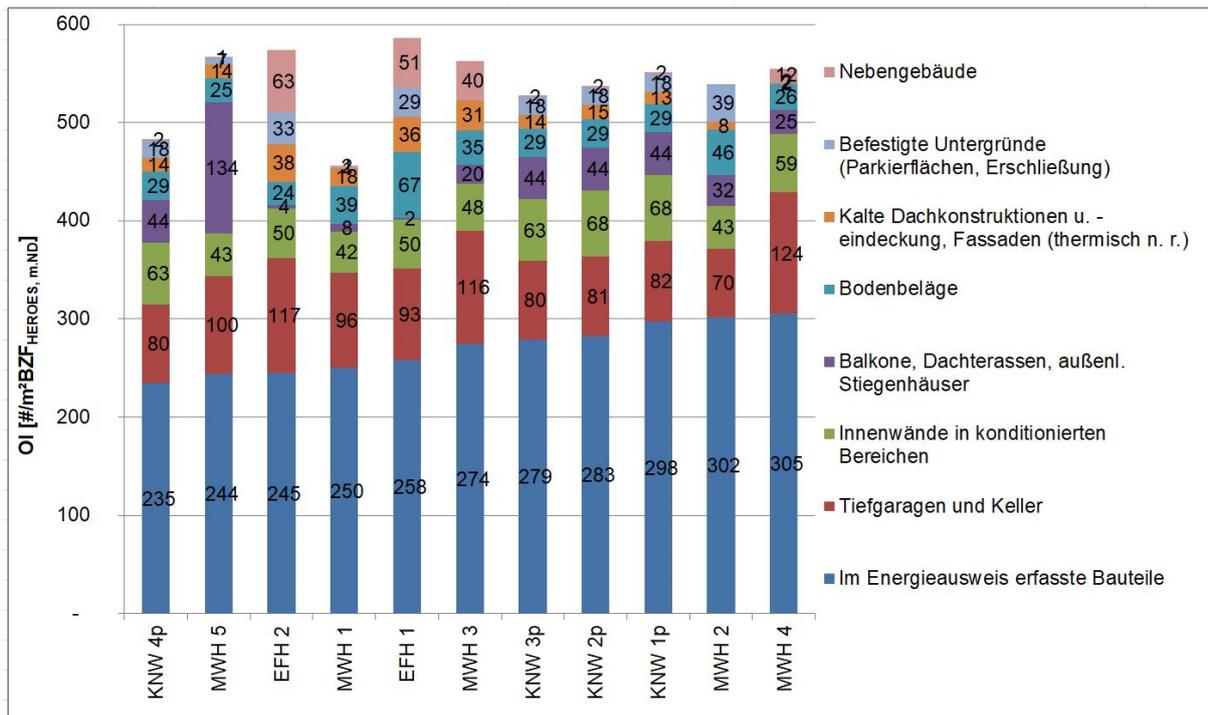


Abbildung 8: OI der untersuchten Beispielgebäude pro m² BZF laut HEROES Methode unter Berücksichtigung von Nutzungsdauern aufgeteilt auf verschiedene Gebäudeteile

Da sich in Österreich die Zusammenfassung dieser Gebäudeteile auf die im OI definierten Bilanzgrenzen etabliert hat, wird die Auswirkung der Erweiterung der Bilanzgrenze im folgenden Kapitel anhand der OI Bilanzgrenzen erläutert.

### 2.3.2 Anteil der OI Bilanzgrenzen mit und ohne Nutzungsdauern

In Österreich werden im Rahmen der ökologischen Gebäudebewertung vor allem die OI Bilanzgrenzen BG0, BG1 und BG3 verwendet. Grundsätzlich sieht die OI Berechnung eine Berücksichtigung aller Bauteile und Komponenten eines Gebäudes vor (BG6). Aufgrund des hohen Aufwandes für die Erfassung haben aber über die BG3 hinausgehende Bilanzierungen bisher keine praktische Anwendung gefunden. In der folgenden Tabelle wird dargestellt, in welchem Umfang der ökologische Aufwand eines Gebäudes mit den bisher üblichen Bilanzgrenzen erfasst wird. Die Bilanzgrenzen sind im OI Leitfaden (IBO 2016b) beschrieben. Die folgenden Abbildungen zeigen die Aufteilung des OI auf die verschiedenen Bilanzgrenzen. Die Abbildung in Prozent ist für alle Bezugsgrößen (absolute Werte, BGF, BZF mit Nutzungsdauern bzw. ohne Nutzungsdauern) gleich. Durch die Berücksichtigung von Nutzungsdauern kommt es allerdings zu einer Verschiebung der Anteile des OI.

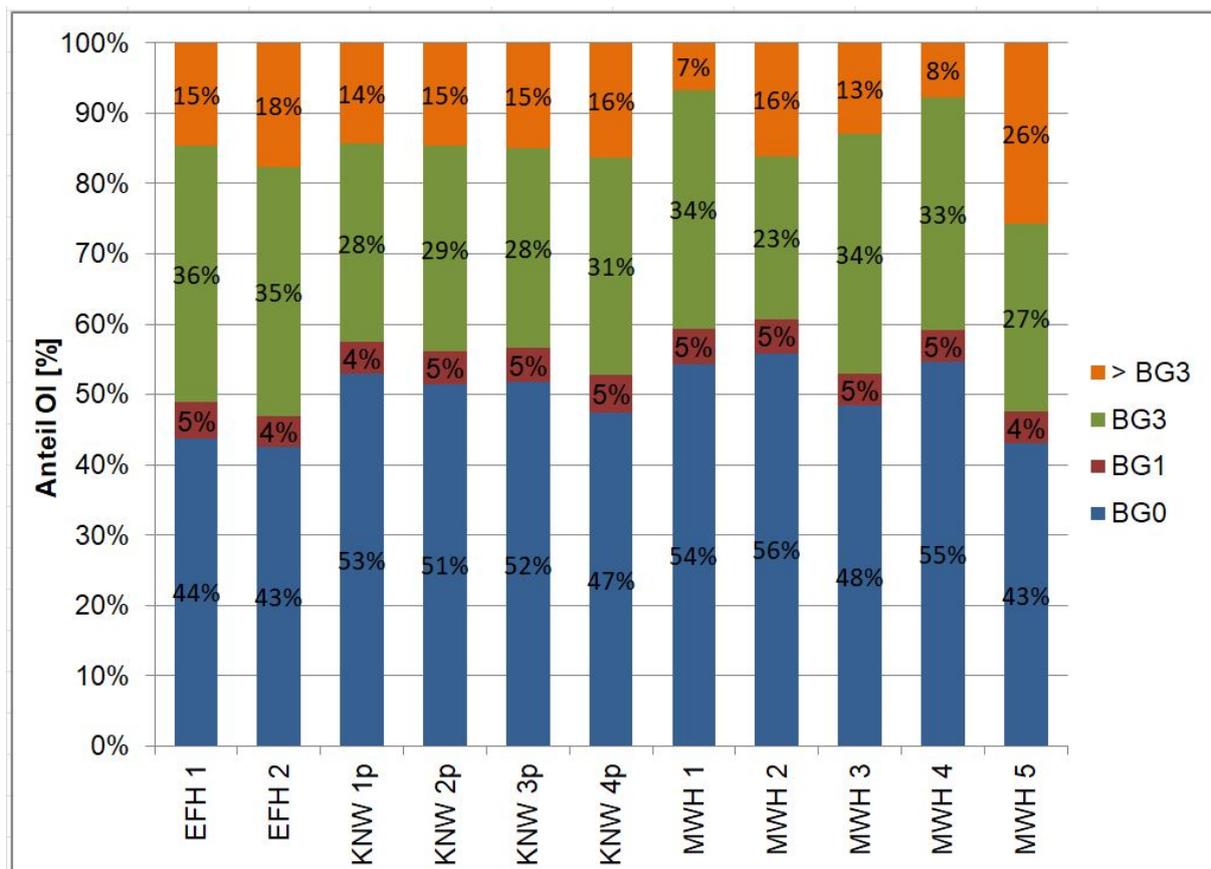


Abbildung 9: Verteilung des OI des auf die Bilanzgrenzen BG0, BG1, BG3 und >BG3 bei den untersuchten Beispielprojekten unter der Berücksichtigung von Nutzungsdauern, ohne Haustechnik.

Abbildung 9 zeigt den Anteil der derzeit im Rahmen der OI Berechnung angewendeten Bilanzgrenzen und jenen Anteil der bisher aufgrund des hohen Aufwandes für die Erfassung in keinem gängigen Gebäudebewertungssystem erfasst wird. Werden nur die thermisch relevanten Bauteilschichten berücksichtigt (BG0), werden im Mittel 50 % des Gesamtaufwandes erfasst. Werden auch Schichten berücksichtigt, die keine oder ein untergeordneten Einfluss auf die energetische Qualität der energieausweisrelevanten Bauteile haben (BG1), liegt der Anteil im Mittel bei 54%. Werden zusätzlich Innenwände, Keller und Tiefgaragen berücksichtigt (BG3), steigt der Anteil des erfassten ökologischen Aufwandes am Gesamtaufwand auf im Mittel 85%. Beim MWH5, das im Gegensatz zu den anderen Gebäuden kein innenliegendes, sondern eine außenliegende Laubgangerschließung hat, liegt der Anteil der auch in der BG3 nicht berücksichtigten Gebäudeteile bei 26% des Gesamtaufwandes.

Da die in den verschiedenen Bilanzgrenzen zusammengefassten Gebäudeteile Unterschiede in den zugrunde gelegten Nutzungsdauern aufweisen, führt eine Betrachtung ohne Berücksichtigung von Nutzungsdauern zu einer Verschiebung der Aufteilung des Aufwandes auf die verschiedenen Bilanzgrenzen (siehe auch 2.1 Nutzungsdauer und Betrachtungszeitraum und 1.3 Nutzungsdauern und Austauschraten).

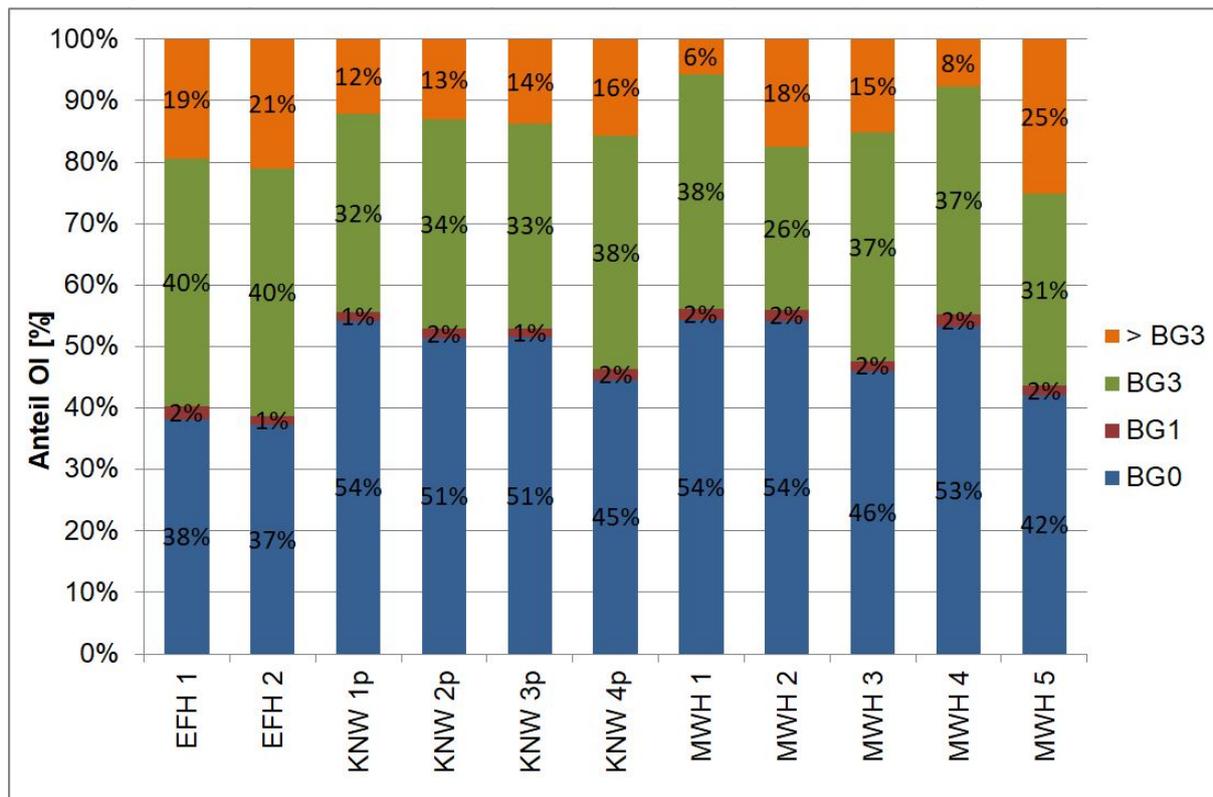


Abbildung 10: Verteilung des OI des auf die Bilanzgrenzen BG0, BG1, BG3 und >BG3 bei den untersuchten Beispielprojekten ohne Berücksichtigung von Nutzungsdauern, ohne Haustechnik.

Abbildung 10 zeigt die Verteilung des OI auf die Bilanzgrenzen BG0, BG1, BG3 und jenen Anteil der über die BG3 hinaus geht ohne die Berücksichtigung von Nutzungsdauern. Im Vergleich zur Betrachtung mit Nutzungsdauern nimmt der Anteil der BG0 im Mittel geringfügig ab (48% ohne Nutzungsdauer statt 50% mit Nutzungsdauer). Bei den untersuchten EFH ist der Unterschied allerdings deutlicher. Da den in der BG1 erfassten Konstruktionen und Materialien (insbesondere Bodenbeläge und Gebäudeabdichtung) eine kurze Nutzungsdauer von 25 Jahren zugrunde gelegt wird, wird der Anteil der in BG1 bei einer Betrachtung ohne Nutzungsdauer im Mittel auf die Hälfte (2% ohne Nutzungsdauer statt 5% mit Nutzungsdauer) reduziert. Die über die BG3 erfassten Gebäudeteile nehmen entsprechend zu (35% ohne Nutzungsdauer statt 30% mit Nutzungsdauer). Der Anteil der über die BG3 hinausgehenden Schichten bleibt mit und ohne Berücksichtigung von Nutzungsdauern unverändert bei im Mittel 15%. Mit Ausnahme der betrachteten EFH führt die Berücksichtigung von Nutzungsdauern also nur zu einer geringfügigen Verschiebung der Anteile der verschiedenen Gebäudeteile.

### 2.3.3 Gebäudebewertung und Bilanzgrenzen mit und ohne Nutzungsdauern

In 2.3.2 Anteil der OI Bilanzgrenzen mit und ohne Nutzungsdauern wurde gezeigt, welche Anteile des ökologischen Aufwandes durch die verschiedenen Bilanzgrenzen des OI erfasst werden. In den folgenden Grafiken wird dargestellt, wie sich diese Erweiterung auf die Bewertung, d.h. den Vergleich der Gebäude untereinander, auswirkt. Dabei wird ebenfalls eine Betrachtung mit und ohne Nutzungsdauer berücksichtigt. Der OI wird dabei auf die in Kapitel 2.2 Definition der Bezugsfläche beschrieben  $BZF_{HEROES}$  bezogen.

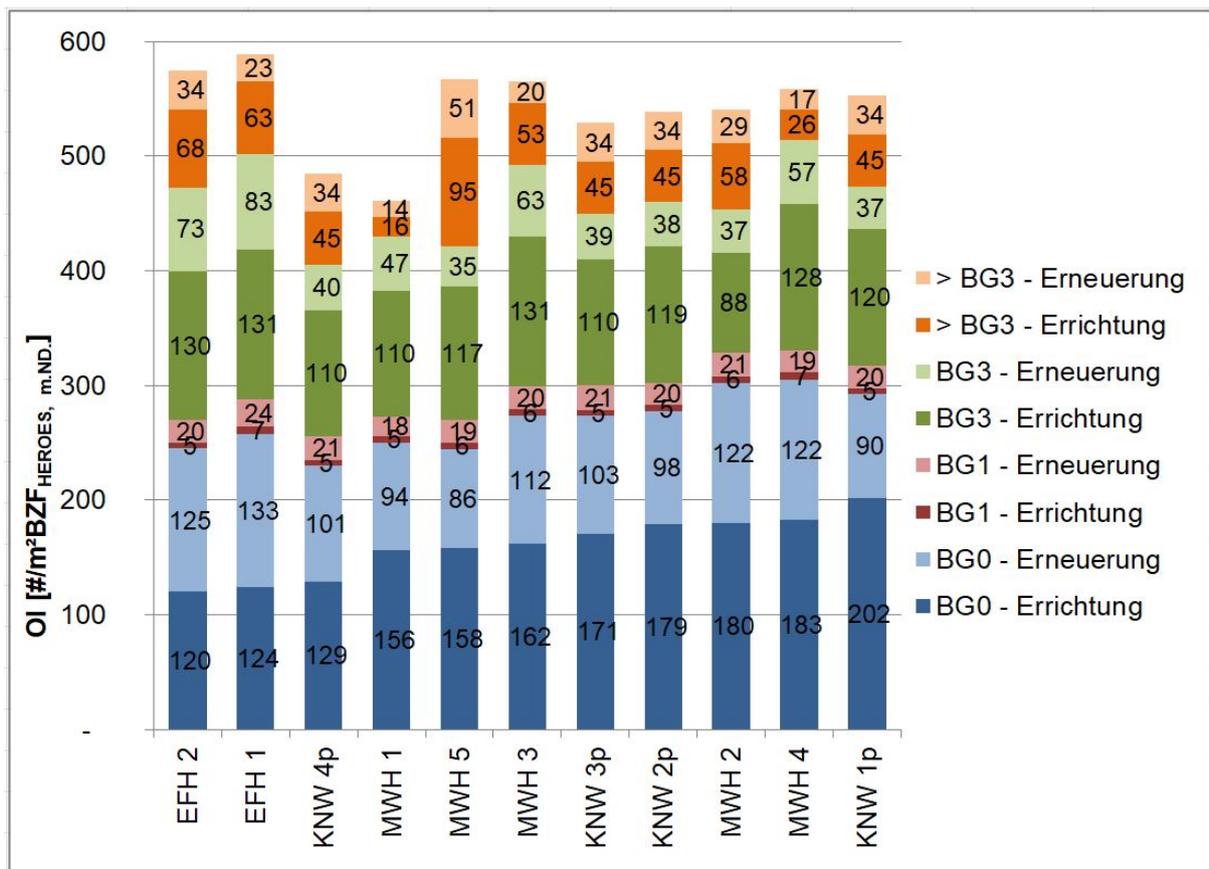


Abbildung 11: OI pro m<sup>2</sup> BZF der untersuchten Beispielgebäude aufgeteilt auf die BG0, BG1, BG3 und >BG3 unter der Berücksichtigung von Nutzungsdauern

Abbildung 11 zeigt den OI der untersuchten Beispielgebäude aufgeteilt auf die derzeit im Rahmen der Gebäudebewertung angewendeten Bilanzgrenzen des OI (BG0, BG1 und BG3). Zudem wird jener Teil dargestellt, der bisher nicht erfasst wird (>BG3). Die Erneuerung der Baustoffe wurde entsprechend der OI Berechnung ermittelt (siehe 1.3 Nutzungsdauern und Austauschraten). Die Gebäude sind nach dem OI BG0 für die Errichtung gereiht. Es zeigt sich, dass die Erweiterung der Bilanzgrenze die Bewertung der Gebäude deutlich beeinflussen kann. Am deutlichsten ist der Einfluss für die untersuchten EFH. Während diese bei Berücksichtigung der BG0 und BG1 noch einen geringen OI im Vergleich zu den MWH aufweisen, ist der OI der Gebäudeteile, die in der BG3 und in >BG3 zusammengefasst werden, deutlich größer als bei den MWH. Das ist durch den im Vergleich zu MWH deutlich größeren Anteil an Nebenflächen zu erklären. Auch die Berücksichtigung von Nutzungsdauern wirkt sich bei EFH deutlicher aus als bei MWH. Das ist durch den hohen Anteil an Konstruktionen mit geringerer Nutzungsdauer (vor allem Fenster, Dämmstoffe) zu erklären (siehe auch 2.1 Nutzungsdauer und Betrachtungszeitraum).

Es zeigt sich, dass die Erweiterung der Bilanzgrenze BG0 auf die BG1 ohne Berücksichtigung von Erneuerungszyklen kaum Einfluss auf die Gebäudebewertung hat. Ab der BG3 sieht der OI Berechnungsleitfaden (IBO 2016a) die Berücksichtigung von Nutzungsdauern vor. Es zeigt sich, dass der Anteil der Erneuerung der Baustoffe bei EFH bereits ab der BG1 besonders groß ist.

Um die ökologische Relevanz der in den verschiedenen Bilanzgrenzen zusammengefassten Gebäudeteile bewerten zu können, ist neben dem Anteil der Bilanzgrenzen am Gesamtaufwand die Betrachtung der jeweiligen Maxima und Minima interessant. Durch den Vergleich dieser wird das Optimierungspotential deutlich. Die Werte sind in folgender Tabelle dargestellt.

Tabelle 12: Maximum, Minima und Delta (Differenz zwischen Maximum und Minimum) der OI Punkte pro m<sup>2</sup> BZF unter der Berücksichtigung von Nutzungsdauern für die BG0, BG1, BG3 und >BG3

Bilanzgrenze	<b>Minimum</b> [OI Punkte/m <sup>2</sup> BZF <sub>m.ND</sub> ]	<b>Maximum</b> [OI Punkte/m <sup>2</sup> BZF <sub>m.ND</sub> ]	<b>Delta</b> [OI Punkte/m <sup>2</sup> BZF <sub>m.ND</sub> ]
BG0	230	305	75
BG1	23	30	8
BG3	125	214	89
>BG3	31	146	115

Tabelle 12 zeigt, dass die Differenz zwischen den maximalen und minimalen Werten bei den bisher nicht erfassten Gebäudeteilen (>BG3) mit 115 OI Punkten am größten ist. Dahinter folgt die BG3 mit 89 OI Punkten und die BG0 mit 75 Punkten.

Wie in Kapitel 2.1 Nutzungsdauer und Betrachtungszeitraum ausgeführt, scheint auch eine Betrachtung ohne Nutzungsdauer sinnvoll. Deshalb wurden die Auswirkungen der Erweiterung der Bilanzgrenze auf die Gebäudebewertung auch ohne Berücksichtigung von Nutzungsdauern betrachtet.

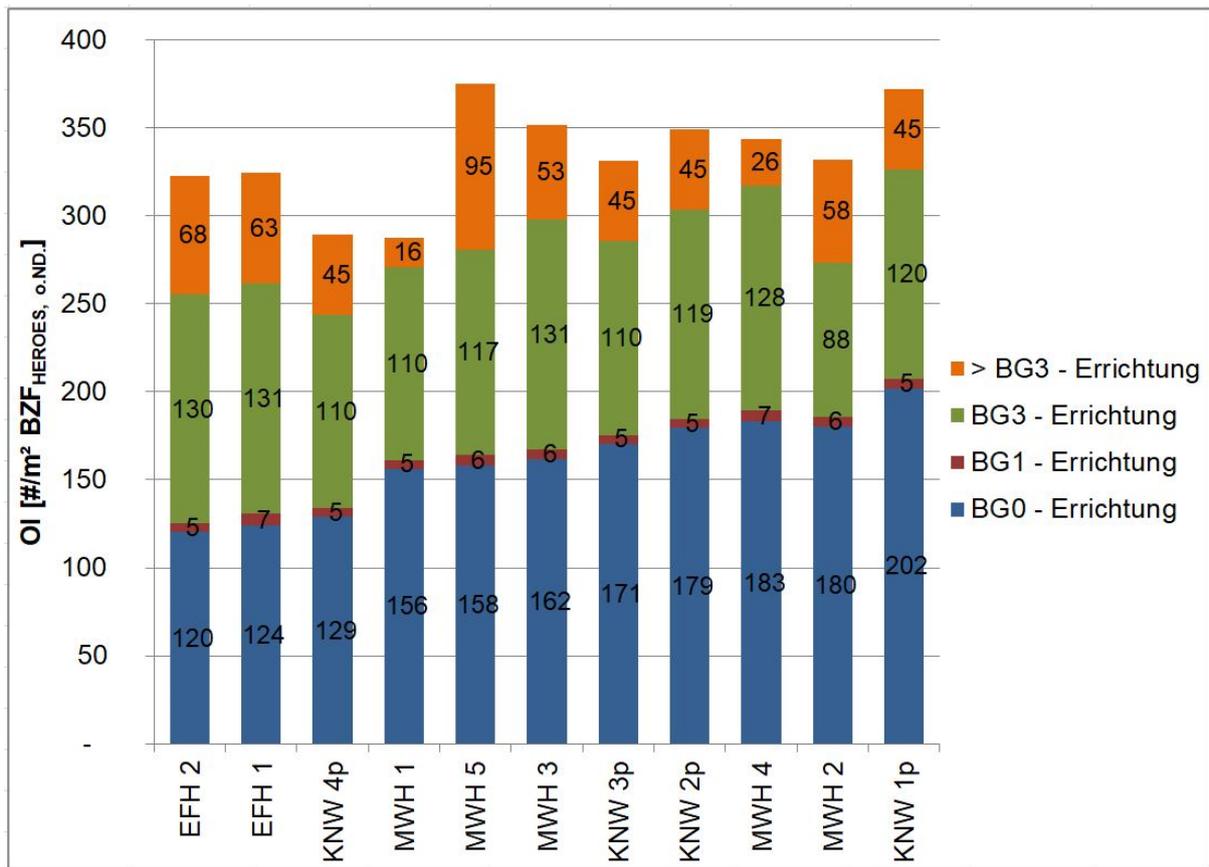


Abbildung 12: OI pro m<sup>2</sup> BZF<sub>HEROES</sub> der untersuchten Beispielgebäude aufgeteilt auf die BG0, BG1, BG3 und >BG3 ohne Berücksichtigung von Nutzungsdauern

Abbildung 12 zeigt den OI der untersuchten Beispielgebäude pro m<sup>2</sup> BZF<sub>HEROES</sub> aufgeteilt auf die Bilanzgrenzen BG0, BG1, BG3 und jene Gebäudeteile, die über die BG3 hinausgehen (>BG3), ohne Berücksichtigung von Nutzungsdauern. Auch ohne die Berücksichtigung von Nutzungsdauern führt die Erweiterung der Bilanzgrenze zu einer Verschiebung der Gebäudebewertung. Der Einfluss ist bei EFH aufgrund des hohen Anteils an Nebenflächen größer als bei MWH. Um auch für eine Betrachtung ohne Nutzungsdauer die Optimierungspotential abschätzen zu können, wurden die jeweiligen Maxima und Minima gegenübergestellt.

Tabelle 13: Maximum, Minima und Delta (Differenz zwischen Maximum und Minimum) der OI Punkte pro m<sup>2</sup> BZF<sub>HEROES</sub> ohne Berücksichtigung von Nutzungsdauern für die BG0, BG1, BG3 und >BG3

Bilanzgrenze	Minimum [# OI/m <sup>2</sup> BZF <sub>HEROES</sub> , m.ND]	Maximum [# OI/m <sup>2</sup> BZF <sub>HEROES</sub> , m.ND]	Delta [# OI/m <sup>2</sup> BZF <sub>HEROES</sub> , m.ND]
BG0	120	202	82
BG1	5	7	2
BG3	88	131	43
>BG3	16	95	78

Tabelle 13 zeigt, dass bei der BG0 die Differenz zwischen den maximalen und minimalen Werten mit 82 Punkten am größten ist. Ein ähnlich großes Potential für die Optimierung

bieten allerdings auch ohne Berücksichtigung von Nutzungsdauern jene Gebäudeteile, die bisher im Rahmen der Gebäudebewertung mittels OI nicht berücksichtigt werden (>BG3). Für die Gebäudeteile, die in der BG3 zusammengefasst sind, beträgt die Differenz zwischen Maximum und Minimum 43 OI Punkte.

#### **2.3.4 Schlussfolgerung, Empfehlung, Ausblick**

Durch die Analyse der detailliert erfassten Projekte konnte gezeigt werden, dass Gebäudeteile, die bisher auch im Rahmen der erweiterten Berechnung des OI (BG3) nicht erfasst werden, einen relevanten Anteil auf die ökologische Gebäudebewertung haben können. Zudem scheinen diese Gebäudeteile auch ein erhebliches Optimierungspotential aufzuweisen. Als Indikator dafür wurde die Differenz der jeweiligen Maxima und Minima des OI dieser Gebäudeteile herangezogen. Eine detaillierte Analyse des Optimierungspotentials der jeweiligen Gebäudeteile war im Rahmen dieses Projektes nicht möglich und sollte Gegenstand weiterer Forschungsarbeit sein.

## **2.4 Analyse der Haustechniksysteme**

### **2.4.1 Aufgabenstellung**

Bei der derzeitigen Anwendung des Oekoindex OI mit Bilanzgrenze BG0/BG1 (Wohnbauförderung) bzw. BG3 (Gebäudebewertungssysteme) werden haustechnische Komponenten nicht betrachtet. Obwohl für die einzelnen Komponenten grundsätzlich Daten vorhanden wären, scheitert die Erfassung der Haustechniksysteme vor allem am hohen Aufwand.

Im vorliegenden Kapitel soll auf Basis von Analysen und exemplarischen Gebäudeökobilanzen der Beitrag von haustechnischen Anlagen zur Gesamtökobilanz analysiert werden. Darauf basierend wurden für die relevanten Haustechniksysteme Richtwerte und Defaultwerte bezogen auf m<sup>2</sup> bzw. Leistung abgeleitet, mit deren Hilfe die Belastungen in den betrachteten Ökobilanzindikatoren einfach ermittelt werden können (siehe auch Kapitel 2.6 Vereinfachte Berechnungsmethode).

### **2.4.2 Vorgangsweise**

Im Arbeitspaket AP3 wurde auf Basis von exemplarischen Gebäudeökobilanzen der Beitrag von haustechnischen Anlagen zur Gesamtökobilanz analysiert. Parallel dazu wurden gemeinsam mit den Projektpartnern teamgmi Ingenieurbüro GmbH und Planungsteam E-Plus GmbH die haustechnischen Komponenten und Systeme systematisiert und gruppiert sowie unterschiedliche Ausführungsvarianten festgelegt. Für die verschiedenen Systeme wurden Bezugsgrößen ermittelt, welche auf Grund der Leistung bzw. der Gebäudegröße mittels einfacher Skalierungsgesetze die Ökobilanzdaten für die Herstellung und die Instandhaltung (Austausch der Komponenten über den Betrachtungszeitraum) liefern können. Für die ausgewählten Systeme wurden Massenbilanzen der eingesetzten Materialien aufgestellt. Fehlende Materialien wurden in der baubook-Datenbank ergänzt. Die Ergebnisse wurden gruppiert und verdichtet. Abschließend wurden konservative Default-

werte für die Herstellung von relevanten Haustechniksystemen (Erstherstellung und Ersatz während Betrachtungszeitraum) abgeleitet. Die Ergebnisse wurden in die baubook-Datenbank und die baubook-Gebäudebilanzierungssoftware eco2soft eingepflegt und können über Schnittstellen aus den Energieausweis-Berechnungsprogrammen ausgelesen werden.

### 2.4.3 Relevanz der Haustechniksysteme im Einfamilienhaus

#### 2.4.3.1 Relevanz der Herstellung der Haustechniksysteme im Vergleich zum Betrieb

Eine ausführliche Analyse des Verhältnissen der Herstellung von haustechnischen Anlagen (Module A1-A3, B4) zum Gebäudebetrieb (Modul B6) wurde bereits im Rahmen des Projekts „Innovative Gebäudekonzepte im ökologischen und ökonomischen Vergleich über den Lebenszyklus“ (Sölkner P. u. a. 2013) durchgeführt. In diesem Projekt wurde ein Modelleinfamilienhaus in unterschiedlichsten Varianten (unterschiedliche Baustoffe, unterschiedliche haustechnische Lösungen und energetische Standards) untersucht. Sechs Gebäudekonzepte wurden untersucht:

- Niedrigenergiehaus (NEH) in zwei Haustechnikvarianten sowie ein Sonnenhaus (SH) mit einem Heizwärmebedarf (HWB Ref) von ca. 40 kWh/m<sup>2</sup>a
- Passivhaus (PH) in zwei Haustechnikvarianten sowie ein Plusenergiehaus (PEH) mit einem Heizwärmebedarf (HWB Ref) von ca. 10 kWh/m<sup>2</sup>a

Abbildung 13 zeigt die Leistungsmatrix für die sechs Gebäudekonzepte.

	NEH 1	NEH 2	SH	PH 1	PH 2	PEH
Pellets/ Einzelofen		Pelletskessel 10kW	Einzelofen 25kW		Pelletskessel 10kW	
Wärmepumpe	Sole-Wasser WP 10kWth			Kompakttaggr egat: Luft-Luft WP 1,8kW		Kompakttaggr egat: Luft-Luft WP 1,8kW
Solarenergie			45 m <sup>2</sup> Solarthermie			10m <sup>2</sup> Thermie + 61m <sup>2</sup> / 6kWp PV-Anlage
Heizung	Fußboden- heizung	Fußboden- heizung	Fußboden- heizung	Elektroheiz- körper (6 Radiatoren)	Fußboden- heizung	Elektroheizkör- per (6 Radiatoren)
Kontrollierte Wohnraum- lüftung				ja	ja	ja
Speichergrößen	170 l Pufferspeicher	1000 l Hei- zungsspeicher , 200 l WW-Sp	7000 l Hei- zungsspeicher , 300 l WW-Sp	180 l Pufferspeicher	800 l Heiz- ungsspeicher, 200 l WW-Sp	500 l WW- Speicher

Abbildung 13: Leistungsmatrix der sechs Haustechnikvarianten (Sölkner P. u. a. 2013, 13)

Abbildung 15 (siehe Seite 50) zeigt die Ökobilanzergebnisse für die Gewerke Heizung und Lüftung der unterschiedlichen Varianten, aufgeschlüsselt nach Lebensphasen über eine angenommene Lebensdauer von 100 Jahren. In (Sölkner P. u. a. 2013) wurde eine andere Nomenklatur für den Primärenergiebedarf verwendet. Dabei entspricht

- CED, renewable unserem PERT;
- CED, non-renewable unserem PENRT;
- CED, total unserem PET.

Mit zwei Ausnahmen (PERT und GWP des Sonnenhauses) überwiegen die Beiträge des Gebäudebetriebs (B6) deutlich jene der Herstellung der Haustechniksysteme (A1-A3), des Austausch der Haustechniksystemen (B4) und der Entsorgung der Systeme (C3-C4). Der Austausch der Heiz- und Lüftungssystem (B4) übersteigt deutlich den Aufwand für die Herstellung (A1-A3). Dies liegt an den kurzen Nutzungsdauern, welche für die Systeme angenommen wurden. Da die Entsorgung nicht Gegenstand der vorliegenden Studie ist, wird im Folgenden nur die Herstellung und Erneuerung (A1-A3, B4) betrachtet.

Tabelle 14 zeigt den prozentuellen Anteil der Herstellung und Erneuerung (A1-A3, B4) an der Gesamtbelastung inkl. Betrieb (A1-A3, B4 und B6) für die Primärenergie-Indikatoren sowie für das GWP und das AP.

Tabelle 14: Prozentueller Anteil der Herstellung/Erneuerung (A1-A3, B4) der Heiz- und Lüftungssysteme an der Gesamtbelastung inkl. Betrieb (B6) Quelle: eigene Auswertung auf Basis von (Sölkner P. u. a. 2013)

	PERT	PENRT	PET	GWP	AP
NEH1	3%	17%	14%	18%	29%
NEH2	0%	13%	3%	16%	10%
SH	2%	64%	17%	63%	56%
PH1	2%	12%	9%	21%	34%
PH2	1%	24%	6%	26%	24%
Plusenergiehaus	5%	17%	14%	26%	46%

Nur die Herstellung (A1-3) im Vergleich zur Betriebsenergie (B6) zeigt Tabelle 15.

Tabelle 15: Prozentueller Anteil der Herstellung (A1-A3) der Heiz- und Lüftungssysteme an der Gesamtbelastung inkl. Betrieb (A1-A3, B4 und B6). Quelle: eigene Auswertung auf Basis von (Sölkner P. u. a. 2013)

	PERT	PENRT	PET	GWP	AP
NEH1	1%	6%	5%	5%	11%
NEH2	0%	5%	1%	6%	4%
PH1	1%	3%	2%	3%	11%
PH2	0%	9%	2%	9%	9%
SH	1%	43%	8%	40%	31%
PEH	1%	5%	4%	5%	18%

Für den PERT liegt die Herstellungs- und Erneuerungsphase bei allen Systemen bei max. 5 % der Gesamtbelastungen. Dies liegt zum einen daran, dass mit heutigen Technologien zur Herstellung hauptsächlich Energieträger aus nicht erneuerbaren Ressourcen eingesetzt

werden und zum anderen daran, dass die Gebäude mit Holzheizung relativ hohe Mengen an erneuerbarer Energie für den Gebäudebetrieb benötigen.

Hohe Anteile der Herstellung und Erneuerung im Vergleich zum Betrieb hat v.a. das Sonnenhaus zu verzeichnen. Dafür verantwortlich sind v.a. der Solartank und die Solaranlage; der Solartank nur für die Errichtungsphase, da für ihn eine Nutzungsdauer von 100 Jahren angenommen wurde.

Das Plusenergiehaus zeigt ebenfalls relativ hohe anteilige Belastungen in den Ökobilanzindikatoren PENRT, GWP und AP (bei insgesamt geringen Belastungen). Hier ist die Lüftungsanlage die dominierende Komponente, die thermische Solaranlage trägt ebenfalls wesentliche Anteile bei. Die PV-Anlage wurde in (Sölkner P. u. a. 2013) dem Gewerk „Elektro“ zugeordnet. Eine gemeinsame Dominanzanalyse der Gewerke Heizung, Lüftung, Sanitär und Elektro befindet sich nicht im Endbericht.

Die Gewerke Elektro und Sanitär wurden in (Sölkner P. u. a. 2013) für das Plusenergiehaus ausgewertet. In diesem überwiegen die Belastungen der PV-Anlage bei Weitem die Belastungen durch die anderen Elektro- und Sanitärkomponenten (Abbildung 14). Die Aufwände für die Herstellung werden durch die Einsparungen aus dem PV-Stromertrag mehr als kompensiert (trotz niedriger Nutzungsdauer von 20 Jahren für die PV-Anlage).

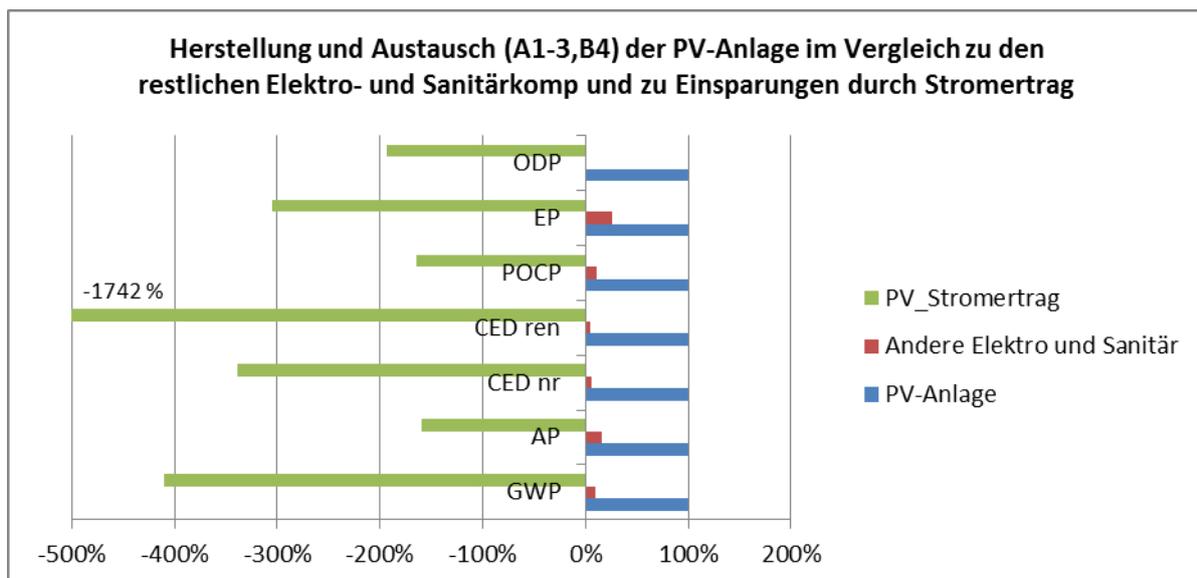


Abbildung 14: Herstellung und Austausch der PV-Anlage im Vergleich zu den restlichen Elektro- und Sanitärkomponenten und zu den Einsparungen durch Stromertrag. Quelle: (Sölkner P. u. a. 2013)

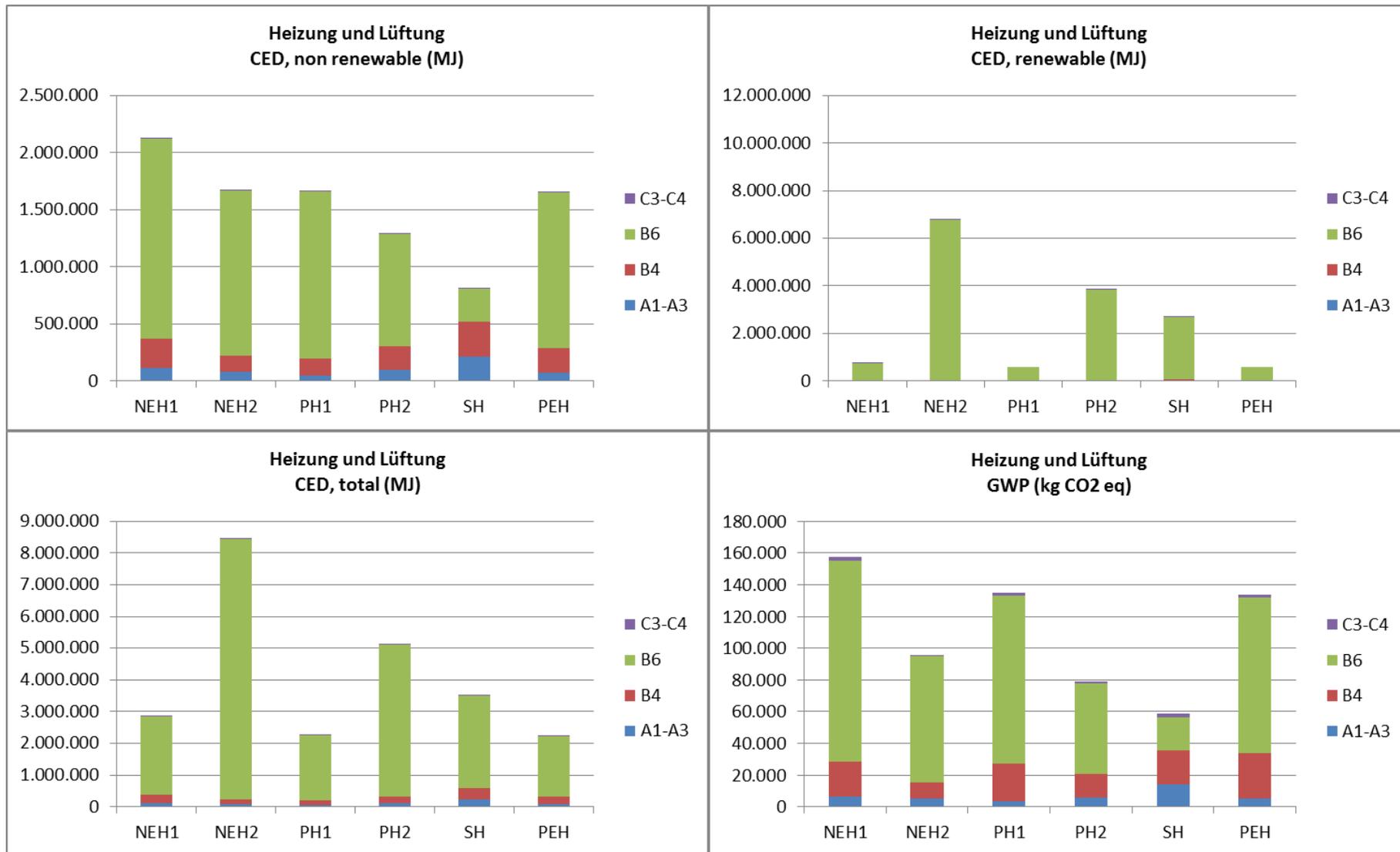


Abbildung 15: Ökobilanzindikatoren der Systeme für Heizung und Lüftung inkl. Gebäudebetrieb aufgeschlüsselt nach Lebensphase

### 2.4.3.2 Relevanz einzelner Haustechniksysteme

Im Folgenden wird eine Dominanzanalyse für unterschiedliche Haustechniksysteme in einem Muster-Einfamilienhaus durchgeführt. Folgende Systeme wurden betrachtet.

Tabelle 16: Übersicht über die Haustechnikvarianten des Einfamilienhauses

	V1 Pellets	V2 Holz + Solar	V3 Erdwärme	V4 Passivhaus	V5 Plusenergieh.
<b>Wärmebereitstellung</b>					
Pelletsessel	x				
Kachelofen		x			
Tiefensonde		750 m	x		
Wärmepumpe			x	x	x
Solaranlage (thermisch)		12 m <sup>2</sup>			
PV-Anlage					60 m <sup>2</sup>
<b>Wärmespeicher</b>					
Wärmespeicher	1000l	1000l			
<b>Wärmeabgabe</b>					
Fußbodenheizung	x	x	x		
Radiatoren				x	x
<b>Lüftung</b>					
Einzellüfter	x	x	x		
Lüftungsanlage				x	x
<b>Elektro</b>					
Grundausstattung	x	x	x	x	x
<b>Sanitär</b>					
2 WC, 1 Badew., 1 Dusche, 2 Handwaschbecken	x	x	x	x	x
<b>Warmwasser</b>					
Warmwasserspeicher 200l	x	x	x	x	x
Warmwasserverteilung	x	x	x	x	x

Das zweigeschossige Einfamilienhaus verfügt über eine konditionierte BGF von 158 m<sup>2</sup>. Es ist außerdem unterkellert (nicht konditioniert). Alle Auswertungen sind auf 1 m<sup>2</sup> konditionierte BGF bezogen.

In den folgenden Abbildungen wird eine Dominanzanalyse der Herstellung der Haustechniksysteme für die unterschiedlichen Varianten dargestellt. Um die Relevanz der einzelnen Varianten beurteilen zu können, werden in Abbildung 16 die Primärenergie-Werte in MJ pro m<sup>2</sup><sub>BGF</sub> dargestellt.

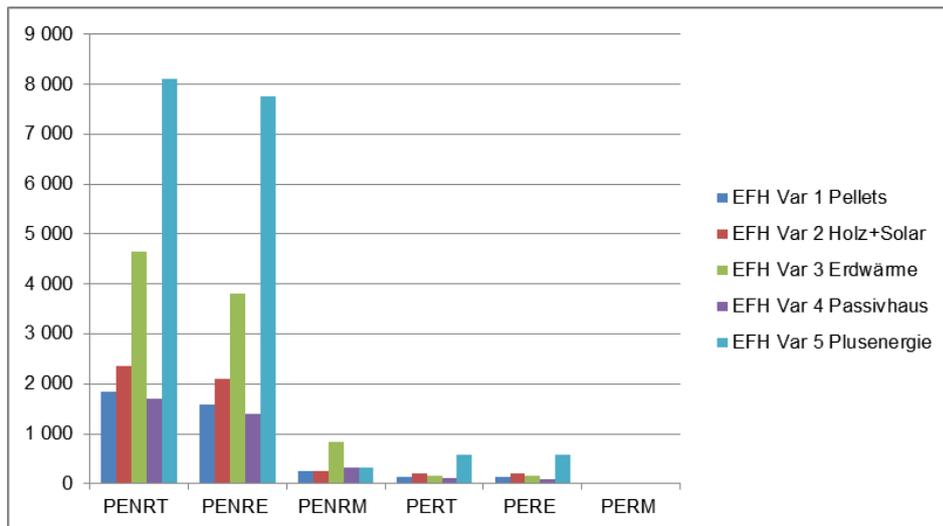


Abbildung 16: Vergleich der Herstellung und Erneuerung (A1-3, B4) unterschiedlichen Haustechnikvarianten in den PE-Indikatoren in MJ/m²BGF.

In der Variante 1 (Beheizung mit Pellets, Abbildung 17) ist der Beitrag der Fußbodenheizung am größten – bei insgesamt vergleichsweise niedrigen Belastungen. In der Variante 2 (thermische Solaranlage und Beheizung mit Stückholz, Abbildung 18) überwiegen in den meisten Indikatoren die Beiträge der Solaranlage, gefolgt von der Fußbodenheizung – bei insgesamt vergleichsweise niedrigen Belastungen. In der Variante 3 (Erdwärme und Wärmepumpe, Abbildung 19) ist die Tiefensole der Erdreich-Sole-Wärmepumpenanlage die dominierende Einflussgröße. In der Variante 4 (Passivhaus mit Komfortlüftungsanlage, Abbildung 20) ist die Lüftungsanlage am relevantesten. Eine Komponente der Lüftungsanlage enthält geringfügige Materialmengen mit biogenen Anteilen, weshalb hier auch ein Beitrag im PERM zu beobachten ist.

Wie in Abbildung 21 deutlich zu sehen ist, übersteigen im Plusenergiehaus die Belastungen für die Herstellung der PV-Anlage bei weitem diejenigen für die anderen Komponenten.

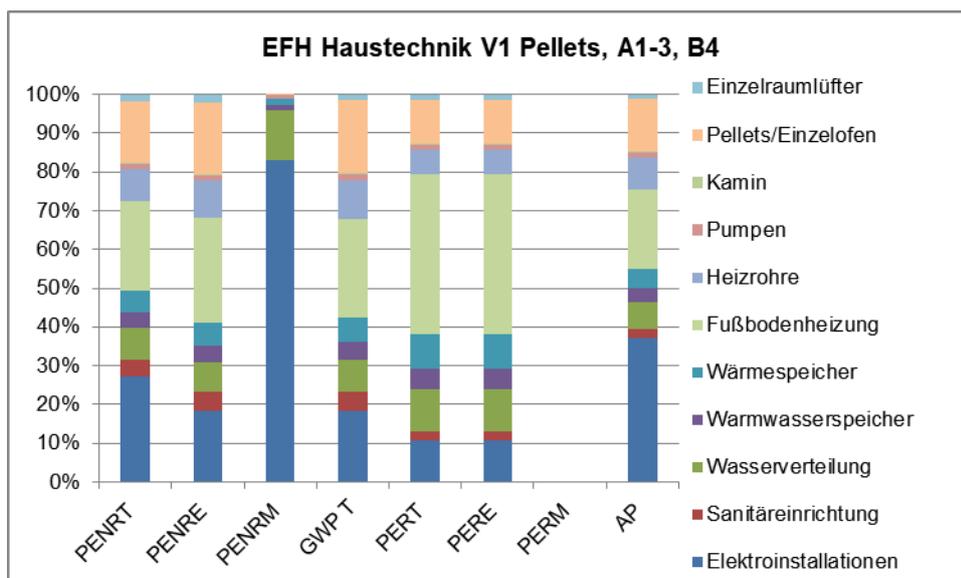


Abbildung 17: Variante 1 (Beheizung mit Pellets): Dominanzanalyse der Heizungs-, Lüftungs- und Sanitärsysteme sowie der Elektroinstallationen für die Herstellung und Erneuerung (A1-A3, B4)

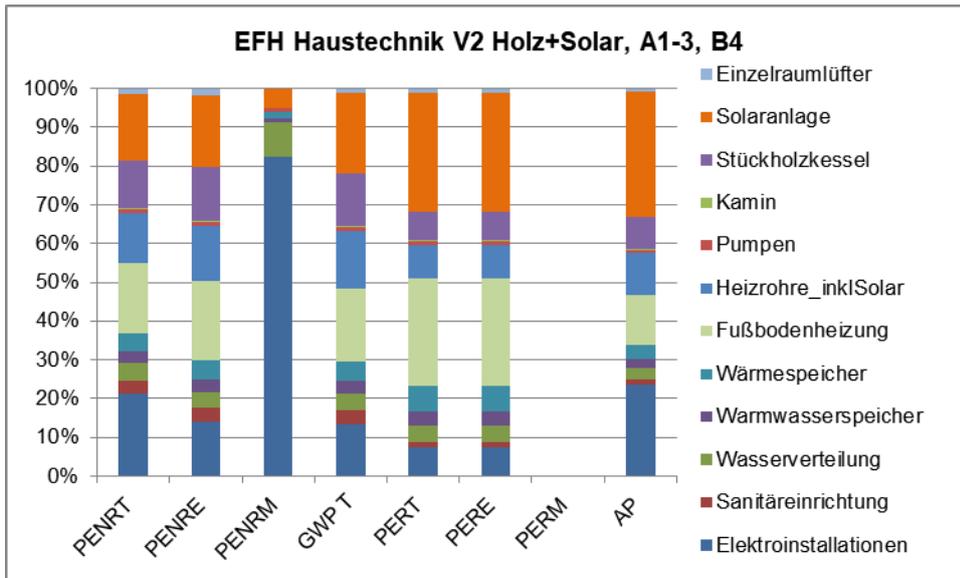


Abbildung 18: Variante 2 (thermische Solaranlage Beheizung mit Kachelofen): Dominanzanalyse der Heizungs-, Lüftungs- und Sanitärsysteme sowie der Elektroinstallationen für die Herstellung und Erneuerung (A1-A3, B4)

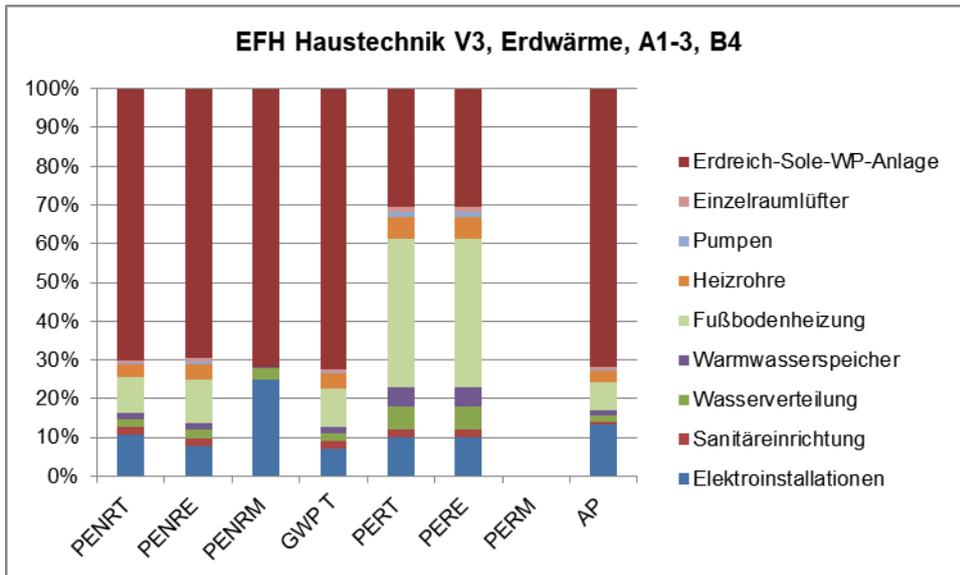


Abbildung 19: Variante 3 (Erdwärme und Wärmepumpe): Dominanzanalyse der Heizungs-, Lüftungs- und Sanitärsysteme sowie der Elektroinstallationen für die Herstellung und Erneuerung (A1-A3, B4)

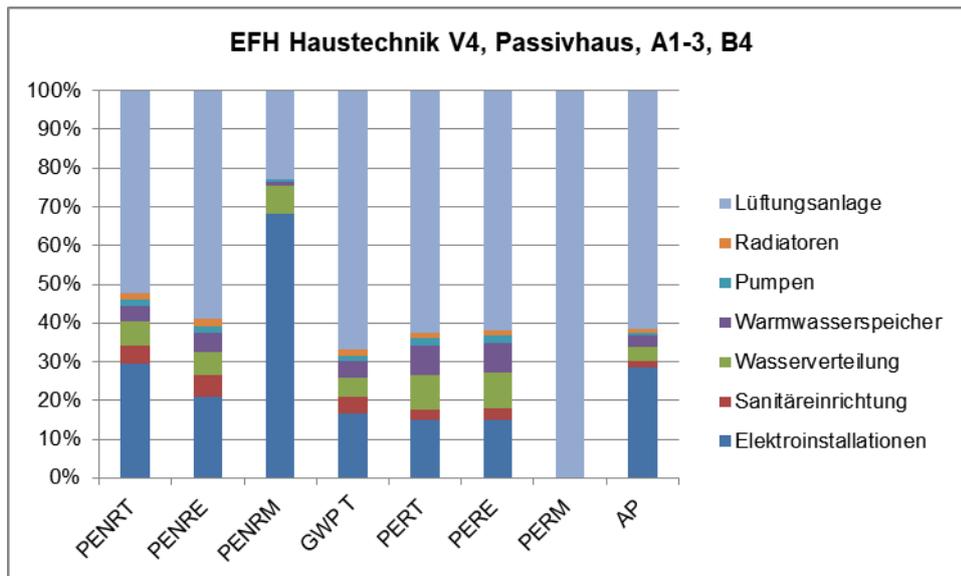


Abbildung 20: Variante 4 (Passivhaus mit Komfortlüftungsanlage): Dominanzanalyse der Heizungs-, Lüftungs- und Sanitärsysteme sowie der Elektroinstallationen für die Herstellung und Erneuerung (A1-A3, B4)

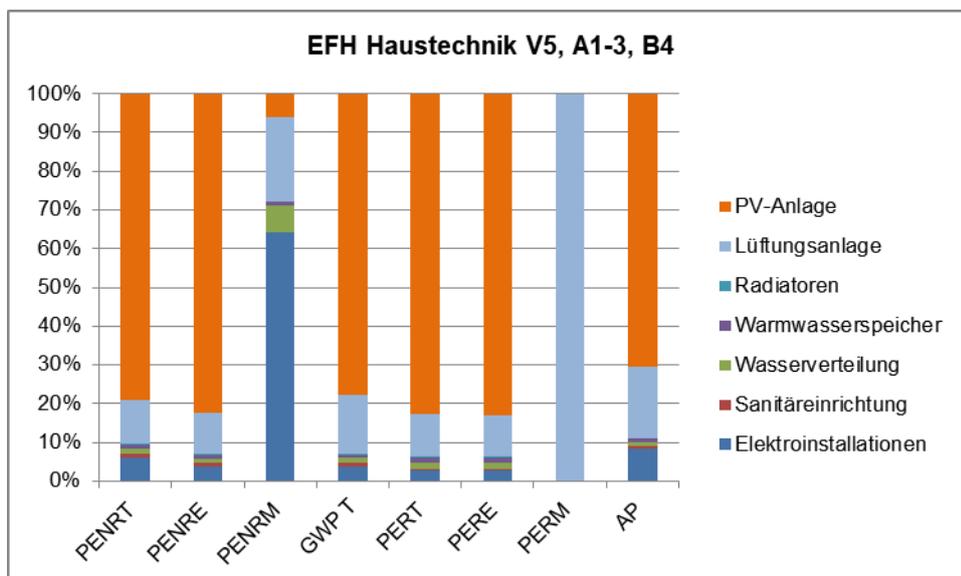


Abbildung 21: Variante 5 (Plusenergiehaus): Dominanzanalyse der Heizungs-, Lüftungs- und Sanitärsysteme sowie der Elektroinstallationen für die Herstellung und Erneuerung (A1-A3, B4)

### 2.4.3.3 Herstellung der Haustechnik-Elemente im Vergleich zur Herstellung der Bauelemente (A1-3, B4)

Für den Vergleich des Aufwandes für die Herstellung des Baukörpers wurden für den Baukörper unterschiedliche Varianten des Einfamilienhauses berechnet (siehe vorheriges Kap. 2.4.3.2 Relevanz einzelner Haustechniksysteme) und schließlich die beste Variante (Holzleichtbau) und die aufwändigste Variante (Beton mit EPS) als Referenz ausgewählt.

Wie bereits in den vorherigen Kapiteln ausgeführt und in den folgenden beiden Abbildungen ersichtlich, spielt die Haustechnik bei der Primärenergie an erneuerbaren Energieträgern – bei insgesamt niedrigen Werten – keine Rolle. Der gespeicherte Kohlenstoff ist praktisch

null. Der Einfluss beim GWP T hängt daher alleine davon ab, wie hoch der GWP C des Baukörpers ist (vergleiche Holzleichtbauweise – negativer GWP C zu Betonbauweise).

Die Analyse des Beitrags der Herstellung der Haustechnik-Komponenten im Vergleich zum Baukörper beschränkt sich daher im Folgenden auf die Primärenergie der nicht erneuerbaren Energieträger, das GWP aus den prozessbezogenen Emissionen (GWP P) und das Versauerungspotenzial (AP).

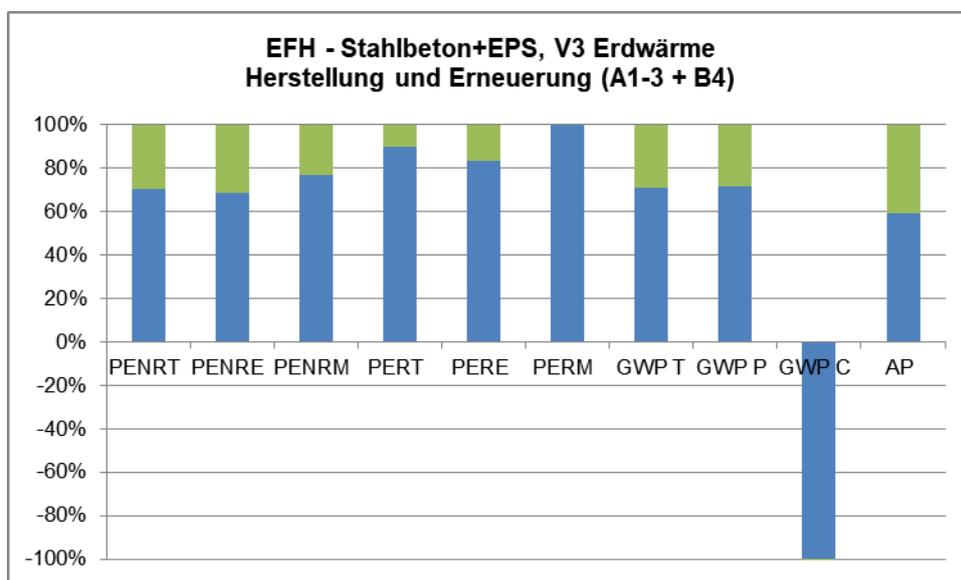
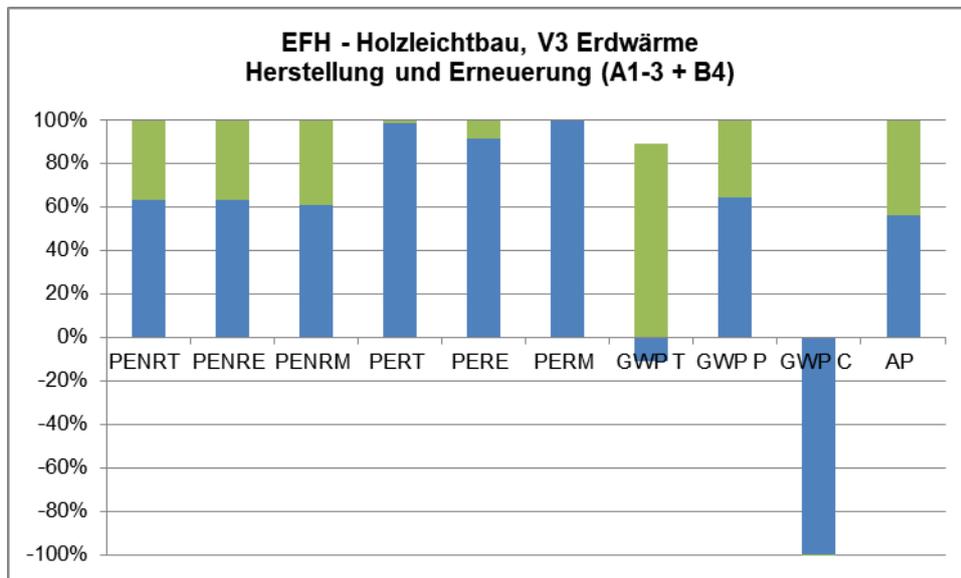


Abbildung 22: Einfamilienhaus in Holzleichtbauweise (oben) bzw. in Stahlbeton + EPS (unten), jeweils mit Haustechnik-Variante V3 (Erdwärme). Die Relevanz der Haustechnik (grüne Balken) im Vergleich zum Baukörper (blaue Balken) im GWP T hängen vor allem vom gespeicherten Kohlenstoff (GWP C) im Gebäude ab, weshalb im Folgenden nur der GWP P abgebildet wird.

Die folgenden Abbildungen zeigen die Ergebnisse des Vergleichs der Herstellung und Erneuerung der Haustechniksysteme und des Baukörpers für die unterschiedlichen Varianten. Die besonders aufwändigen Haustechniksysteme Tiefensonde und PV-Anlage sind gesondert dargestellt (rote Balken). Die Aufwände für die sonstigen Bestandteile der Haustechniksysteme liegen deutlich unter jenen für die Herstellung und Erneuerung der Baukörper.

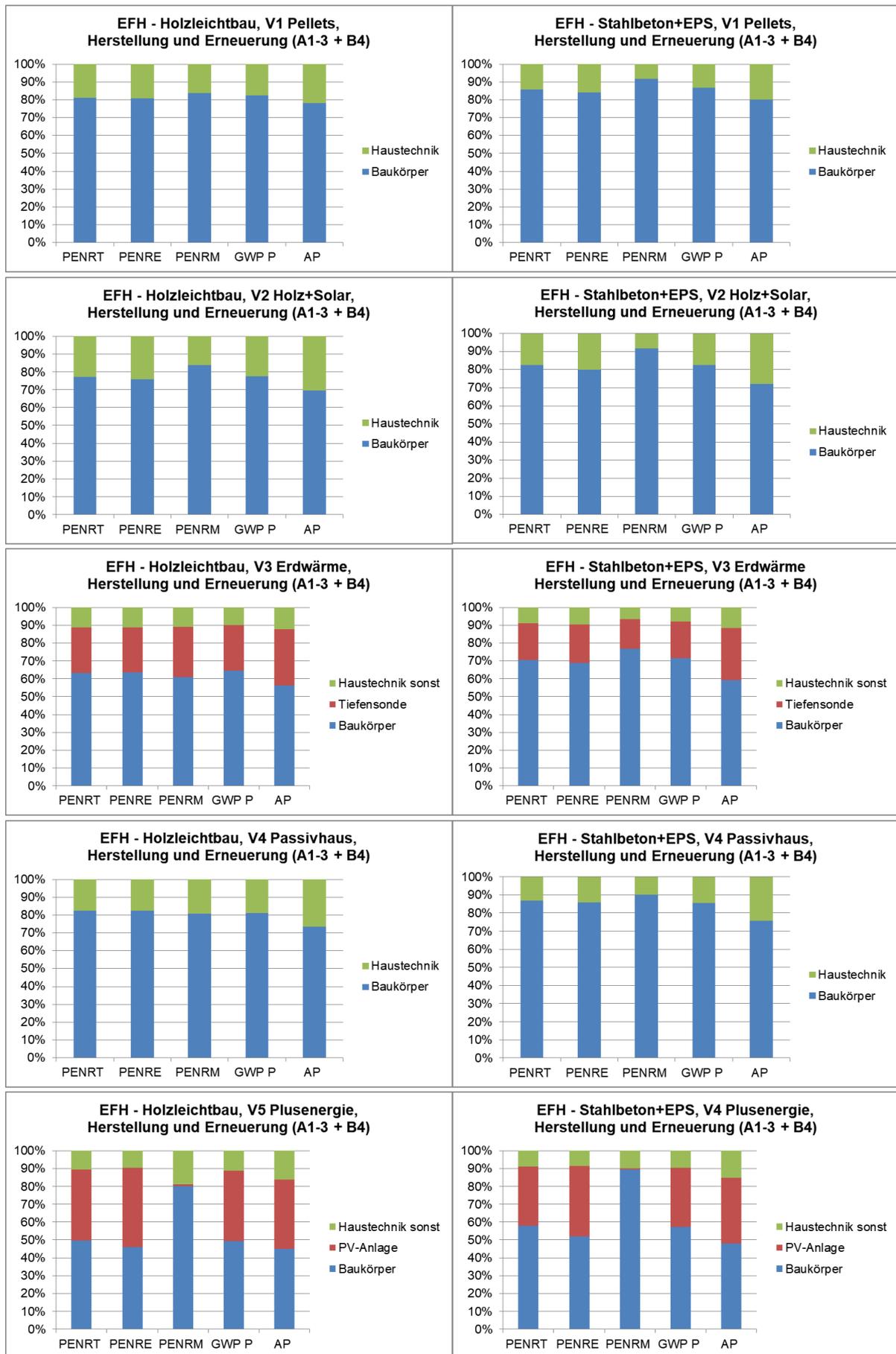


Abbildung 23: Vergleich Herstellung und Erneuerung (A1-3,B4) der Haustechniksysteme und des Baukörpers

## 2.4.4 Relevanz der Haustechniksysteme im Mehrwohnungshaus

Im Folgenden wird eine Dominanzanalyse für unterschiedliche Haustechniksysteme für das KlinaWo Mehrwohnungshaus (Beschreibung siehe Kap. 1.4.3) durchgeführt. Folgende Haustechnik-Systeme wurden betrachtet.

	Variante 1	Variante 2	Basis (V0)
<b>Wärmebereitstellung</b>			
Fernwärme		x	x
35 kW Tiefensondenanlage (7 Sonden, 700m)	x		x
Solaranlage (inkl. ca. 2000l WW-Speicher)	120 m <sup>2</sup>		60 m <sup>2</sup>
<b>Wärmeabgabe</b>			
Fußbodenheizung		x	x
Heizkörper	x		
<b>Lüftung</b>			
Grundlüftung Untergeschoß	x		x
Abluftanlage mit Zuluftströmung		x	x
Komfortlüftung (Zentral)	x		
<b>Elektro</b>			
PV-Anlage (inkl. Leitungen)	80 m <sup>2</sup>		
Verteilung (Grundausrüstung)	x	x	x
Zusätzliche Verteilleitungen	WP, PV		WP
<b>Sanitär</b>			
Grundausrüstung (WC, Bad, Dusche)	x	x	x
Warmwasserverteilung	WV4	WV1	WV1

Die folgenden Abbildungen zeigen die Beiträge der einzelnen Haustechniksysteme zum Gesamtbeitrag für die Herstellung und Erneuerung (A1-3, B4)

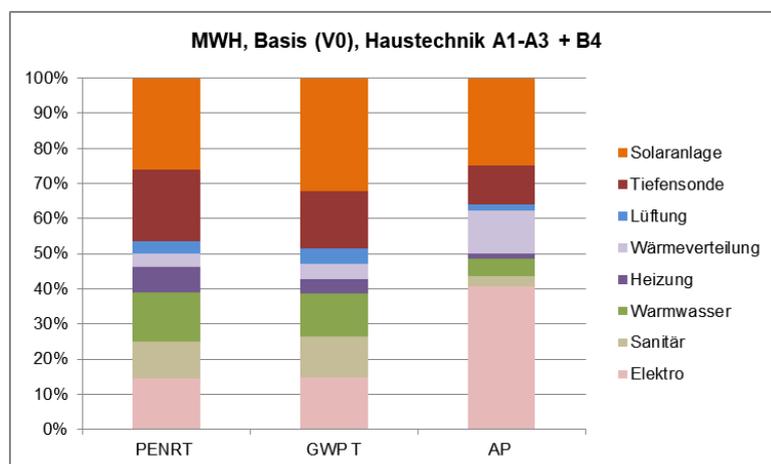


Abbildung 24: Dominanzanalyse der Haustechniksysteme für die Basisvariante

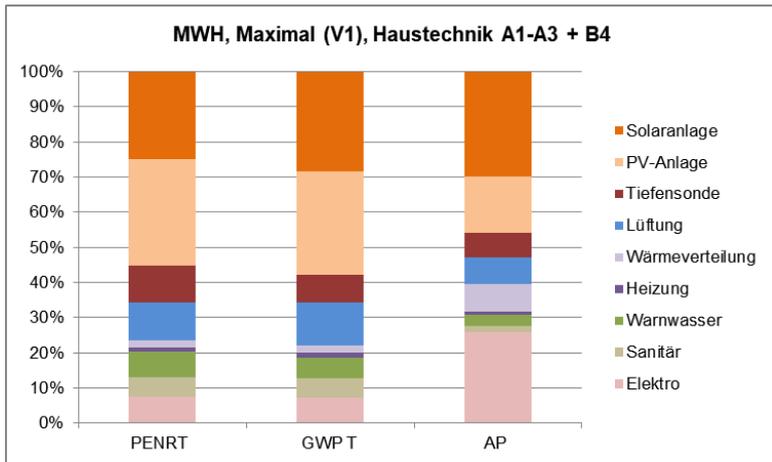


Abbildung 25: Dominanzanalyse der Haustechniksysteme für die Maximalvariante (V1)

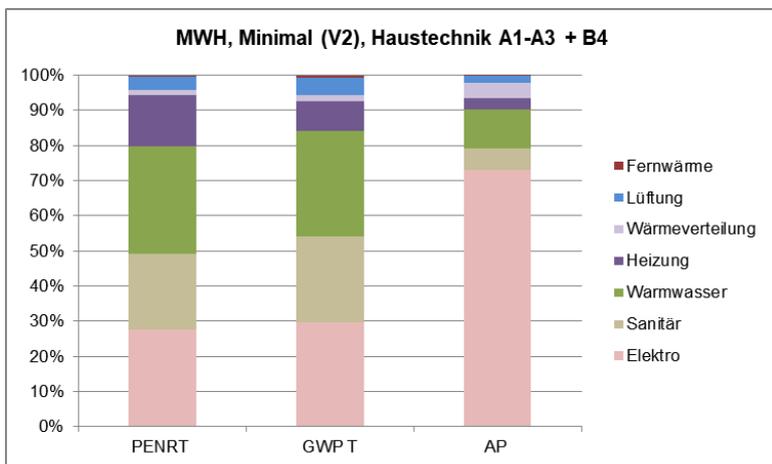


Abbildung 26: Dominanzanalyse der Haustechniksysteme für die Minimalvariante (V2)

Für den Vergleich zum Baukörper wurde die Baukörpervariante Ziegel mit EPS-Wärmedämmverbundsystem herangezogen. Wie aus der folgenden Abbildung zu entnehmen ist, überwiegen die Beiträge der Baumaterialien sowohl bei der Herstellung (A1-3) als auch bei der Herstellung und Erneuerung (A1-3, B4). Nur die Versauerung (AP) der Maximalvariante ist fast so relevant wie diejenige des Baukörpers.

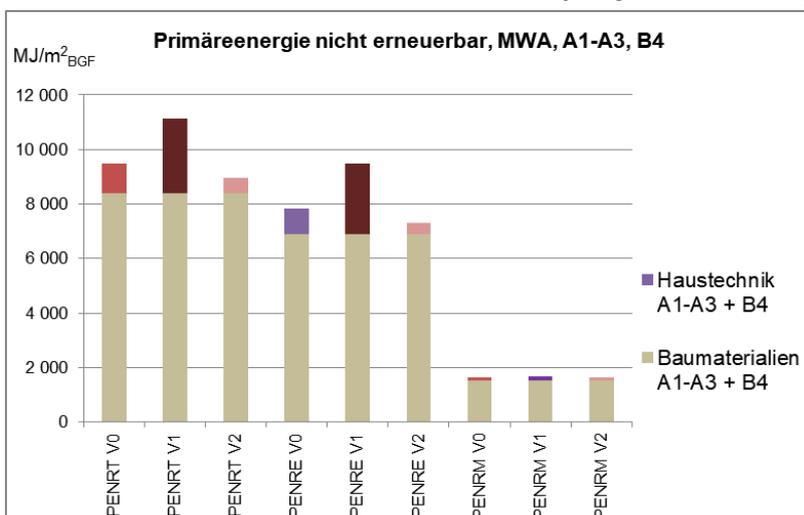


Abbildung 27: Vergleich der Primärenergie nicht erneuerbar für die Herstellung und Erneuerung (A1-3, B4) der Baumaterialien und der Haustechniksystem für die unterschiedlichen Varianten

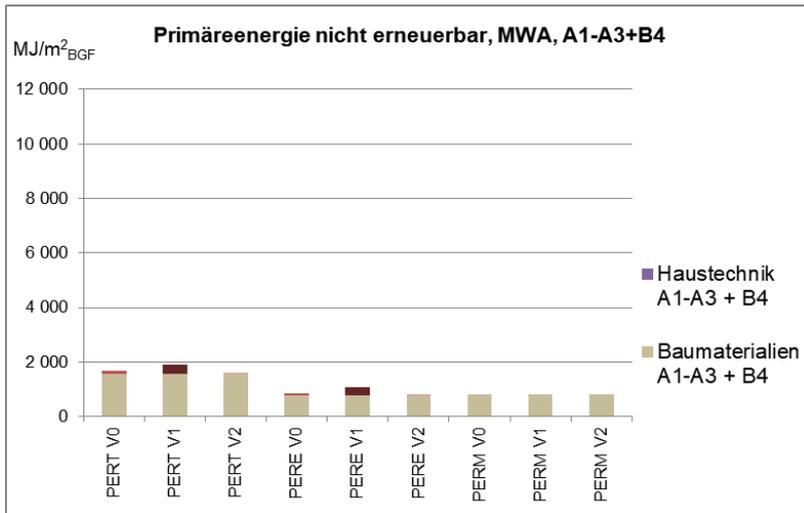


Abbildung 28: Vergleich der Primärenergie erneuerbar für die Herstellung und Erneuerung (A1-3, B4) der Baumaterialien und der Haustechniksystem für die unterschiedlichen Varianten

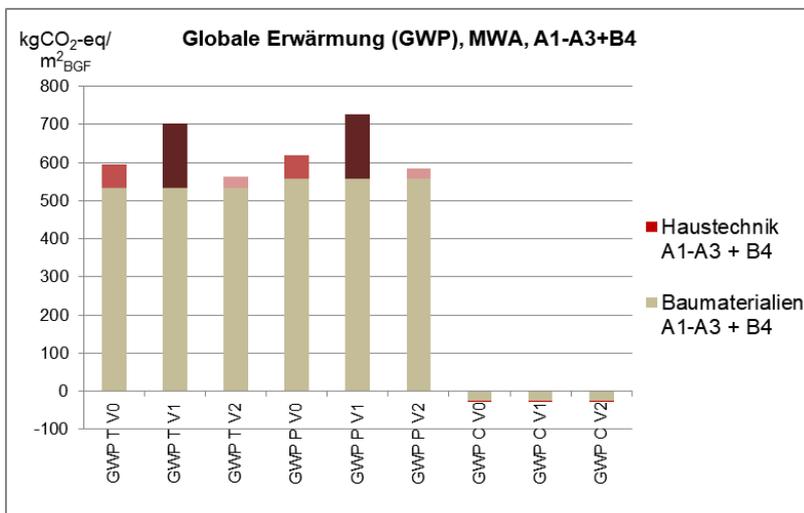


Abbildung 29: Vergleich der Globalen Klimaerwärmung für die Herstellung und Erneuerung (A1-3, B4) der Baumaterialien und der Haustechniksystem für die unterschiedlichen Varianten

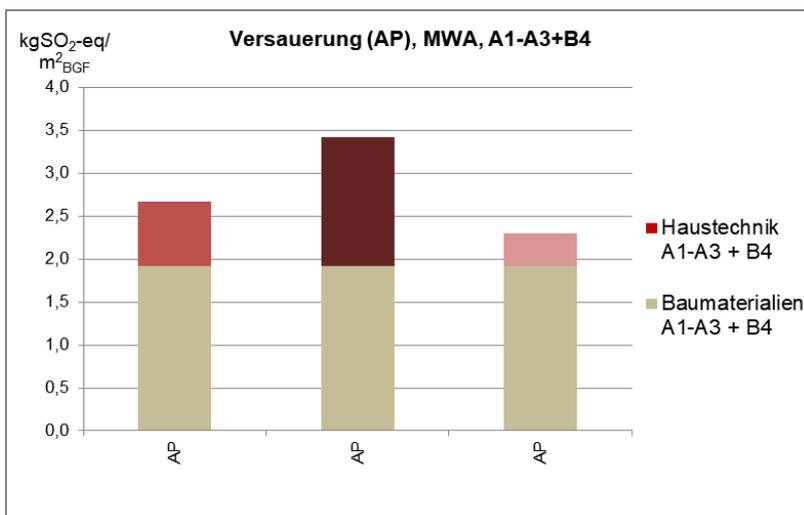


Abbildung 30: Vergleich der Versauerung (AP) für die Herstellung und Erneuerung (A1-3, B4) der Baumaterialien und der Haustechniksystem für die unterschiedlichen Varianten

#### **2.4.5 Schlussfolgerung, Empfehlung, Ausblick**

Die Aufwände für die Herstellung und Erneuerung der Haustechniksysteme liegt tendenziell deutlich unter den Aufwänden für die Gebäudeerrichtung und die Betriebsenergie.

Als Haustechniksysteme mit besonders relevanten Aufwänden in der Herstellungs- und Erneuerungsphase haben sich herausgestellt:

- Erdwärme-Sole-Wärmepumpenanlagen
- Photovoltaikanlagen
- (großflächige) thermische Solaranlagen
- Solartank (7000 l Heizungsspeicher)

Weiters von (geringerer) Relevanz sind:

- Komfort-Lüftungsanlagen
- Fußbodenheizung

Die Aufwände für Sanitär sind gering. Elektroinstallationen sind auf Grund des enthaltenen Kupfers v.a. im Zusammenhang mit der Versäuerung relevant. Insgesamt spielen die haustechnischen Komponenten am ehesten bei der Versäuerung eine wichtige Rolle. Beim PERT, PERE (erneuerbare Primärenergieträger) sind sie durchwegs von untergeordneter Bedeutung. Ebenso vernachlässigbar sind die Indikatoren der stofflich gebundenen Primärenergie PERM, PENRM (relativ geringer Gehalt an fossilen oder erneuerbaren Rohstoffen) und des Kohlenstoffs GWP C (relativ geringer Gehalt an erneuerbaren Rohstoffen).

Relevant sind somit: PENRE (bzw. PENRT mit vernachlässigbarem PENRM), GWP P (bzw. GWP T mit vernachlässigbarem GWP C) und AP.

## 2.5 Gemeinsame Betrachtung von Betrieb und Errichtung

### 2.5.1 Allgemein

Eine Zielsetzung im Rahmen des HEROES Projektes war es eine Methode zu entwickeln, welche eine gemeinsame Betrachtung der Umweltwirkungen von Betrieb und Errichtung von Gebäuden ermöglicht. Ziel dieser Gegenüberstellung ist es, ein Instrument an der Hand zu haben, welches die gegenseitigen Einflüsse von Betrieb und Errichtung gemeinsam darstellen und bewerten kann. So taucht im Rahmen der energetischen und ökologischen Gebäudeplanung oft das Argument auf, dass z.B. eine erhöhte Wärmedämmung in der Herstellung mehr Energie „verbraucht“ als sie im Betrieb durch die geringeren Heizenergieverbräuche „einspart“. Durch eine gemeinsame Betrachtung von Errichtung und Betrieb soll eine fundierte und auch für Laien verständliche Beantwortung derartiger Fragestellungen ermöglicht werden.

Im ersten Schritt war es dafür erforderlich die Methoden für die Bilanzierung von Betriebsenergie und die Bilanzierungsmethoden der Gebäudeerrichtung methodisch abzugleichen und ggf. anzupassen (siehe 2.5.2 Datenkonsistenz Betriebsenergie und Graue Energie). Anschließend wurde die Definition der richtigen Bezugsfläche betrachtet (2.5.3 Definition der Bezugsfläche). Darüber hinaus gibt es einige weitere Faktoren, die die gemeinsame Betrachtung von Betrieb und Errichtung wesentlich beeinflussen (2.5.4 Weitere Einflussfaktoren für die gemeinsame Betrachtung.)

### 2.5.2 Datenkonsistenz Betriebsenergie und Graue Energie

#### 2.5.2.1 Einleitung

In der Ökobilanz eines Gebäudes spielen zwei Phasen eine wesentliche Rolle: die Herstellung der Baumaterialien für Errichtung und Erneuerung auf der einen Seite und der Betrieb des Gebäudes auf der anderen Seite. Im Energieausweis und der OI-Berechnung sowie in den darauf aufbauenden Wohnbauförderungen und Gebäudebewertungssystemen klimaaktiv Bauen und Sanieren<sup>6</sup> und Total Quality Building (TQB)<sup>7</sup> werden diese beiden Lebensphasen mit unterschiedlichen Methoden getrennt voneinander bewertet.

Im vorliegenden Kapitel gilt es daher, die Methoden für die Bilanzierung der Betriebsenergie einerseits und der Gebäudeerrichtung und –erneuerung andererseits zu vergleichen und ggf. anzupassen.

#### 2.5.2.2 Vergleich der Methoden im Überblick

Die Primärenergie- und CO<sub>2</sub>-Kennwerte für den Betrieb eines Gebäudes werden in den Gebäudebewertungssystemen mit den „Konversionsfaktoren“ gemäß Energieausweis (OIB

---

<sup>6</sup> <https://www.klimaaktiv.at/bauen-sanieren/gebaeuedeklaration.html>

<sup>7</sup> <https://www.oegnb.net/tqb.htm>

RL 6) bewertet. Diese sind nicht konform mit den Rechenregeln für die OI3-Berechnung der verbauten Baustoffe und Haustechnikmaterialien im Gebäude:

- Bei der Erfassung der verbauten Materialien durch den Oekoindex OI3 wird nur die Primärenergie der nicht erneuerbaren Energieträger (PENRT) berücksichtigt. Für den Primärenergie-Faktor im Energieausweis wird die Summe aus erneuerbarer und nicht erneuerbarer PE herangezogen.
- Die Ableitung der PE-Faktoren im Energieausweis erfolgte auf Basis des oberen Heizwerts. Die neuen Normen für Ökobilanzierungen im Baubereich (EN 15804 und 15978) schreiben den unteren Heizwert vor, weswegen die IBO-Richtwerte 2012 dahingehend umgestellt wurden.
- Im Energieausweis werden an die Atmosphäre abgegebene Menge an Kohlendioxid (CO<sub>2</sub>) berücksichtigt, während in der Ökobilanz im Globalen Erwärmungspotenzial (GWP) alle Treibhausgasemissionen in CO<sub>2</sub>-Äquivalenten zusammengeführt werden.
- Werte für das **Versauerungspotenzial** (und andere Ökobilanzindikatoren) fehlen im Energieausweis.

Die folgende Tabelle zeigt einen Überblick der methodischen Besonderheiten der IBO-Richtwerte und der produktspezifischen Werte für Baumaterialien sowie der Konversionsfaktoren im Energieausweis.

Tabelle 17: Überblick über die methodischen Besonderheiten der IBO-Richtwerte und der produktspezifischen Werte (EPD) für Baumaterialien sowie der Konversionsfaktoren im Energieausweis.

Kriterium	IBO-Richtwerte	Produktspezifische Werte (EPD)	Konversionsfaktoren im Energieausweis
<b>Bilanzgrenzen</b>			
Zeitlich	1 Betriebsjahr	1 Betriebsjahr	100 Jahre (anpassbar)
Geografisch	Europa	Österreich oder standortspezifisch	Österreich
Prozesse	cradle to gate (A1-3)	cradle to gate (A1-3)	cradle to grid
<b>Sachbilanz</b>			
Hintergrunddaten	ecoinvent v2.2 → ecoinvent v3.3	ecoinvent v2.2, v3.3 oder GaBi	ecoinvent v2.2
Energiedaten	UCTE (2008)	UCTE (2008)	AT (2009 - 2013) Statistik AT / Import / Export / estoe.eu
<b>Umweltindikatoren</b>			
Primärenergie	PERT, PERE, PERM, PENRT, PENRE, PENR;	PERT, PERE, PERM, PENRT, PENRE, PENR;	PERT, PENRT
Primärenergie	Unterer Heizwert	Unterer Heizwert	Unterer Heizwert + Wirkungsgrad

Kriterium	IBO-Richtwerte	Produktspezifische Werte (EPD)	Konversionsfaktoren im Energieausweis
Globale Erwärmung	GWP (kgCO <sub>2</sub> eq)	GWP (kgCO <sub>2</sub> eq)	kgCO <sub>2</sub>
Weitere	AP, POCP, etc	AP, POCP, etc	-

In den folgenden Kapiteln werden die Unterschiede und Gemeinsamkeiten analysiert.

### 2.5.2.3 Hintergrunddatenbank

Mit der während der Projektlaufzeit stattgefundenen Aktualisierung der Konversionsfaktoren im Energieausweis greifen nun alle Methoden wieder auf dieselbe Datenbank (ecoinvent v2.2) zu. Die IBO-Richtwerte und die Konversionsfaktoren für die Betriebsenergie sind zum aktuellen Stand also diesbezüglich konsistent. Es zeichnet sich allerdings schon ab, dass immer mehr produktspezifische Daten auf Basis von ecoinvent v3.3 vorliegen werden, da die EPD-Programme für neue EPDs bereits mit dieser ecoinvent-Datenbank-Version rechnen. Die IBO-Richtwerte werden sobald die neue Produktkategorieregel-Norm EN 15804 vorliegt (voraussichtlich Ende 2018) entsprechend angepasst werden. Beim Energieausweis finden die Überarbeitungen in größeren Abständen statt.

Nach Ansicht der Projektpartner stellen Energiedaten, welche grundsätzlich nach derselben Modellierungsmethode (i.e. ecoinvent) erhoben wurden, aber z.B. auf unterschiedlichen Erfassungsperioden (ecoinvent 2.2 versus 3.3) oder Import-Export-Statistiken beruhen, keinen Konsistenzbruch dar. Begründung: Ein Nebeneinander von Daten auf Basis älterer und neuerer Datenbankversionen wird grundsätzlich immer bestehen, da alle Datensätze unterschiedliche update-Zeiten haben.

Auf GaBi basierende produktspezifische Werte sind nicht mit der vorliegenden Methode kompatibel.

### 2.5.2.4 Unterschiedliche Modellierung des Energieverbrauchs

Tabelle 18: Unterschiedliche Methode der Energiemodellierung in den unterschiedlichen Bewertungssystemen für Baumaterialien und Betriebsenergie

Datentyp	Modellierung des Energieverbrauchs	Motivation
IBO-Richtwerte	Der Energieverbrauch wird mit europäischen ecoinvent-Daten modelliert ( <b>UCTE</b> Strom sowie spezifische europäische Datensätze ( <b>REER</b> ) für Erdgas, Kohle, etc.)	Worst case / europäische Wirtschaft abbilden
Produktspezifische Werte natureplus	Der Energieverbrauch wird mit europäischen ecoinvent-Daten modelliert ( <b>UCTE</b> Strom sowie spezifische europäische Datensätze ( <b>REER</b> ) für Erdgas, Kohle, etc.)	Europäisches Label; will die Qualität der Produktion, nicht des länderspezifischen Energiemarkts bewerten
Produktspezifische Werte der Bau EPD	Länderspezifische Werte; wenn umfassender Nachweis geliefert werden kann, auch spezifische Werte (europa-	Möglichst genaue Modellierung der aktuellen Produktion (wenn auch die

Datentyp	Modellierung des Energieverbrauchs	Motivation
	weit einheitliche Vorgehensweise); Datenbasis: ecoinvent oder GaBi	Stromdaten meist nicht aus dem betrachteten Betriebsjahr stammen)
Betriebsenergie gemäß Energieausweis	Kohle, Heizöl, Erdgas und Biomasse: alle ecoinvent-Daten arithmetisch gemittelt; Fernwärme: spezifisch; Strom: gewichteter Mix aus dem österreichischen Produktionsmix und einem gewichteten Importmix	Konversionsfaktoren möglichst aus Europäischen Normen (EN 15603)
Gebäudespezifische Betriebsenergie-Werte	Für die Ökobilanzierung von Gebäuden können auch spezifische Daten von Energieanbietern herangezogen werden	Möglichst genaue Modellierung der aktuellen Produktion

Der europäische Strommix verursacht in der Regel höhere Belastung in den betrachteten Indikatoren als der österreichische Strommix. Die IBO-Richtwerte stellen somit aus österreichischer Sicht ein worst-case Szenario dar. Hersteller sollen so besser motiviert werden, produktspezifische Ökobilanzen zu erstellen<sup>8</sup>. Ein weiterer Hintergrund für die Verwendung der europäischen statt der länderspezifischen Werte ist, dass die Qualität der Produktion und nicht des regionalen Energiemarkts in die Werte eingehen soll. Z.B. sollen die Richtwerte für ein PV-Modul nicht dadurch bestimmt werden, dass die Produktion des betrachteten Produkts in Norwegen mit sehr hohem Anteil an erneuerbarer Energie stattfindet. Auf diese Argumentation stützt sich auch das europäische Umweltzeichen natureplus, das ebenfalls den europäischen Strommix für die Bilanzierung heranzieht.

Dass produktspezifische Daten mit spezifischen Energiedaten gerechnet werden und in Gebäudebilanzen mit Richtwerten gemeinsam genutzt werden, ist ökobilanzmethodisch akzeptiert, solange die Methoden und die verwendeten Datenbanken sonst konsistent sind.

Die Baustoff-Richtwerte stellen einen Zeitpunkt (die Herstellung) dar, während die Betriebsenergie-Richtwerte einen Zeitraum (in Österreich üblicherweise: 100 Jahre) repräsentieren. Die Auswahl des Energiedatensatzes inkl. Erfassungszeitraum kann und muss daher nach anderen Gesichtspunkten erfolgen.

### 2.5.2.5 Unterer versus oberer Heizwert

In der Ökobilanzierung der Richt- und Produktkennwerte wird derzeit auf Basis der EN 15.804 mit dem unteren Heizwert gerechnet. Die Endenergiewerte aus dem EAW sind mit dem unteren Heizwert gerechnet. Dagegen sind die Wirkungsgrade z.B. bei der Gasbrennwertherme mit größer 100 % angenommen – damit entspricht das Gesamtergebnis

---

<sup>8</sup> Nebenbemerkung: Da die IBO-Richtwerte aber zum Gutteil als Durchschnittswerte aus produktspezifischen Daten ermittelt werden, können produktspezifische Daten auch durchaus höher als die IBO-Richtwerte liegen.

methodisch der Berechnung mit dem Brennwert (oberer Heizwert). In der EcoDesign Richtlinie ist ebenfalls vorgeschrieben, mit dem oberen Heizwert zu rechnen. Die OIB Richtlinie 6 ist damit methodisch konsistent zur EcoDesign Richtlinie. Die IBO-Richtwerte für die Energieträger (Konversionsfaktoren) wurden daher auf den oberen Heizwert umgestellt.

### 2.5.2.6 GWP in CO<sub>2</sub>-Äquivalenten versus CO<sub>2</sub>-Emissionen im Energieausweis

Im Energieausweis werden nur die CO<sub>2</sub>-Emissionen berechnet, in der Ökobilanz von Baumaterialien dagegen das GWP in CO<sub>2</sub>-Äquivalenten. Für die IBO-Richtwerte könnten ggf. CO<sub>2</sub>-Emissionen ausgewiesen werden (aufwändig und nicht für alle Daten durchführbar, da sich in SimaPro nicht alle Primärflüsse herausrechenbar sind), EPD Daten werden immer nur in CO<sub>2</sub>-Äquivalent zur Verfügung stehen. Jedenfalls ist das CO<sub>2</sub>-Äquivalent die richtige Bewertungsgröße, da auch andere Treibhausgase wie Methan, Stickoxide etc. von Bedeutung sind. Die CO<sub>2</sub>-Konversionsfaktoren laut Energieausweis liegen damit bis zu maximal 10 % unter den GWP-Indikatorwerten laut Ökobilanz. In Anbetracht der groben Vereinfachung, die durch die Bewertung der Betriebsenergie über 50 bis 100 Jahre auf Basis der heutigen Energiesysteme gemacht wird, kann die Variantenanalyse in der Planung aber auch mit den Konversionsfaktoren laut Energieausweis durchgeführt werden. Zudem ist nicht ausgeschlossen, dass in zukünftigen OIB Richtlinien auf CO<sub>2</sub>-Äquivalente umgestellt wird.

### 2.5.2.7 Aufschlüsselung des Endenergiebedarfs für Baumaterialien nach Energieträger

Ein Zwischenschritt, der in diesem Projekt begangen werden sollte, ist die Aufschlüsselung der Endenergie für die Herstellung der Baustoffe auf die einzelnen Energieträger. Dies ist beispielhaft in der folgenden Abbildung dargestellt.

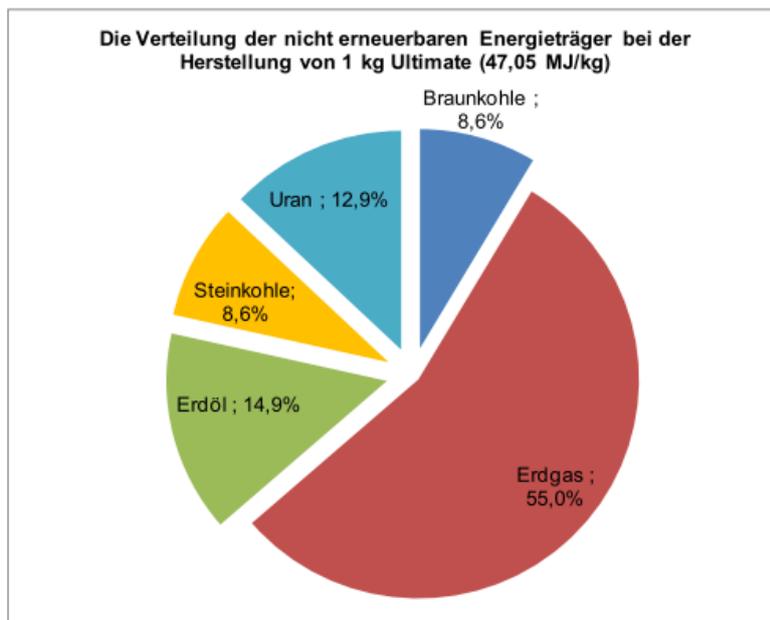


Abbildung 31: Verteilung der nicht erneuerbaren Energieträger bei der Herstellung von 1 kg Glaswolle-Dämmstoff

Die Endenergie-Werte sollten in der Datenbank hinterlegt, aber nicht veröffentlicht werden. Sie sollten ein flexibles System schaffen, das ein Hochrechnen mit beliebigen Konversionsfaktoren ermöglichen sollte.

Nach intensiver Beschäftigung mit der Fragestellung musste folgendes festgestellt werden:

- Tendenziell ist abzusehen, dass in Zukunft mehr produktspezifische Daten in Form von EPD's (Umweltproduktdeklarationen) vorliegen und auch verwendet werden. In den EPD's wird zwar gelegentlich die Endenergie nach Energieträger aufgeschlüsselt, jedoch nur für die Herstellungsphase und nur für die Primärenergieträger (d.h. der Bedarf an Strom ist nicht explizit dargestellt, sondern ebenfalls nach Primärenergieträger aufgeschlüsselt). Um das ursprüngliche Ziel zu erreichen, würde man jedoch „Strom“ als eigene Kategorie und die Aufschlüsselung für alle Phasen bis zur Herstellung des auslieferfertigen Produkts („cradle to gate“ / A1-A3 gemäß EN 15804) benötigen. Letzteres ist vor allem deswegen wichtig, da für viele relevante Baumaterialien die Rohstoffbereitstellungsphase wichtiger als die Herstellungsphase ist (z.B. Beton, Kunststoffe). Selbst wenn die Aufschlüsselung in Endenergie inkl. Strom über alle Phasen für produktspezifische Daten erfolgreich wäre, bliebe noch immer der Umstand bestehen, dass sich die Daten im Besitz des Herstellers befinden und ihre Qualität in einem ausgefeilten Verifizierungsprozess sichergestellt wurde. Diese Daten können nicht beliebig umgerechnet werden und werden daher immer mit den zum Zeitpunkt der Ökobilanzerstellung gültigen Energiedatensätzen berechnet sein.
- Richtwerte, die auf Basis von Datenbanken erstellt wurden, sind oft nur als aggregierte Sachbilanz erhältlich. D.h. es ist grundsätzlich nicht möglich, die Endenergie wie gewünscht herauszurechnen. Aber auch für die restlichen IBO-Richtwerte könnten mit der verwendeten Ökobilanzierungs-Software die Endenergieanteile nach Energieträger wieder nur für die Herstellungsphase (A3) ausgewiesen werden. Die Endenergieanteile nach Energieträger für Rohstoff-, Transport- und Verpackungsmaterial-Datensätze müssten händisch herausgelesen werden. Dies wurde am Beispiel der Betone und Dämmstoffe versucht, jedoch aufgegeben, da der Aufwand enorm und das Ergebnis dennoch unbefriedigend ist, da die relevanten Datensätze nur mühsam identifiziert werden können und wiederum tw. nur als aggregierte Sachbilanz (also unauswertbar) vorliegen.
- Der Zwischenschritt, die Endenergieanteile nach Energieträgern aufzuschlüsseln, um die Baumaterialien flexibel umrechnen zu können, ist nach der detaillierten Analyse der methodischen Unterschiede zwischen Betriebsenergie- und Baustoffmodellierung nicht mehr erforderlich. Eine methodische Konsistenz von Betrieb und Errichtung ist dennoch möglich.

Zusammenfassung: Für produktspezifische Ökobilanzdaten liegen keine cradle to gate - Endenergie-daten aufgeschlüsselt nach Energieträger vor. Produktspezifische Ökobilanzdaten dürfen außerdem nicht einfach umgerechnet werden. Die Aufschlüsselung der

Endenergie für die IBO-Richtwerte ist ebenfalls gar nicht bis nur sehr aufwändig durchführbar. Der Zwischenschritt, die Endenergieanteile nach Energieträgern aufzuschlüsseln, um die Baumaterialien flexibel umrechnen zu können, ist nach detaillierter Analyse der methodischen Unterschiede zwischen Betriebsenergie- und Baustoffmodellierung auch gar nicht erforderlich.

### **2.5.2.8 Weitere Umweltindikatoren**

Im Energieausweis werden nur die Indikatoren Primärenergie und CO<sub>2</sub>-Emissionen ausgewertet. Weitere gebräuchliche Indikatoren in der Gebäudeökobilanz sind

- Versauerungspotential von Boden und Wasser (AP in kg SO<sub>2</sub> equ.)
- Abbaupotenzial der stratosphärischen Ozonschicht (ODP in kg CFC-11)
- Bildungspotenzial für troposphärisches Ozon (POCP in kg C<sub>2</sub>H<sub>4</sub>)
- Eutrophierungspotenzial (EP in kg PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>)

Eine vollständige Ökobilanz, welche den Gebäudebetrieb gemäß Energieausweis bilanziert, ist für diese Konversionsfaktoren daher nicht möglich. Grundsätzlich wäre es möglich die fehlenden Indikatoren auf Basis von ecoinvent zu rekonstruieren. Davon wird aber derzeit abgesehen, da die Indikatoren in der Produktkategorieregel-Norm EN 15804 derzeit völlig neu definiert werden. Die neuen AP- und EP-Indikatoren werden nach aktueller Fassung nichts mehr mit den alten Indikatoren gemein haben. Ökobilanzen mit allen Indikatoren können zwischenzeitlich mit den IBO-Richtwerten für die Betriebsenergie erstellt werden.

### **2.5.3 Definition der Bezugsfläche für die gemeinsame Betrachtung**

Die Bezugsfläche für die Betrachtung der Betriebsenergie ist an die jeweilige Berechnungs- bzw. Bewertungsmethode geknüpft. In Österreich ist für die Energieausweiserstellung auf Basis der OIB Richtlinie 6 (Österreichisches Institut für Bautechnik 2015a) mit der Bruttogrundfläche (BGF) zu rechnen. Im Passivhausprojektierungspaket (PHPP) wird der Energiebedarf auf die Energiebezugsfläche (EBF) bezogen (Passipedia 2017).

Bei der Bewertung der Gebäudeerrichtung wird im Rahmen der OI Bewertung je nach Bilanzgrenze die BGF oder eine eigens definierte Bezugsfläche (BZF) entsprechend dem OI Leitfadens zur Anwendung gebracht (IBO 2016b). Ergänzend dazu wurden im Rahmen des HEROES Projektes davon abweichende Bezugsflächen für die Berechnung mit und ohne Nutzungsdauer vorgeschlagen (siehe 2.2 Definition der Bezugsfläche). Es zeigt sich also, dass sowohl der Gebäudebetrieb als auch die Errichtung auf verschiedene Flächen bezogen werden.

Insbesondere wenn die Gebäudebilanzierung über die im Energieausweis erfassten Gebäudeteile hinausgeht, scheint die Definition einer gemeinsamen Bezugsfläche für Betrieb und Errichtung unbefriedigend. Werden nur konditionierte Flächen berücksichtigt, bleiben unkonditionierte Flächen, welche sowohl einen ökologischen Aufwand als auch eine Funktion darstellen, unberücksichtigt. Wird der Betrieb auch auf unkonditionierte Flächen bezogen, so wird der Aufwand für den Betrieb auf Flächen umgelegt, die keinen Aufwand im

Betrieb verursachen. Bei einer gemeinsamen Betrachtung von Betrieb und Errichtung sollten daher absolute Werte (über den gesamten Betrachtungszeitraum oder pro Jahr) herangezogen werden. Im Rahmen der Gebäudebewertung und beim Vergleich mehrerer Gebäude untereinander scheint eine getrennte Bewertung von Betrieb und Errichtung mit den jeweils dafür sinnvollen Bezugsflächen sinnvoller. Bei der gemeinsamen Bewertung von Betrieb und Errichtung scheint es zielführend, keine flächengewichteten Werte sondern Absolutwerte zu betrachten, auch wenn somit ist ein direkter Vergleich verschiedener Gebäude miteinander nicht mehr möglich ist.

*„Wenn die Einführung von durch Bezugsflächen dividierten absoluten Verbräuchen Anlass zur Verwirrung stiften, warum führen wir diese dann überhaupt ein? Warum verwenden wir nicht einfach grundsätzlich die absoluten Jahresbedarfs- oder Verbrauchswerte?“*

*Ganz einfach: Gebäude sind sehr unterschiedlich groß. Vom kleinen freistehenden Einfamilienhaus bis zum Turm-Wohnpark mit 3000 Wohneinheiten. Absolute Verbrauchszahlen sagen daher nicht viel aus. Vielmehr muss der Verbrauch (Aufwand) in Relation zum Nutzen gesehen werden. Was aber ist der Nutzen? Das ist nicht von vorn herein evident - und deswegen gibt es dazu verschiedene Positionen.“* (Wolfgang Feist 2007)

#### **2.5.4 Weitere Einflussfaktoren für die gemeinsame Betrachtung**

Sollen die Errichtung und der Betrieb betrachtet werden, so gibt es einige Randbedingungen, die auf die Ergebnisse erheblichen Einfluss haben und die Gewichtung zwischen Betrieb und Errichtung komplett verschieben können.

- Betrachtungszeitraum und Nutzungsdauern
- Bilanzgrenze im Betrieb, speziell die Mitbilanzierung des Haushaltsstroms
- Bilanzgrenze für die Errichtung
- Auswahl der Indikatoren
- Konversionsfaktoren und Rechengrundlage

Neben der Auswahl der Bewertungsindikatoren (Primärenergie erneuerbar und nicht erneuerbar, Globales Erwärmungspotential, Ozonabbaupotential, Oekoindex, etc.) und der Konversionsfaktoren sind insbesondere die Bilanzierung des Haushaltsstromes, der Betrachtungszeitraum und die zugrunde gelegten Nutzungsdauern wichtige Rahmenbedingungen, die das Ergebnis entscheidend beeinflussen können.

Im Folgenden ist die gemeinsame Betrachtung von Betrieb und Errichtung für Varianten eines Mehrfamilienhauses mit 19 Wohneinheiten aufbereitet. Dieses MFH wurde im Forschungsprojekt „KliNaWo“ (Martin Ploss u. a. 2017) detailliert untersucht.

Die Rahmenbedingungen für die Erstellung einer Energiebilanz, die Betrieb und Errichtung, umfasst, wurden für die nachstehende Grafik folgendermaßen definiert:

- Betrachtungszeitraum: 100 Jahre, inkl. Nutzungsdauern, 50 Jahre, inkl. Nutzungsdauern, 30 Jahre, ohne Berücksichtigung der Nutzungsdauern.

- Haushaltsstrom wird mitbilanziert, entsprechend den Defaultwerten der österreichischen Vorgaben zur Energieausweiserstellung (Österreichisches Institut für Bautechnik 2015a).
- Betrachtete Indikatoren: 1. Erneuerbare und nichterneuerbare Primärenergie. Für die Errichtung wird nur der Anteil Prozess berücksichtigt, für den Betrieb die Summe aus Prozess und Material. 2. CO<sub>2</sub> bzw. GWP 100\_T
- Konversionsfaktoren und Berechnungsmethode für den Betrieb: entsprechend den österreichischen Vorgaben zur Energieausweiserstellung (Österreichisches Institut für Bautechnik 2015a).
- Berechnungsmethode für die Errichtung: IBO Richtwertekatalog 2017 (baubook 2017). Die Haustechnik wurde im Beispiel nicht mitbilanziert.

Die Darstellung zeigt im linken Teil die Varianten mit einem Energieniveau, welches die gesetzlichen Mindestanforderungen in Vorarlberg erfüllt (BTV) und im rechten Teil die Varianten, welche den Passivhausstandard (PH) erfüllen. Es wird für diese beiden Energieniveaus deutlich, dass für jeden Wärmeerzeuger getrennt betrachtet, die gestapelten Säulen der Mindestanforderungen (BTV) im Durchschnitt ca. 10.000 kWh/a höher sind als die der Passivhausvarianten. Das Argument, dass z.B. eine erhöhte Wärmedämmung in der Herstellung viel mehr Energie „verbraucht“ als sie im Betrieb „einspart“, kann durch eine gemeinsame Energiebilanz für Betrieb und Errichtung daher entkräftet werden. Dies gilt auch für geänderte Rahmenbedingungen, bei denen die Errichtung im Vergleich zum Betrieb an Bedeutung zunimmt (z.B. Betrachtungszeitraum 50 Jahre). Bei der reinen Betrachtung der Primärenergie sind in den unterschiedlichen Materialvarianten der Errichtung (grau+schwarz) wenig Veränderungen sichtbar, während beim Wechsel des Energieträgers für die Wärmeanwendungen im Betrieb größere Veränderungen sichtbar sind. Dies ändert sich bei der Betrachtung eines anderen Indikators, wie in Abbildung 34 dargestellt ist. Eine Veränderung des Betrachtungszeitraumes von 100 auf 50 und dann auf 30 Jahre ist in Abbildung 32, Abbildung 33 und Abbildung 34 dargestellt.

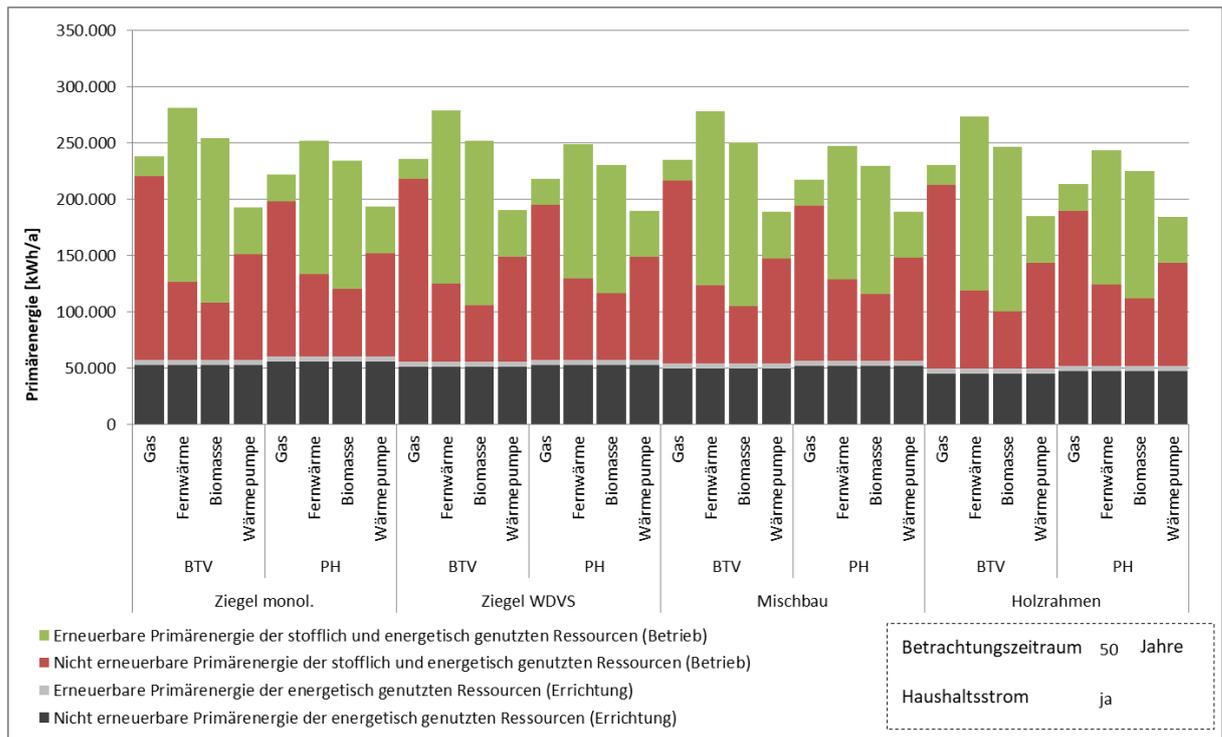


Abbildung 32: Gestapelte Darstellung des Primärenergieverbrauches für 32 untersuchte Varianten eines Mehrfamilienhauses, Betrachtungszeitraum 50 Jahre inkl. Nutzungsdauern und inkl. Haushaltsstrom beim Betrieb.

In Abbildung 33 und in Abbildung 34 sieht man im Vergleich zur Abbildung 32 wie sich der Anteil der Errichtung durch geänderte Betrachtungszeiträume verändert. Die Werte für den Betrieb ändern sich in den drei Abbildungen nicht. Wird der Betrachtungszeitraum von 100 Jahren auf 50 Jahre verringert, so ändert sich der PE\_E von ca. 40.000 auf ca. 55.000 kWh/a, erhöht sich also um 15.000 kWh/a (+37%). Wird der Betrachtungszeitraum dann von 100 Jahren mit Nutzungsdauern auf 30 Jahre ohne Nutzungsdauern verringert, so ändert sich der PE\_E von ca. 40.000 auf ca. 85.000 kWh/a, erhöht sich also um 45.000 kWh/a (+113%). Wird der Betrachtungszeitraum von 100 Jahren oder 50 Jahren angenommen sind die Ergebnisse im Verhältnis zum Betrieb relativ ähnlich, werden nur 30 Jahre angesetzt verschiebt sich das Verhältnis von Errichtung zu Betrieb eher Richtung Errichtung. 100 Jahre scheinen als Betrachtungszeitraum eher als zu lang gewählt so das sinnvoll scheint kürzere Betrachtungszeiträume anzusetzen und mit 50 Jahren zu rechnen.

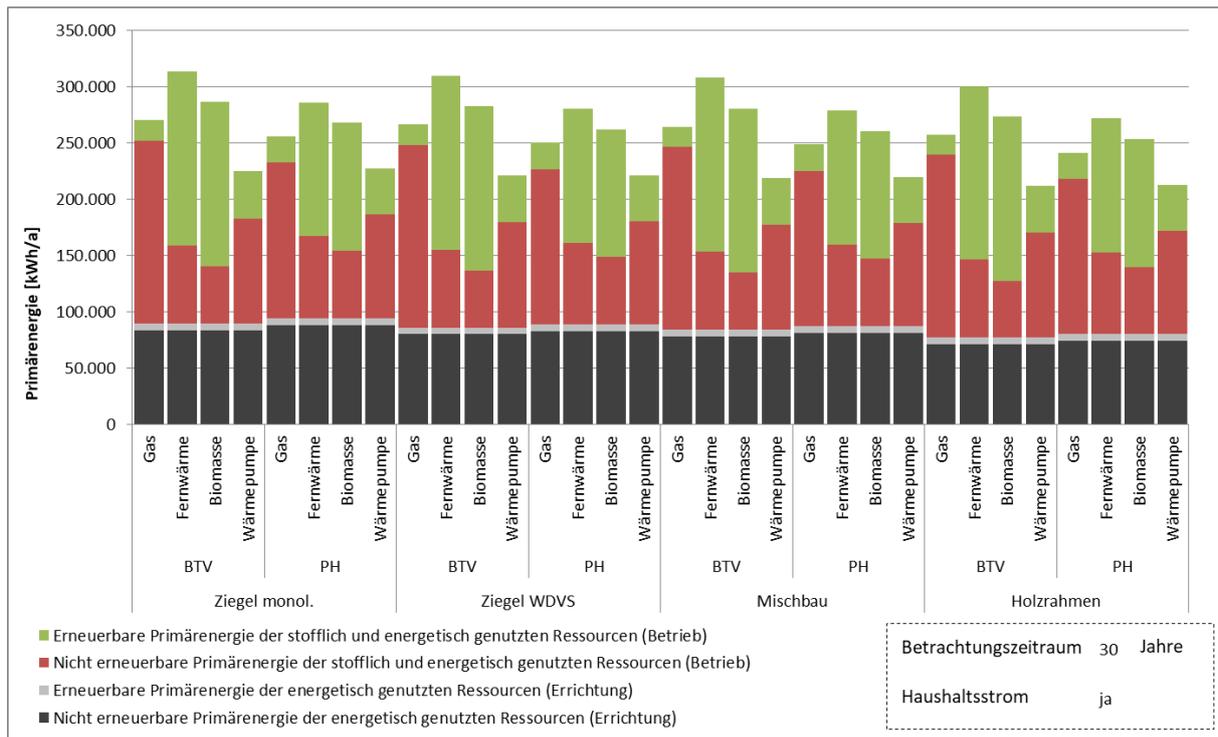


Abbildung 33: Gestapelte Darstellung des Primärenergieverbrauches für 32 untersuchte Varianten eines Mehrfamilienhauses, Betrachtungszeitraum 30 Jahre ohne Nutzungsdauern und inkl. Haushaltsstrom beim Betrieb.

In Abbildung 34 wird nicht mehr der Indikator Primärenergie betrachtet, sondern der Indikator CO<sub>2</sub> bzw. GWP 100<sub>S</sub>. Hier sieht man erstmals einen deutlichen Unterschied in den verschiedenen Bauweisen oder der Materialität der Errichtung. Der Holzbau schneidet hier deutlich besser ab als die Massiven Varianten. Der Unterschied in der Errichtung zwischen den Energieniveaus BTV und PH sind aber auch bei der CO<sub>2</sub> bzw. GWP 100<sub>S</sub> Betrachtung marginal. Im Betrieb hängt das Ergebnis von der Auswahl des Energieträgers ab. Betrachtet man Gas als Energieträger oder Strom mit einer Wärmepumpe, nimmt das CO<sub>2</sub> für den Betrieb im Passivhaus ab, während durch die niedrigen Konversionsfaktoren bei Biomasse und erneuerbarer Fernwärme der CO<sub>2</sub> Wert durch den erhöhten Lüfterstrombedarf zunimmt.

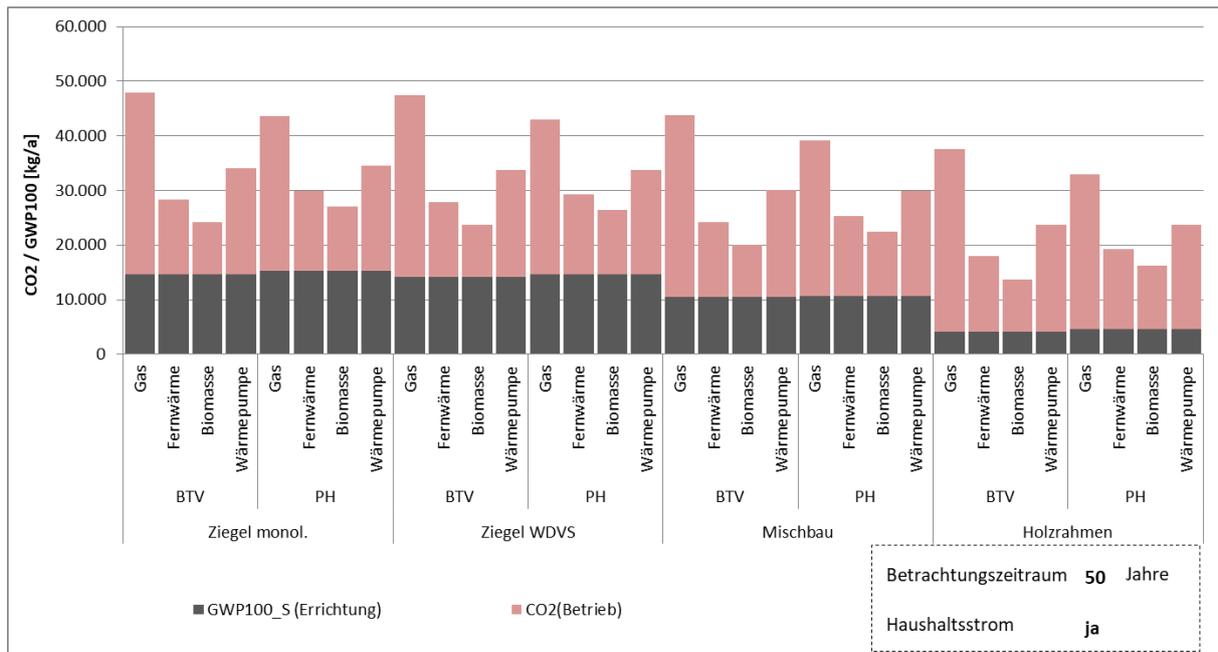


Abbildung 34: Gestapelte Darstellung des CO<sub>2</sub> bzw. GWP 100 für 32 untersuchte Varianten eines Mehrfamilienhauses, Betrachtungszeitraum 50 Jahre inkl. Nutzungsdauern und inkl. Haushaltsstrom beim Betrieb.

### 2.5.5 Schlussfolgerung, Empfehlung, Ausblick

Für den Vergleich von Gebäuden unterschiedlicher Größe und Kubatur, beispielsweise im Rahmen der ökologischen Gebäudebewertung, ist es erforderlich, den Gesamtaufwand sowohl für den Betrieb als auch die Errichtung auf eine vergleichbare Größe zu beziehen. Dabei hat sich der Bezug auf einen m<sup>2</sup> zu definierende Fläche etabliert. Es zeigt sich aber, dass vor allem dann wenn über den Energieausweis hinausgehende Gebäudeteile berücksichtigt werden sollen, eine gemeinsame Definition der Bezugsfläche nicht sinnvoll erscheint. Vielmehr sollen sowohl die Errichtung als auch der Betrieb auf die jeweils dafür als sinnvoll erachtete Bezugsfläche bezogen werden. Sollen verschiedene Varianten eines Gebäudes verglichen werden, z.B. mit unterschiedlichen energetischen Standards (BTV, PH), sollten Absolutwerte (pro Jahr oder über den gesamten Betrachtungszeitraum) verwendet werden.

Bei der gemeinsamen Betrachtung von Gebäudebetrieb und -errichtung gibt es eine Reihe von zu definierenden Einflussfaktoren, die die Ergebnisse entscheidend beeinflussen können. Auf Basis des HEROES Projektes werden folgende Rahmenbedingungen hierfür vorgeschlagen:

- Bezugsflächen: Stapeln als Absolutwerte und nicht flächenbezogen
- Betrachtungszeitraum: 50a (ggf. auch ohne Berücksichtigung der Nutzungsdauern). Werden 100 Jahre betrachtet sollten Nutzungsdauern berücksichtigt werden (siehe Kapitel 2.1).
- Haushaltsstrom mitbilanzieren
- Indikatoren: Errichtung PE<sub>(R+NR)</sub>\_E, GWP100\_T; Betrieb PE (ern.+n.ern.), CO<sub>2</sub>
- Konversionsfaktoren: Errichtung IBO Faktoren; Betrieb OIB RL6 2015 Faktoren

Es zeigt sich, dass die Auswahl der Randbedingungen und Indikatoren das Ergebnis wesentlich beeinflusst. Es wird daher empfohlen, die Rahmenbedingungen an das jeweilige Projekt und die zu beantworteten Fragestellung anzupassen und sowohl die Primärenergie als auch die CO<sub>2</sub> Emissionen zu betrachten. Die Berücksichtigung weiterer ökologischer Indikatoren bei der gemeinsamen Betrachtung von Betrieb und Errichtung sollte Gegenstand weiterer Forschungsarbeit sein.

## 2.6 Vereinfachte Berechnungsmethoden

### 2.6.1 Allgemeines

Ziel der im Projekt entwickelten vereinfachten Berechnungsmethoden für bisher nicht im Energieausweis erfasste Gebäudeteile und Haustechniksysteme ist, eine vereinfachte und dadurch zeitsparende Möglichkeit zu bieten ein Gebäude umfassend zu erfassen und den ökologischen Einfluss abzuschätzen. Die Berechnungsleitfäden wurden so entwickelt, dass durch die Eingabe bereits im Planungsprozess vorhandener Gebäude- bzw. Bauteilinformationen eine abschätzende Sachbilanz auch für Haustechniksysteme und nicht im Energieausweis erfasste Gebäudeteile erstellt werden kann. Aus diesen Sach- bzw. Massebilanzen können dann die Ökobilanz-Indikatoren berechnet werden.

Die Eingabegrößen der Defaultwerte sollen ergebnisrelevant sein und eine Optimierung der Gebäude unterstützen. Die Defaultwerte sollen einen Gebäudeteil eher konservativ beschreiben, d.h. wenn ein Gebäudeteil detailliert erfasst und bilanziert wird, soll das Ergebnis tendenziell ökologisch besser sein als das Ergebnis mit den Defaultwerten.

Die Justierung der Defaultwerte erfolgte anhand des OI. Es ist davon auszugehen, dass die so entwickelten Defaultbauteile und Haustechniksysteme auch für die anderen Indikatoren plausible Ergebnisse liefern. Es wird allerdings empfohlen, die Eignung der Defaultbauteile und Haustechniksysteme für die Berechnung weiterer Indikatoren zu prüfen. Insbesondere der Ansatz einer konservativen Abschätzung der ökologischen Auswirkungen durch die Berechnung mittels Defaultwerten im Vergleich zur detaillierten Erfassung kann nicht sichergestellt werden.

### 2.6.2 Beispiel Berechnungsleitfaden für Innenwände

Nachfolgend wird diese vereinfachte Erfassung beispielhaft für Innenwände beschrieben. Damit der ökologische Aufwand berechnet werden kann, werden die Flächen und die Bauteilaufbauten der verschiedenen Innenwände benötigt. Damit diese nicht alle detailliert erfasst werden müssen, werden hierfür vereinfachte Defaultwerte aus nachfolgenden Eingaben berechnet:

- **Bauweise** [-] Auswahlmöglichkeit: Ziegelbauweise, Betonbauweise, Holzbau massiv, Holzbau leicht, Mischbauweise
- **Brutto-Grundfläche** (BGF) des konditionierten Gebäudeteiles [m<sup>2</sup>].
- **Gebäudeart** [-] z.B. EFH oder MFH.

Es wurde ein statistischer, geometrischer Zusammenhang der Innenwandflächen zur Brutto-Grundfläche für Wohngebäude in Abhängigkeit vom Gebäudetyp aus der Literatur ermittelt (BKI 2015) (Uwe Nerwein 2011) und angepasst. Somit kann aus der Brutto-Grundfläche die Innenwandfläche ermittelt werden. Dieser Zusammenhang ist in Tabelle 19 dargestellt.

Mit dieser Vorgehensweise kann der Eingabeaufwand deutlich reduziert werden. Es muss zusätzlich nur noch die Materialität angegeben werden. Die Defaultwerte der verschiedenen Komponenten, wie z.B. der Aufbau einer nichttragenden Trennwand in einem EFH (Abbildung 35), wurden durch Fachexperten des HEROES Projektes ermittelt und werden im baubook (baubook 2017) zur Verfügung gestellt. Stimmen diese Defaultaufbauten oder Flächen nicht mit der Ausführungsvariante überein, können diese manuell angepasst werden.

Tabelle 19: Verhältnis Innenwandfläche zur Brutto-Grundfläche BGF in Abhängigkeit von der Gebäudeart und dem Anteil der Zwischenwände/Raumgrößen.

Gebäudeart	Anteil Zwischenwände		
	Niedrig	Mittel (Default)	Hoch
Doppel- und Reihenhäuser	0,86	0,95	1,05
Ein- und Zweifamilienhäuser	0,64	0,73	0,87
Mehrfamilienhäuser bis zu 6 WE	0,84	0,89	0,94
Mehrfamilienhäuser mit 6 bis 19 WE	0,75	0,81	0,89
Mehrfamilienhäuser mit mehr als 20 WE	0,78	0,86	0,90
Seniorenwohnungen	0,88	0,95	1,02
Wohnheime und Internate	0,99	1,03	1,08

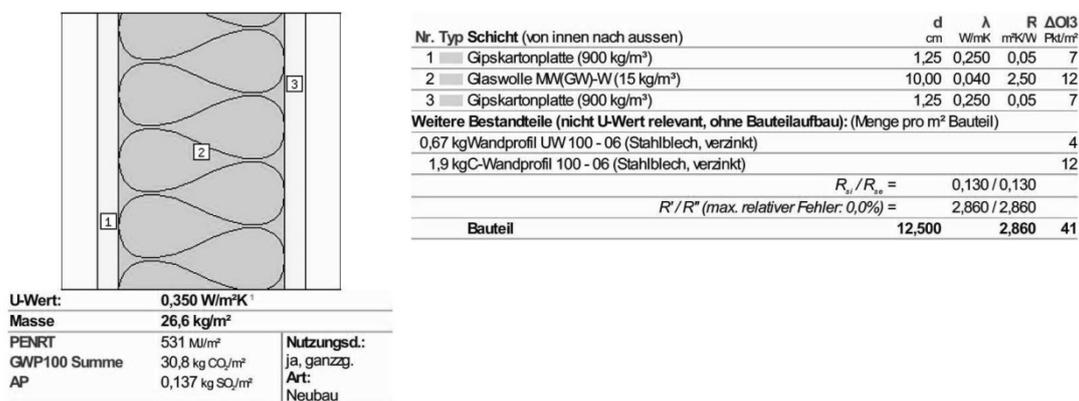


Abbildung 35: Defaultaufbau einer nichttragenden Innenwand in einem Einfamilienhaus.

### 2.6.3 Abbildung und Umsetzung der entwickelten Berechnungsmethoden

Die Leitfäden zur vereinfachten Berechnung der nicht im Energieausweis erfassten Gebäudeteile und Haustechniksysteme sind unter <https://www.energieinstitut.at/HEROES> kostenlos abrufbar. Sie umfassen folgende Gebäudeteile bzw. Haustechniksysteme:

Gebäudeteile:

- Untergeschoss (Tiefgaragen und Keller)
- Tragende und nicht tragende Innenwände
- Bodenbeläge
- Balkone
- Dacheindeckung u. Abdichtung (thermisch nicht relevant)
- Fassaden (thermisch nicht relevant)
- Befestigte Untergründe
- Nebengebäude, neben und am Gebäude
- Außenliegende unkonditionierte Stiegenhäuser, Laubengänge
- Kalte Dachkonstruktionen inkl. Eindeckung

Haustechniksysteme

- Lüftungsanlage und Entrauchungsanlage (Teil des Untergeschoßes siehe oben)
- Photovoltaikanlagen
- Solarthermieanlagen
- Lüftungsanlagen
- Sanitäre Einrichtungen
- Elektroinstallationen
- Wasserverteilsysteme
- Wärmeverteilsysteme
- Fußboden- und Wandheizsysteme

Sämtliche Defaultbauteile und Defaulthaustechniksysteme sind in der baubook Datenbank ([www.baubook.info/zentrale](http://www.baubook.info/zentrale)) verfügbar und können über die baubook XML Schnittstelle in Programme zur Berechnung von Energieausweisen oder ökologischen Gebäudekennzahlen eingelesen werden. Die Berechnungsleitfäden sind in der Berechnungssoftware baubook eco2soft – ökobilanz für Gebäude – umgesetzt ([www.baubook.info/eco2soft](http://www.baubook.info/eco2soft)) und stehen ab Jänner 2018 für die Berechnung zur Verfügung.

In den Energieausweisberechnungsprogrammen ArchiPHYSIK 15 und AX3000 Energieausweis können sowohl Nutzungsdauern als auch Bauteilelemente, die nicht in Form von Schichten erfasst werden können, berücksichtigt werden. Damit stehen erstmals Energieausweisprogramme zur Verfügung, die eine Berechnung des OI bis zur Bilanzgrenze BG3 ermöglichen.

#### **2.6.4 Schlussfolgerung, Empfehlung, Ausblick**

Die in Österreich angewendete Methode im Zuge der Energieausweiserstellung auch die Errichtung zu bilanzieren ist in dieser Form europaweit einzigartig. Bisher war die Berechnung dabei aber auf Energieausweis relevante Gebäudeteile beschränkt. Durch die im Projekt HEROES entwickelten Inhalte stehen nun erstmals Energieausweisberechnungsprogramme zur Verfügung, die auch eine Bilanzierung von Gebäudeteilen, die über den Energieausweis hinausgehen, erfassen und berechnen können. Es ist nun nicht mehr erforderlich Gebäude für die umfassende energetische und ökologische Gebäudebewertung in unterschiedlichen Softwareprogrammen zu erfassen. Damit kann die energetische und ökologische Optimierung von Gebäuden in einer breiten Anwendung erfolgen.

## 3 Verzeichnisse

### 3.1 Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: OI inklusive Nutzungsdauern, Betrachtungszeitraum 100 Jahre .....	29
Abbildung 2: OI ohne Nutzungsdauer, Betrachtungszeitraum 30 Jahre.....	29
Abbildung 3: OI ohne Nutzungsdauern, Betrachtungszeitraum 50 Jahre.....	30
Abbildung 4: Anteil OI Gebäudeerrichtung und -erneuerung bei 100a Betrachtungszeitraum .....	31
Abbildung 5: Gebäudebewertung mit und ohne Nutzungsdauern .....	32
Abbildung 6: Differenz Gebäudebewertung mit und ohne Nutzungsdauern .....	32
Abbildung 7: Verteilung des OI des Gesamtgebäudes auf die verschiedenen Gebäudeteile bei den untersuchten Beispielprojekten unter Berücksichtigung von Nutzungsdauern.....	39
Abbildung 8: OI der untersuchten Beispielgebäude pro m <sup>2</sup> BZF laut HEROES Methode unter Berücksichtigung von Nutzungsdauern aufgeteilt auf verschiedene Gebäudeteile .....	40
Abbildung 9: Verteilung des OI des auf die Bilanzgrenzen BG0, BG1, BG3 und >BG3 bei den untersuchten Beispielprojekten unter der Berücksichtigung von Nutzungsdauern, ohne Haustechnik. ....	41
Abbildung 10: Verteilung des OI des auf die Bilanzgrenzen BG0, BG1, BG3 und >BG3 bei den untersuchten Beispielprojekten ohne Berücksichtigung von Nutzungsdauern, ohne Haustechnik. ....	42
Abbildung 11: OI pro m <sup>2</sup> BZF der untersuchten Beispielgebäude aufgeteilt auf die BG0, BG1, BG3 und >BG3 unter der Berücksichtigung von Nutzungsdauern .....	43
Abbildung 12: OI pro m <sup>2</sup> BZF <sub>HEROES</sub> der untersuchten Beispielgebäude aufgeteilt auf die BG0, BG1, BG3 und >BG3 ohne Berücksichtigung von Nutzungsdauern.....	45
Abbildung 13: Leistungsmatrix der sechs Haustechnikvarianten (Sölkner P. u. a. 2013, 13)	47
Abbildung 14: Herstellung und Austausch der PV-Anlage im Vergleich zu den restlichen Elektro- und Sanitärkomponenten und zu den Einsparungen durch Stromertrag. Quelle: (Sölkner P. u. a. 2013).....	49
Abbildung 15: Ökobilanzindikatoren der Systeme für Heizung und Lüftung inkl. Gebäudebetrieb aufgeschlüsselt nach Lebensphase .....	50
Abbildung 16: Vergleich der Herstellung und Erneuerung (A1-3, B4) unterschiedlichen Haustechnikvarianten in den PE-Indikatoren in MJ/m <sup>2</sup> BGF. ....	52
Abbildung 17: Variante 1 (Beheizung mit Pellets): Dominanzanalyse der Heizungs-, Lüftungs- und Sanitärsysteme sowie der Elektroinstallationen für die Herstellung und Erneuerung (A1-A3, B4).....	52
Abbildung 18: Variante 2 (thermische Solaranlage Beheizung mit Kachelofen): Dominanzanalyse der Heizungs-, Lüftungs- und Sanitärsysteme sowie der Elektroinstallationen für die Herstellung und Erneuerung (A1-A3, B4).....	53
Abbildung 19: Variante 3 (Erdwärme und Wärmepumpe): Dominanzanalyse der Heizungs-, Lüftungs- und Sanitärsysteme sowie der Elektroinstallationen für die Herstellung und Erneuerung (A1-A3, B4).....	53

Abbildung 20: Variante 4 (Passivhaus mit Komfortlüftungsanlage): Dominanzanalyse der Heizungs-, Lüftungs- und Sanitärsysteme sowie der Elektroinstallationen für die Herstellung und Erneuerung (A1-A3, B4) .....	54
Abbildung 21: Variante 5 (Plusenergiehaus): Dominanzanalyse der Heizungs-, Lüftungs- und Sanitärsysteme sowie der Elektroinstallationen für die Herstellung und Erneuerung (A1-A3, B4) .....	54
Abbildung 22: Einfamilienhaus in Holzleichtbauweise (oben) bzw. in Stahlbeton + EPS (unten), jeweils mit Haustechnik-Variante V3 (Erdwärme). Die Relevanz der Haustechnik (grüne Balken) im Vergleich zum Baukörper (blaue Balken) im GWP T hängen vor allem vom gespeicherten Kohlenstoff (GWP C) im Gebäude ab, weshalb im Folgenden nur der GWP P abgebildet wird. ....	55
Abbildung 23: Vergleich Herstellung und Erneuerung (A1-3,B4) der Haustechniksysteme und des Baukörpers .....	56
Abbildung 24: Dominanzanalyse der Haustechniksysteme für die Basisvariante.....	57
Abbildung 25: Dominanzanalyse der Haustechniksysteme für die Maximalvariante (V1).....	58
Abbildung 26: Dominanzanalyse der Haustechniksysteme für die Minimalvariante (V2).....	58
Abbildung 27: Vergleich der Primärenergie nicht erneuerbar für die Herstellung und Erneuerung (A1-3, B4) der Baumaterialien und der Haustechniksystem für die unterschiedlichen Varianten .....	58
Abbildung 28: Vergleich der Primärenergie erneuerbar für die Herstellung und Erneuerung (A1-3, B4) der Baumaterialien und der Haustechniksystem für die unterschiedlichen Varianten.....	59
Abbildung 29: Vergleich der Globalen Klimaerwärmung für die Herstellung und Erneuerung (A1-3, B4) der Baumaterialien und der Haustechniksystem für die unterschiedlichen Varianten.....	59
Abbildung 30: Vergleich der Versauerung (AP) für die Herstellung und Erneuerung (A1-3, B4) der Baumaterialien und der Haustechniksystem für die unterschiedlichen Varianten .....	59
Abbildung 31: Verteilung der nicht erneuerbaren Energieträger bei der Herstellung von 1 kg Glaswolle-Dämmstoff .....	65
Abbildung 32: Gestapelte Darstellung des Primärenergieverbrauches für 32 untersuchte Varianten eines Mehrfamilienhauses, Betrachtungszeitraum 50 Jahre inkl. Nutzungsdauern und inkl. Haushaltsstrom beim Betrieb. ....	70
Abbildung 33: Gestapelte Darstellung des Primärenergieverbrauches für 32 untersuchte Varianten eines Mehrfamilienhauses, Betrachtungszeitraum 30 Jahre ohne Nutzungsdauern und inkl. Haushaltsstrom beim Betrieb. ....	71
Abbildung 34: Gestapelte Darstellung des CO <sub>2</sub> bzw. GWP 100 für 32 untersuchte Varianten eines Mehrfamilienhauses, Betrachtungszeitraum 50 Jahre inkl. Nutzungsdauern und inkl. Haushaltsstrom beim Betrieb.....	72
Abbildung 35: Defaultaufbau einer nichttragenden Innenwand in einem Einfamilienhaus.....	74

## 3.2 Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Indikatoren Ökobilanzierung .....	19
Tabelle 2: Indikatoren der Primärenergie.....	20
Tabelle 3: Lebenswegphasen („Module“) von Gebäuden nach ÖNORM EN 15978.....	21
Tabelle 4: Nutzungsdauerkategorien .....	23
Tabelle 5: Übersicht der untersuchten Gebäude.....	26
Tabelle 6: OI pro m <sup>2</sup> für verschiedene Gebäudeteile auf Basis der untersuchten Beispielprojekte unter Berücksichtigung von Nutzungsdauern, bezogen auf die jeweiligen Flächen der Gebäudeteile .....	34
Tabelle 7: Faktor zur Ermittlung der Bezugsfläche für verschiedene Gebäudeteile nach HEROES Methode unter Berücksichtigung von Nutzungsdauern.....	35
Tabelle 8: Oekoindex pro m <sup>2</sup> gewichteter Fläche für verschiedene Gebäudeteile auf Basis der untersuchten Beispielprojekte unter Berücksichtigung von Nutzungsdauern .....	36
Tabelle 9: Oekoindex pro m <sup>2</sup> für verschiedene Gebäudeteile auf Basis der untersuchten Beispielprojekte ohne Berücksichtigung von Nutzungsdauern.....	37
Tabelle 10: Faktor zur Ermittlung der Bezugsfläche für verschiedene Gebäudeteile nach HEROES Methode ohne Berücksichtigung von Nutzungsdauern .....	37
Tabelle 11: OI pro m <sup>2</sup> gewichteter Fläche für verschiedene Gebäudeteile auf Basis der untersuchten Beispielprojekte ohne Berücksichtigung von Nutzungsdauern .....	38
Tabelle 12: Maximum, Minima und Delta (Differenz zwischen Maximum und Minimum) der OI Punkte pro m <sup>2</sup> BZF unter der Berücksichtigung von Nutzungsdauern für die BG0, BG1, BG3 und >BG3.....	44
Tabelle 13: Maximum, Minima und Delta (Differenz zwischen Maximum und Minimum) der OI Punkte pro m <sup>2</sup> BZF <sub>HEROES</sub> ohne Berücksichtigung von Nutzungsdauern für die BG0, BG1, BG3 und >BG3.....	45
Tabelle 14: Prozentueller Anteil der Herstellung/Erneuerung (A1-A3, B4) der Heiz- und Lüftungssysteme an der Gesamtbelastung inkl. Betrieb (B6) Quelle: eigene Auswertung auf Basis von (Sölkner P. u. a. 2013) .....	48
Tabelle 15: Prozentueller Anteil der Herstellung (A1-A3) der Heiz- und Lüftungssysteme an der Gesamtbelastung inkl. Betrieb (A1-A3, B4 und B6). Quelle: eigene Auswertung auf Basis von (Sölkner P. u. a. 2013).....	48
Tabelle 16: Übersicht über die Haustechnikvarianten des Einfamilienhauses.....	51
Tabelle 17: Überblick über die methodischen Besonderheiten der IBO-Richtwerte und der produktspezifischen Werte (EPD) für Baumaterialien sowie der Konversionsfaktoren im Energieausweis.....	62
Tabelle 18: Unterschiedliche Methode der Energiemodellierung in den unterschiedlichen Bewertungssystemen für Baumaterialien und Betriebsenergie .....	63
Tabelle 19: Verhältnis Innenwandfläche zur Brutto-Grundfläche BGF in Abhängigkeit von der Gebäudeart und dem Anteil der Zwischenwände/Raumgrößen.....	74

### 3.3 Literaturverzeichnis

- Bau EPD GmbH. 2015. „Nutzungsdauerkatalog der Bau-EPD GmbH für die Erstellung von EPDs“. [http://www.bau-epd.at/wp-content/uploads/2015/08/EPD-AT\\_Referenznutzungsdauern-20150810.pdf](http://www.bau-epd.at/wp-content/uploads/2015/08/EPD-AT_Referenznutzungsdauern-20150810.pdf).
- baubook. 2016a. „baubook Richtwertekatalog“. [www.baubook.info/zentrale](http://www.baubook.info/zentrale).
- . 2016b. „baubook Richtwertekatalog“. [www.baubook.info/zentrale](http://www.baubook.info/zentrale).
- . 2016c. „Dokumentation baubook XML Schnittstelle V 3“.
- . 2017. *baubook: Die Datenbank für ökologisches Bauen und Sanieren*. Dornbirn/Wien: Energieinstitut Vorarlberg und IBO GmbH. <https://www.baubook.at/>.
- BKI, Hrsg. 2015. *BKI Baukosten 2015 Neubau: Statistische Kostenkennwerte für Gebäude Teil 1*. Bd. Teil 1. Stuttgart: BKI-Baukosteninformationszentrum Deutscher Architektenkammern.
- eco2soft. 2017a. *eco2soft ökobilanz für gebäude*. Dornbirn/Wien: Energieinstitut Vorarlberg/Österreichisches Institut für Baubiologie und -ökologie. [www.baubook.info/eco2soft](http://www.baubook.info/eco2soft).
- . 2017b. *eco2soft ökobilanz für gebäude - Nutzungsdauer von Baumaterialien. Registrierung (kostenfrei) erforderlich*. <https://www.baubook.info/eco2soft>.
- IBO. 2016a. „Oekoindex Berechnungsleitfaden Version 3.1“. Österreichisches Institut für Bauen und Ökologie. [https://www.baubook.at/m/Daten/Bilder/Infos/OI3\\_Leitfaden\\_V3.1\\_\\_Stand\\_Maerz\\_2016.pdf](https://www.baubook.at/m/Daten/Bilder/Infos/OI3_Leitfaden_V3.1__Stand_Maerz_2016.pdf).
- . 2016b. „OI3-Berechnungsleitfaden Version 3.1“. Österreichisches Institut für Bauen und Ökologie. [https://www.baubook.at/m/Daten/Bilder/Infos/OI3\\_Leitfaden\\_V3.1\\_\\_Stand\\_Maerz\\_2016.pdf](https://www.baubook.at/m/Daten/Bilder/Infos/OI3_Leitfaden_V3.1__Stand_Maerz_2016.pdf).
- klimaaktiv gebaut. 2017. „klimaaktiv gebaut - Vom Altbau zum Plus-Energiehaus“.
- Mair Oskar, und et al. 2017. „Richt- und Zielwerte für Siedlungen zur integralen Bewertung der Klimaverträglichkeit von Gebäuden und Mobilitätsinfrastruktur in Neubausiedlungen“. Endbericht FFG-Nummer 853955.
- Martin Ploss, Tobias Hatt, Christina Schneider, Thomas Rosskopf, und Michael Braun. 2017. „Modellvorhaben ‚KliNaWo‘ Klimagerechter Nachhaltiger Wohnbau; Zwischenbericht“. Zwischenbericht. Dornbirn: Energieinstitut Vorarlberg. <https://www.energieinstitut.at/wp-content/uploads/2017/05/KliNaWo-Zwischenbericht-012017.pdf?x43267>.
- Österreichisches Institut für Bautechnik. 2015a. „OIB-Richtlinie 6 2015 - Energieeinsparung und Wärmeschutz“. Wien.
- . 2015b. „OIB-Richtlinie 6 - Energieeinsparung und Wärmeschutz“.
- Passipedia. 2017. „Definiton Energiebezugsfläche“. [https://passipedia.de/planung/energieeffizienz\\_ist\\_berechenbar/hintergruende\\_-\\_energiebilanzen](https://passipedia.de/planung/energieeffizienz_ist_berechenbar/hintergruende_-_energiebilanzen) (abgerufen am 20.12.2017).
- Sölkner P., Hofer I, Koke K., Preininger R., Kröll K., Dolezal F., Spitzbart Ch., u. a. 2013. „Innovative Gebäudekonzepte im ökologischen und ökonomischen Vergleich über den Lebenszyklus.“ Wien / Linz / Salzburg / Graz. <https://nachhaltigwirtschaften.at/de/hdz/projekte/innovative-gebaeudekonzepte-im-oekologischen-und-oekonomischen-vergleich-ueber-den-lebenszyklus.php> (abgerufen am 14.12.2017).
- Uwe Nerwein. 2011. „Kostenbewertungssystem: Entwicklung eines Kostenbewertungssystems im Architektenwettbewerb im Gemeinnützigem Wohnbau“. 10 JAHRE NETZWERK BAU > Wissen & Visionen.
- Wolfgang Feist. 2007. „Energie - Bezugs - Fläche“. Passivhaus Institut Darmstadt. 2007. [https://passiv.de/former\\_conferences/Passivhaus\\_D/energie\\_bezugs\\_flaeche.html](https://passiv.de/former_conferences/Passivhaus_D/energie_bezugs_flaeche.html).
- Zelger T., Mötzl H., Scharnhorst A., und Wurm M. 2009. „Erweiterung des OI3-Index um die Nutzungsdauer von Baustoffen und Bauteilen. Forschungsinitiative ‚Nachhaltig Massiv‘, Arbeitspaket 3. Gefördert aus Mitteln des Programms ‚ENERGIE DER ZUKUNFT‘ und des Fachverbands der Stein- und keramischen Industrie der Wirtschaftskammer Österreich.“ Endbericht. [http://www.ibo.at/de/forschung/documents/Nachhaltigmassiv\\_AP3Nutzungsdauer\\_Endbericht\\_20091022-1\\_pub.pdf](http://www.ibo.at/de/forschung/documents/Nachhaltigmassiv_AP3Nutzungsdauer_Endbericht_20091022-1_pub.pdf).