



DIPLOMARBEIT Master Thesis

Ökobilanzierung Passivhaus-Wohnanlage Lodenareal

ausgeführt zum Zwecke der Erlangung des akademischen Grades
eines Diplom-Ingenieurs/ einer Diplom-Ingenieurin

unter der Leitung von

Univ.-Prof. Arch. Dipl.-Ing. Christoph M. Achammer
Assistant Prof. Dipl.-Ing. Dr. techn. Iva Kovacic

E234

Institut für interdisziplinäres Bauprozessmanagement

eingereicht an der Technischen Universität Wien
Fakultät für Bauingenieurwesen

von

Julia Reisinger, BSc

0917847

Rainergasse 30/3, 1040 Wien

Wien, am 13.01.2016

Danksagung

An dieser Stelle möchte ich mich nachdrücklich bei allen bedanken, die mich während dem Erstellen meiner Diplomarbeit fachlich und persönlich unterstützt und motiviert haben.

Ganz besonders gilt dieser Dank Frau Prof. Dipl.-Ing. Dr.techn. Iva Kovacic, die meine Arbeit und somit auch mich betreut hat. Dank ihrer herausragenden Expertise und der sehr guten Begleitung über den gesamten Arbeitsverlauf, gab sie mir stets neue Impulse Dinge aus einem anderen Blickwinkel zu betrachten und unterstützte mich jederzeit in meiner Recherche und meinen Fragen.

Daneben gilt mein Dank Herrn Dipl.-Ing. Jens Glöggler und Frau Prof. Dipl.-Ing. Arch. Susanne Runkel von ATP sustain, welche mich während der gesamten Zeit tatkräftig unterstützt haben. Durch stetiges Hinterfragen und konstruktive Kritik gaben sie mir wertvolle Hinweise, die einen großen Teil zur Vollendung dieser Arbeit beigetragen haben.

Ebenfalls bedanken möchte ich mich bei dem Unternehmen Neue Heimat Tirol, welches dieses Projekt erst möglich gemacht hat. Hier bedanke ich mich insbesondere bei Frau Mag. Gerda Maria Embacher für ihre freundliche Hilfsbereitschaft und Unterstützung, die sie mir entgegengebracht hat.

Besonderer Dank gilt meinen Vorgesetzten Frau Dipl.-Ing. Ingrid Scheibenecker und Frau Dip.-Ing. Margarete Salzer, die mir durch Ihre großartige Unterstützung immer die Möglichkeit gegeben haben, bei Ihnen zu forschen und zu arbeiten. Auch sie haben maßgeblich daran mitgewirkt, dass diese Arbeit in dieser Form nun vorliegt.

Weiters möchte ich mich bei meinen Eltern Claudia und Gottfried Reisinger und meinen Geschwistern Thomas und Stephanie Reisinger bedanken, die mich während meines gesamten Studiums immer herzlich unterstützten. Besonders meinem Vater und meiner Schwester möchte ich danken, die viel Zeit in die Korrektur meiner Arbeit investiert haben. Sie wiesen auf Schwächen hin und waren als Fachfremde oft in der Lage zu zeigen, wo noch Erklärungsbedarf bestand.

Herzlich bedanken möchte ich mich auch bei meinen Studienkolleginnen und guten Freunden Maria Pamminger und Nathalie Siencnik, die mich stets ermutigten und mit vielen nützlichen Tipps und mentaler Unterstützung einen wesentlichen Teil zu meiner Diplomarbeit beigetragen haben.

Kurzfassung

Der Hauptteil dieser Diplomarbeit ist die Bearbeitung einer konkreten Fallstudie. Anhand eines Wohnareals im Passivhausstandard werden die lebenszyklischen Umweltauswirkungen untersucht. Dabei werden der energetische Aufwand und die gebundenen Emissionen der grauen Energie (Konstruktion) und der roten Energie (Nutzung) in ein vergleichbares Verhältnis gestellt. Aufgrund der Analyse der Lebenszyklusphasen – unterteilt in Herstellung und Betrieb – werden die CO₂-Emissionen (GWP), der Primärenergiebedarf (PEI) und das Versauerungspotential (AP) identifiziert und verglichen.

Aufbauend auf einer Variantenstudie wird der ökologische Aufwand von grauer und roter Energie für zwei Varianten untersucht. Dadurch werden, erstellt für die Zeithorizont-Szenarien von 20, 50 und 80 Jahren, Erkenntnisse über ökologisch relevante Produkte im Gebäude, den Einfluss der Materialwahl auf die Ökobilanz und die Performance von unterschiedlichen Gebäudetypen gewonnen.

Im ersten Vergleich wird das Passivhaus im tatsächlich gebauten Zustand und mit den gemessenen Energieverbräuchen der Wohnhausanlage bilanziert und der Anteil der grauen Energie am Gesamtenergieaufwand festgestellt. Die Lebenszyklusanalyse wird einmal ohne und einmal mit Rohren und Sanitäranlagen durchgeführt. Dadurch ist der tatsächliche Anteil der Haustechnik an der grauen Energie im Gebäude feststellbar.

Hinsichtlich einer ökologischen Betrachtung ist es interessant festzustellen, wie sich die Massivbauweise gegenüber einer Holzbauweise verhält. Deshalb wird eine Optimierungsvariante aus Holz erstellt. Durch die optimierte Variante kann festgestellt werden, um wie viel sich die in Massivbauweise erstellte Passivhauswohnanlage hinsichtlich der Ökologie verbessern kann, wird der Massivbau durch einen Holzbau ersetzt.

Ob der erhöhte Einsatz von Materialien in der Herstellung eines Passivhauses durch die erzielte Einsparung des Energieverbrauchs während der Nutzung berechtigt ist, wird in der zweiten Variante untersucht. Dabei wird die CO₂-Bilanz des Passivhauses dem gleichen Gebäude im Niedrigenergiestandard gegenübergestellt. In Niedrigenergiehäusern werden weniger Materialien verbaut, im Zuge dessen ist der Energieverbrauch im Gebäude höher. Durch die drei unterschiedlichen Betrachtungszeiträume ist feststellbar, ab wann sich das Passivhaus im Vergleich zum Niedrigenergiehaus aus ökologischer Sichtweise bezahlbar macht.

Abstract

The main part of this thesis consists of a specific case study. We examine the life-cycle environmental impact of a certain residential area that was built following a passive house standard. In the process, we compare the expenditure of energy and the bounded emissions of the embodied energy (construction) and the red energy (operation). By analysing the life-cycle phases – divided in construction and operation – the CO₂-emissions (GWP), the primary energy demand (PEI), and the acidification potential (AP) are identified and compared.

Based on a feasibility study, we investigate the ecological expenditure of embodied and red energy for two different variants of the building standard. Thereby, we are able to gain knowledge about environmentally relevant products in the building, the influence of the selection of different materials on the life-cycle assessment and the performance of different energy types of buildings, taking into account time scenarios of 20, 50 and 80 years.

Within the first comparison, the passive house in its current building state and with its measured energy consumption is ecologically assessed. We identify the proportion of embodied energy with respect to the total energy expenditure. We carry out the life-cycle assessment for the building in question, providing two alternative calculations: in one case we neglect all the pipes and plumbing within the building, and in the other we take them into account. As a result, the actual proportion of building equipment and appliances to the embodied energy in the building can be determined.

In terms of an ecological approach, it is interesting to find out how a solid construction behaves in comparison to a wooden lightweight construction. To this end, we create an optimization variant with a timber construction instead of a concrete one. With this optimized version, it is possible to determine how the ecological performance of the passive house can improve if the massive construction is replaced by a timber construction.

In the second variant study, we analyse whether the achieved reduction of energy demand during the operation of the passive house justifies the increased use of materials during construction. Thereby, the carbon footprint of the passive house is compared to that of a low-energy house. While in low-energy houses less material is used, their energy consumption is also higher. Through three different time scenarios, we are able to determine at which point the passive house variant offers a better ecological return than the low-energy variant.

Forschungsprojekt: Ökobilanzierung Passivhaus-Wohnanlage Lodenareal

Ökologischer „Aufwand-Nutzen“ zwischen
Konstruktion (grauer Energie) und Betrieb (roter Energie)



Foto: J. Glöggler, ATP sustain, 2015

PASSIVHAUS-WOHNANLAGE
LODENAREAL IN INNSBRUCK, TIROL
*PASSIVE-HOUSE ESTATE LODENAREAL
IN INNSBRUCK, TYROL*



Auftraggeber:

Neue Heimat Tirol Gemeinnützige WohnungsGmbH

Gumpstraße 47

A-6023 Innsbruck

Tel.: +43 (0)512 3330, Fax DW 369

Email: nhtirol@nht.co.at

www.neueheimattirol.at



Verfasser:

Technische Universität Wien -

Industriebau und interdisziplinäre Bauplanung

E234 - Institut für Interdisziplinäres Bauprozessmanagement

Karlsplatz 13/234-2

A-1040 Wien

Tel.: +43 (0)1 58801-21526

Email: iva.kovacic@industriebau.tuwien.ac.at

Assistant Prof. Dipl.-Ing. Dr.techn. Iva Kovacic

Julia Reisinger, BSc



ATP Sustain GmbH

Karlstraße 66

G-80335 München

Tel.: +49 (89) 45562-130

Email: info@atp-sustain.ag

Dipl.-Ing. Jens Glögger

Prof. Dipl.-Ing. Arch. Susanne Runkel



Inhaltsverzeichnis

1. Forschungsziel	5
2. Vorgehensweise und geplante Ergebnisse.....	6
3. Projektbeschreibung.....	8
4. Methodik	11
4.1. Das Niedrigenergiehaus und das Passivhaus	11
4.1.1. Das Niedrigenergiehaus.....	11
4.1.2. Das Passivhaus	11
4.2. Die Lebenszyklusanalyse	14
4.3. Lebenszyklusanalyse mittels der Software LEGEP	18
5. Stand der Technik	20
5.1. Energieverbrauch in der Praxis - Literaturvergleich	22
6. Methodische Vorgehensweise.....	26
6.1. Analyse der Daten.....	26
6.2. Lebenszyklusanalyse Lodenareal.....	27
6.3. Ermittlung der „grauen Energie“	29
6.3.1. Indikatoren für Umweltwirkungen	29
6.3.2. Indikatoren für Ressourceninanspruchnahme	29
6.3.3. Bilanzerstellung.....	29
6.3.4. Betrachtungszeitraum	30
6.3.5. Rechenverfahren Herstellung.....	30
6.3.6. Rechenverfahren Nutzungsszenario	30
6.3.7. Rechenverfahren End of Life-Szenario.....	31
6.4. Ermittlung der „roten Energie“	32
7. Fallstudie Passivhaus-Wohnanlage Lodenareal	33
7.1. Bilanzgrenzen	33
7.1.1. Beschreibung von Haus A-E	35
7.1.2. Abschneidekriterien der Bauteilermittlung	36
7.1.3. Abschneidekriterien der TGA Ermittlung.....	38

7.1.4.	Funktionale Einheit.....	39
7.2.	Datenerfassung Passivhaus-Wohnanlage Lodenareal	40
7.2.1.	Bauteilaufbauten	40
7.2.2.	Haustechnikkonzept.....	42
7.2.3.	Ermittlung der Mengen der Bauteile	43
7.2.4.	Ermittlung der Energieverbrauchsdaten	45
8.	Fallstudie: Variantenbildung	46
8.1.	Ergebnisse Variante 1	48
8.1.1.	Passivhaus Lodenareal IST-Zustand (PH _{IST}).....	48
8.1.2.	Variante A – inkl. Rohre und Sanitär	54
8.1.3.	Holzvariante B.....	60
8.2.	Ergebnisse Variante 2 – Vergleich PH mit NEH	67
8.2.1.	Passivhaus Abwandlung	67
8.2.2.	Variante Niedrigenergiehaus NEH _{EA}	75
9.	Interpretation der Ergebnisse	83
	Literaturverzeichnis	87
	Abbildungsverzeichnis.....	89
	Tabellenverzeichnis.....	93
	Anhang.....	95

Die vorliegende Studie wurde von der Autorin und der TU Wien, in Kooperation mit ATP sustain und Neue Heimat Tirol durchgeführt. Die Kapitel 6.3., 6.4., 7.1. und 7.2. sind in Zusammenarbeit mit ATP sustain entstanden. Pläne, Fotos und Daten des untersuchten Gebäudes wurden von Neue Heimat Tirol zu Verfügung gestellt.

Abkürzungsverzeichnis

AP	Versauerungspotenzial (Acidification Potential)
BGF	Brutto-Grundfläche
DGNB	Deutsche Gesellschaft für nachhaltiges Bauen
DIN	Deutsches Institut für Normung e.V.
EEB	Endenergiebedarf
EEV	Endenergieverbrauch
EKZ	Energiekennzahl
EPD	Environmental Product Declaration
EPS	Expandiertes Polystyrol
GWP	Treibhauspotential (Global Warming Potential)
HWB	Heizwärmebedarf
ISO	International Organization for Standardization
LCA	Life Cycle Assessment
NEH	Niedrigenergiehaus
NGF	Netto-Grundfläche
NGFa	überdeckt und allseitig in voller Höhe umschlossen (z.B. Innenräume)
NGFb	überdeckt, jedoch nicht allseitig in voller Höhe umschlossen (z.B. überdeckte Außenräume)
ÖGNI	Österreichische Gesellschaft für Nachhaltige Immobilienwirtschaft
PEI	Primärenergiebedarf
PH	Passivhaus
TGA	Technische Gebäudeausrüstung
WDVS	Wärmedämmverbundsystem
WWWB	Warmwasserwärmebedarf

1. Forschungsziel

Die vorliegende Studie der TU Wien, in Kooperation mit ATP sustain und Neue Heimat Tirol untersucht die lebenszyklischen Umweltauswirkungen der Passivhaus-Wohnanlage Lodenareal.

Dabei sollen anhand der Analyse der Lebenszyklusphasen – Herstellung und Betrieb – primär die CO₂-Emissionen, welche dem Energieverbrauch für die Herstellung der Materialien sowie dem Gebäudebetrieb zuzuordnen sind, identifiziert und verglichen werden.

Weitere Indikatoren wie PEI (Primärenergie-Verbrauch) und SO₂ (Versauerungspotential) werden ebenfalls identifiziert.

Jedes eingebaute Material und Produkt hat während seiner Lebensdauer (Herstellung, Transport, Nutzung, Abriss/Recycling) großen Einfluss auf die Umwelt. Nicht nur der Einsatz und Verbrauch der Energie während des Betriebs eines Gebäudes durch die Nutzer, sondern auch der Energieeinsatz zur Herstellung, für den Transport und für das Recycling der Materialien muss beachtet werden.

Passivhäuser erzielen ihre gute Energiebilanz durch Einsatz von mehr und schwereren Materialien. Durch diese Studie soll untersucht werden, ob der ökologische Mehraufwand für die Passivhauskonstruktion, vor allem die Dämmung, durch die erzielte Einsparung des Energieverbrauchs während der Nutzung berechtigt ist.

Anhand der gemessenen Energieverbräuche können der tatsächliche Energiebedarf mit den Planwerten (lt. Energieausweis) verglichen werden, und die Gründe für eventuelle Abweichungen untersucht werden.



Abbildung 1.1: Zusammensetzung von grauer und roter Energie im Forschungsprojekt und die daraus ausgewerteten Indikatoren der Ökobilanz

2. Vorgehensweise und geplante Ergebnisse

Das Ziel der Ökobilanzierung für die Passivhaus-Wohnanlage Lodenareal ist es, das Verhältnis von grauer zu roter Energie zu ermitteln, um Aussagen bezüglich der Ökoeffizienz von derartigen Gebäuden treffen zu können. Dazu werden einerseits die genauen Ausschreibungsunterlagen, Bauteilkataloge und das Planmaterial, sowie andererseits die realen, gemessenen Verbrauchswerte herangezogen.

In einer **Variantenstudie** wird der ökologische Aufwand von grauer und roter Energie hinsichtlich der zwei folgenden Varianten untersucht:

1. Ökobilanzierung der Passivhaus-Wohnanlage Lodenareal im IST-Zustand (PH_{IST}) plus einer optimierten Variante in Holzbauweise, basierend auf dem vermessenen Verbrauch
2. Vergleich eines Passivhauses (PH_{EA}) mit einem Niedrigenergiehaus (NEH_{EA}), basierend auf dem berechneten Bedarf (Energieausweis)

Für beide Varianten werden folgende Öko-Indikatoren der Anlage ermittelt:

- Berechnungen der CO_2 -Emissionen (GWP), des Primärenergiebedarfs (PEI-erneuerbar und nicht erneuerbar) und des Versauerungspotenzials (AP)
- Vergleich des energetischen Aufwands und der gebundenen Emissionen für „graue“ (Herstellung) und „rote“ (Betrieb) Energie
- Berechnungen für drei Zeithorizont-Szenarien: 20, 50 und 80 Jahre

Die Ökobilanz – „Life Cycle Assessment“ (LCA) – wird in dieser Fallstudie nach Richtlinien der DGNB (Deutsche Gesellschaft für nachhaltiges Bauen; diese entspricht der ÖGNI, Österreichische Gesellschaft für Nachhaltige Immobilienwirtschaft) erstellt. Dabei kann zwischen dem vereinfachten Verfahren und einer vollständigen Berechnung unterschieden werden. Beim vereinfachten Verfahren ist es erlaubt, die Haustechnik im Gebäude durch einen Aufschlag von 10% auf die gesamte Herstellung zu berücksichtigen. Vor allem in Passivhäusern, die durch aufwendige Lüftungssysteme ihr Ziel der Energieeffizienz erreichen, sind sehr viele TGA-Leitungen verbaut und nehmen einen erheblichen Anteil an grauer Energie im Gebäude ein.

Aufgrund der sehr guten Datengrundlage wird das Passivhaus im IST-Zustand einmal ohne und einmal mit Rohren und Sanitäranlagen bilanziert. In Folge dessen kann der tatsächliche Anteil der Haustechnik an der grauen Energie im Gebäude ermittelt werden und der angesetzte 10% Aufschlag im vereinfachten Verfahren verifiziert werden.

Ökologisch betrachtet sind Gebäude in Holzbauweise in ihrer CO₂-Bilanz vorteilhafter als gleichartige Gebäude in Massivbauweise. Durch eine Optimierungsvariante wird untersucht, um wie viel sich das in Massivbauweise erstellte Passivhaus-Wohnanlage Lodenareal hinsichtlich seiner Ökologie verbessert, wenn die Massivhauskonstruktion durch eine Holzkonstruktion ersetzt wird.

In einer zweiten Untersuchung wird die CO₂-Bilanz des Passivhaus-Gebäudes dem gleichen Gebäude in Niedrigenergiestandard gegenübergestellt. Bei einem Niedrigenergiehaus werden weniger Materialien verbaut, im Zuge dessen wird aber auch mehr Energie verbraucht. Durch drei verschiedene Betrachtungszeiträume (20, 50 und 80 Jahre) ist feststellbar, ab wann sich das Passivhaussystem im Vergleich zu einem Niedrigenergiehaus aus ökologischer Sichtweise bezahlbar macht.

3. Projektbeschreibung

Im Oktober 2009 wurde auf dem ehemaligen Lodenareal in Innsbruck ein 33.000 m² großes Wohnareal errichtet. Im Zuge dessen wurden 482 Wohnungen im strengsten Passivhausstandard auf dem Gelände realisiert. Derzeit gilt das Lodenareal als die größte Wohnhausanlage im Passivhausstil in Europa. Es wurden drei Wohnanlagen realisiert, wobei eine Wohnanlage immer aus zwei im Grundriss L-förmigen Komplexen mit jeweils einem großen Innenhof dazwischen besteht. Dabei wurden zwei Anlagen mit insgesamt 354 Passivhausmietwohnungen durch Neue Heimat Tirol (NHT) und eine Anlage mit 128 Eigentumswohnungen durch die Fa. Zima errichtet. (Neue Heimat Tirol, 2009)

In der Fallstudie wird ein Wohnkomplex, errichtet von NHT, untersucht. Die betrachtete Passivhauswohnanlage in der General-Eccher-Straße 15-23, geplant von den Architekten Din a4, besteht aus zwei Gebäuden mit L-förmigem Grundriss, in deren Mitte sich ein begrünter Innenhof befindet (siehe Abbildung 3.1).

Die bilanzierte Wohnanlage umfasst 189 Mietwohnungen und eine vollflächig durchlaufende Tiefgarage mit 232 Abstellplätzen. In den zwei gegeneinander gestellten L-förmigen Gebäuderiegeln befinden sich im parallel zur General-Eccher-Straße liegenden Komplex die Häuser A-E sowie im südöstlichen Komplex die Häuser F-J. Die beiden Gebäude sind flächenmäßig nahezu ident.

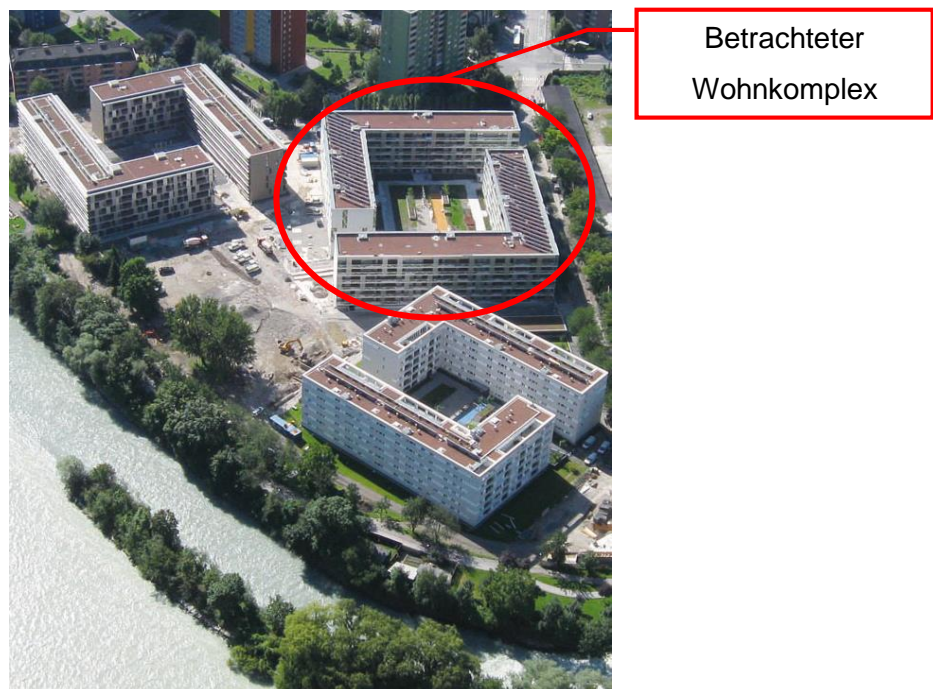


Abbildung 3.1: Luftaufnahme vom Wohnareal Lodenareal in Innsbruck; rot gekennzeichnet ist der in dem Forschungsprojekt betrachtete Wohnkomplex (Neue Heimat Tirol, 2009)

Im Erdgeschoß besitzt jede Wohnung eine Loggie oder Terrasse. Die Einheiten in den Obergeschoßen sind immer mit einem Balkon ausgestattet. Über zehn separate Hauseingänge können die Stiegenhäuser und Lifte erreicht werden. Alle Übersichtspläne sind dem Anhang 1-1 beigelegt.

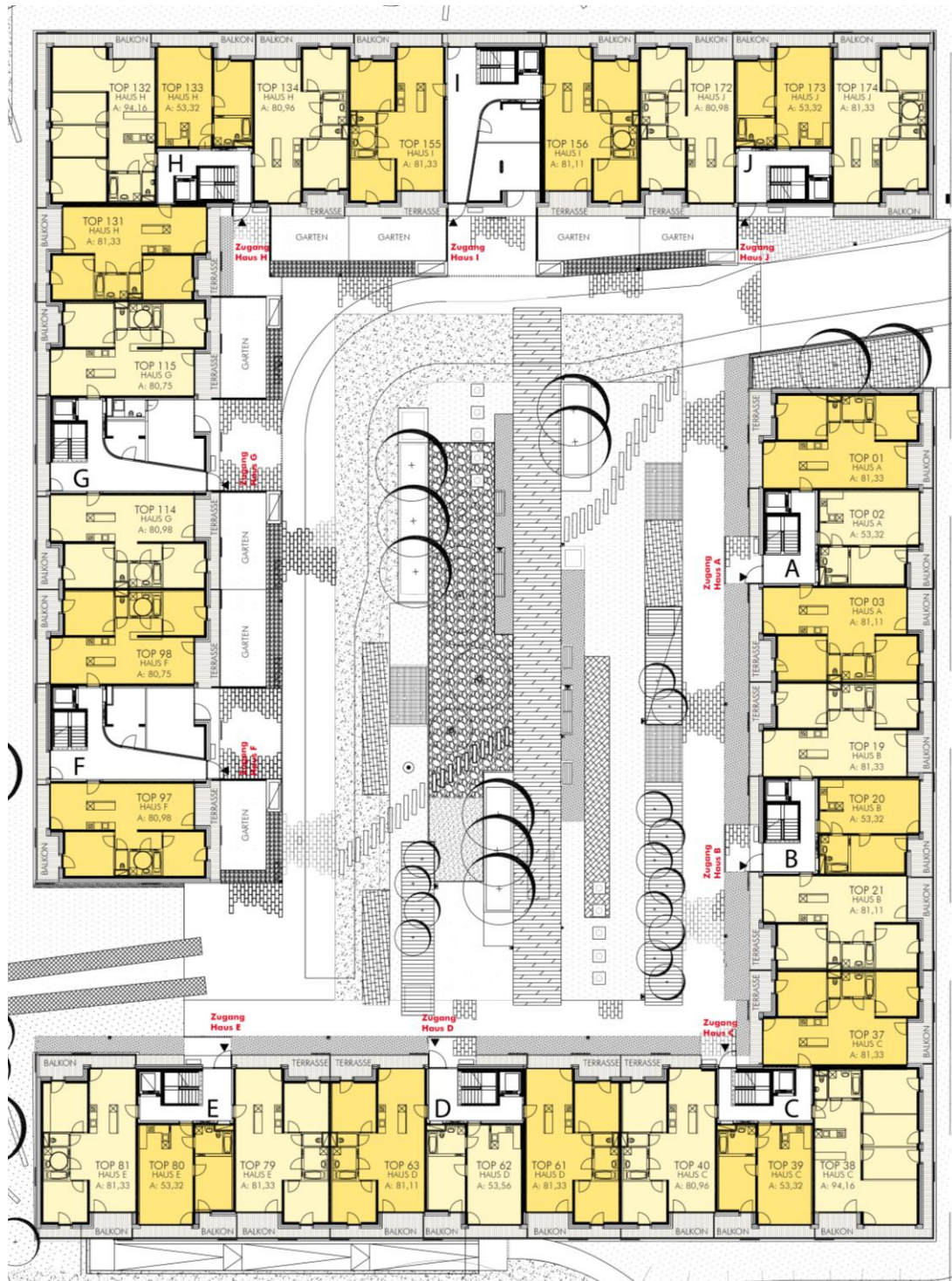


Abbildung 3.2: Grundriss Erdgeschoß des betrachteten Komplexes (Neue Heimat Tirol, 2008)

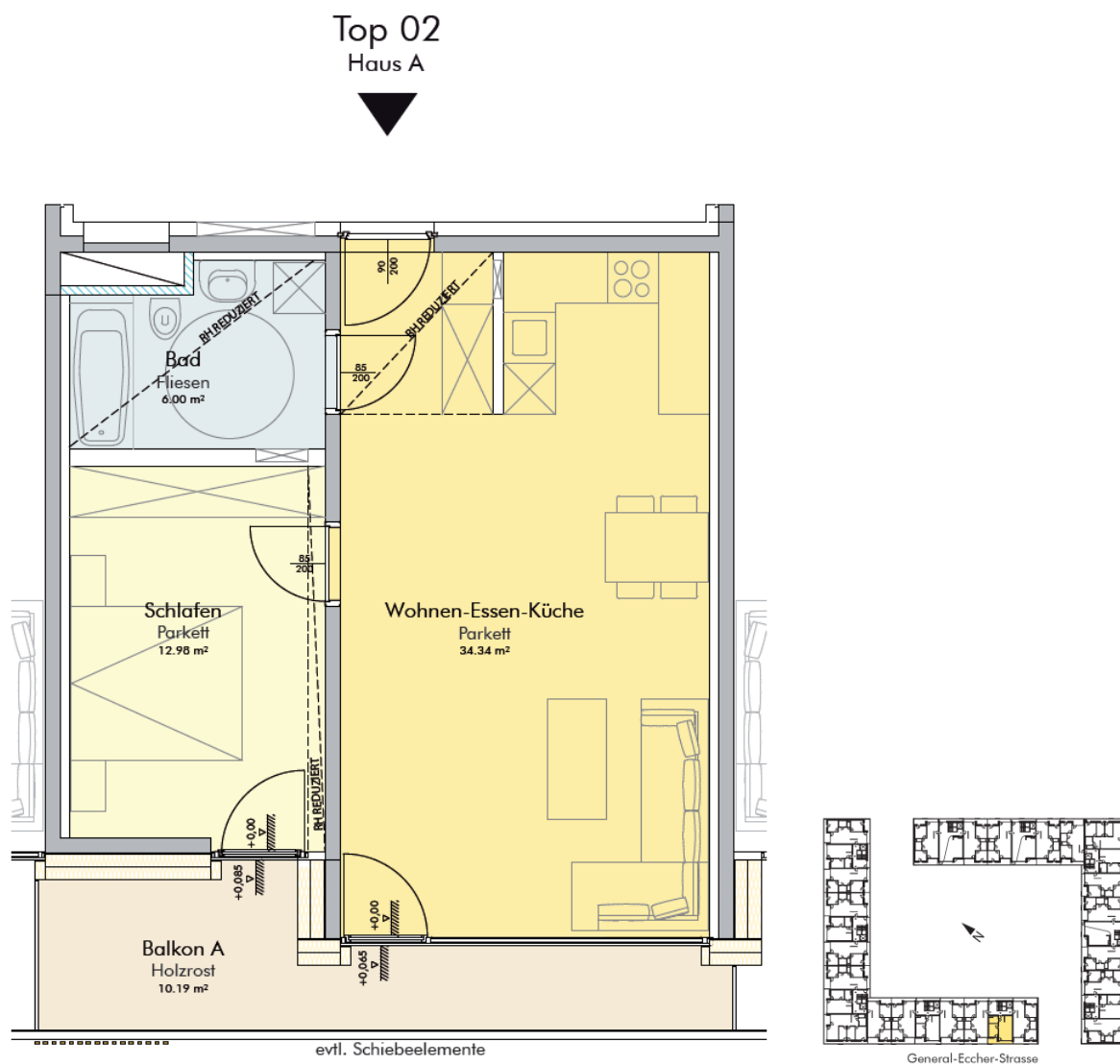


Abbildung 3.3: Plan einer Standard 2-Zimmerwohnung im Passivhauskomplex (Neue Heimat Tirol, 2008)

4. Methodik

4.1. Das Niedrigenergiehaus und das Passivhaus

4.1.1. Das Niedrigenergiehaus

Laut ÖNORM B 8110-1 (2011) liegt für ein Niedrigenergiehaus in Österreich die jährliche Heizrate bei gleich oder weniger als $17(1+2,5/l_c)$ kWh/(m²a-1). Somit beträgt die Energiekennzahl (EKZ) für ein Niedrigenergiehaus in Österreich zwischen 15 kWh/m²a und 50 kWh/m²a (Heizwärmebedarf je m² und Jahr).

Diese Werte werden durch eine besser gedämmte Gebäudehülle (ca. 20cm) als in der Bauordnung angeordnet und mit Fenstern mit einem U-Wert <1,10 erreicht. Bei Einsatz einer Wohnraumlüftung kann die Energiekennzahl stark gesenkt werden; dies ist bei einem Niedrigenergiehaus jedoch nicht unbedingt notwendig. Prinzipiell gibt es beim Typus Niedrigenergiehaus keine standardmäßigen Planungsgrundsätze. Es ist auf eine Abstimmung der U-Werte der einzelnen Bauteile, abhängig von der Heizrate, zu achten. (energie:bewusst Kärnten, 2010)

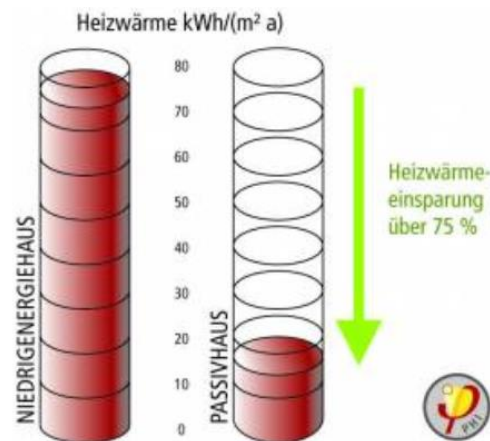
4.1.2. Das Passivhaus

Laut Passivhausinstitut Darmstadt (Passivhaus Institut, 2015) ist das Passivhaus ein Gebäude, das ein behagliches Innenklima in jedem Wohnraum im Winter wie auch im Sommer ohne separates Heizsystem und ohne Klimaanlage erreicht. Sozusagen erfolgt die Kühlung und Heizung des Gebäudes „passiv“.

4.1.2.1 Qualitätsanforderungen an Passivhäuser

Der Passivhaustyp darf einen Jahresheizwärmebedarf von 15 kWh/m²a nicht überschreiten. Der spezifische Primärenergieeinsatz für Restheizung, Warmwasseraufbereitung, Lüftung und Haushaltsstrom darf nicht höher als 120 kWh/m²a sein. Der niedrige Energiebedarf wird durch das aktive Heizsystem in Passivhäusern erreicht, die laut Passivhausinstitut Darmstadt 90% weniger Heizwärme als ein Gebäude im Bestand aufweisen und 75% Energieeinsparung zu einem durchschnittlichen Neubau haben. (Passivhaus Institut, 2015)

Die Transmissions- und Lüftungswärmeverluste des Bauwerks werden durch eine optimierte Gebäudehülle erreicht und deshalb kann auf ein konventionelles Heizsystem verzichtet werden. Durch die passiven Energiegewinne wie Solarstrahlung durch Fenster, Körperabwärme der Bewohner und Abwärme von elektrischen Geräten und der Beleuchtung zum „Beheizen“ des Gebäudes kann man die Verluste fast vollständig ausgleichen (Lückmann, 2008).



**Abbildung 4.1: Heizwärmeersparnis eines Passivhauses gegenüber einem Niedrigenergiehaus
(Passivhaus Institut, 2015)**

4.1.2.2 Grundprinzipien eines Passivhauses

Im Folgenden beziehe ich mich auf den Baudetail-Atlas (Lückmann, 2008), der die Grundprinzipien eines Passivhauses als das Minimieren der Verluste sowie das Gewinnen von passiv solarer Energie definiert. Eine hochwirksam gedämmte, winddichte und annähernd wärmebrückenfreie Gebäudehülle (Dach, Außenwände und Bodenplatte) und besondere Fenster verhindern, dass die Wärme vom Haus hinaus in die Umgebung abgegeben wird. Außerdem verhindert es, dass die kalte Außenluft ins Gebäudeinnere gelangt. Die Energie bleibt im Haus erhalten. Durch die Passivhausfenster können im Winter solare Gewinne erzielt werden und diese als „Heizquelle“ herangezogen werden.

Außerdem wird laut Passivhausinstitut Darmstadt (Passivhaus Institut, 2015) in Passivhäusern eine wesentliche Steigerung des Wohnkomforts erreicht. Die Lüftungsanlage sorgt für gleichbleibend frische Luft ohne Zugerscheinungen und kann durch gute Wärmerückgewinnung die Wärme der Abluft wieder nutzbar machen und ins System wieder einspeisen. Thermische Behaglichkeit wird durch die geringen Temperaturunterschiede zwischen Oberflächen und Raumluft erreicht.

4.1.2.3 Planungsgrundsätze für Passivhäuser

Grundsätzlich haben Passivhäuser folgende Anforderungen zu erfüllen (Lückmann, 2008):

- Alle opaken Bauteile der Gebäudehülle müssen einen U-Wert kleiner als $0,15\text{W/m}^2\text{K}$ aufweisen.
- Die Fenster (Verglasung inkl. Fensterrahmen) sollen einen U-Wert von kleiner gleich $0,80\text{W/m}^2\text{K}$ haben, mit einem hohen Energiedurchlassgrad g von 50-60%. Damit ein höherer Strahlungsgewinn erzielt werden kann, sollen große Fensterflächen nach

Süden und Westen und kleine Fensterflächen nach Norden und Osten positioniert werden.

- Die Luftdichtheit des Gebäudes muss sehr hoch sein $n_{50} < 0,6 \text{ h}^{-1}$, um Lüftungswärmeverluste gering halten zu können.
- Die Zuluft-Temperaturen am Luftauslass im Raum müssen höher als 17° C sein. Durch eine hocheffiziente Lüftungsanlage muss eine gleichmäßige Durchströmung aller Räume erfolgen (Passivhaus Institut, 2015). Durch eine Rückgewinnung der Wärme aus der Abluft mit einem Gegenstromwärmetauscher kann die Frischluft den größten Teil der Wärme aus der Abluft nehmen. (Wärmerückgewinnungsgrad $> 80\%$).
- Die Erwärmung des Brauchwassers soll mit teilweise regenerierenden Energien wie Solarkollektoren oder Wärmepumpen erfolgen.
- Auch der Strombedarf für Haushaltstechnik kann durch geeignete Technik minimiert werden. Kühlschrank, Lampen, Waschmaschine etc. sollen als hocheffiziente Stromspargeräte ausgeführt sein.

Für die energetische Qualität eines Bauwerks spielt auch die Kompaktheit des Baukörpers eine Rolle. Passivhäuser haben zwangsläufig häufig kubische Formen und sind sehr kompakt gebaut. Denn wird bei einem Gebäude der Keller beheizt (was bei Passivhäusern nicht der Fall ist), oder werden hohe Galeriegeschoße, offene Wohnräume oder aufwändige Erschließungen geplant, so erhöhen sich dadurch die Hüllfläche und auch das beheizte Volumen, jedoch nicht die Wohnfläche. Durch Verbesserung der Kompaktheit lassen sich Transmissionswärmeverluste im Betrieb reduzieren und es wird eine Energieeinsparung bei der Herstellung der Gebäudehülle erreicht (Richarz & Schulz, 2011).

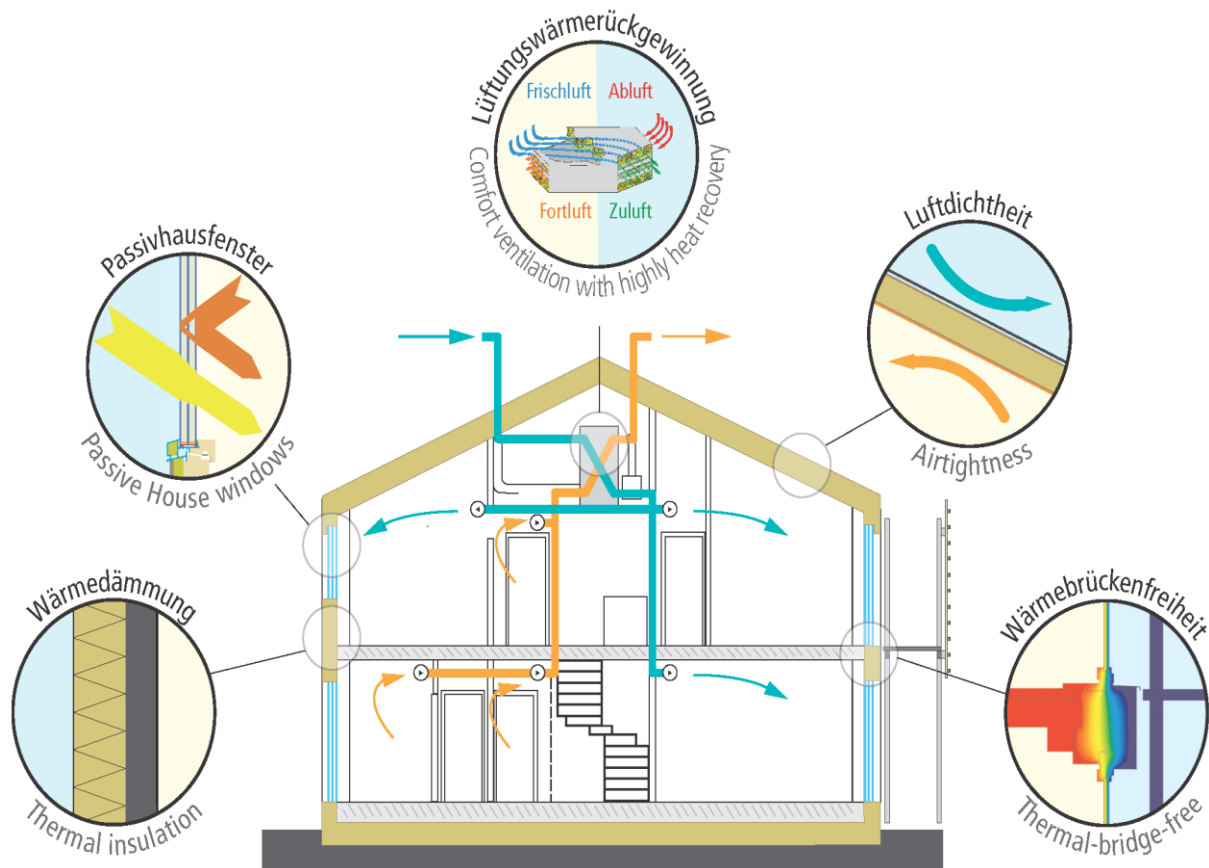


Abbildung 4.2: Grundsätze für Passivhäuser (Passivhaus Institut, 2015)

4.2. Die Lebenszyklusanalyse

Ein Gebäude hat während seines gesamten Lebenszyklus einen wesentlichen Einfluss auf unsere Umwelt. Das Ziel einer Ökobilanz (Lebenszyklusanalyse) ist es, ein nötiges Wissen für das Handeln beim Umwelt- und Klimaschutz zu schaffen.

Beim Bau, bei der Nutzung und beim Abbruch eines Objekts ergeben sich Auswirkungen auf unser Ökosystem. Im Lebenszyklus eines Gebäudes findet eine regelmäßige Entnahme von Ressourcen und Energie aus der Umwelt statt. Außerdem werden erzeugte Emissionen in Herstellung, Instandhaltung und Abbruch wieder an die Umwelt abgegeben. Deshalb bedarf es einer Analyse der Umweltwirkungen und des Energieverbrauches, die bei der Herstellung, Nutzung und Beseitigung eines Produkts entstehen. Mit der Ökobilanz wird der gesamte Lebensweg eines Produkts von der Wiege bis zu Bahre („cradle to grave“) mit in die Betrachtung einbezogen. Ist ein Produkt zu 100% recycelbar, wird von „cradle to cradle“ gesprochen. (Kovacic, 2014)

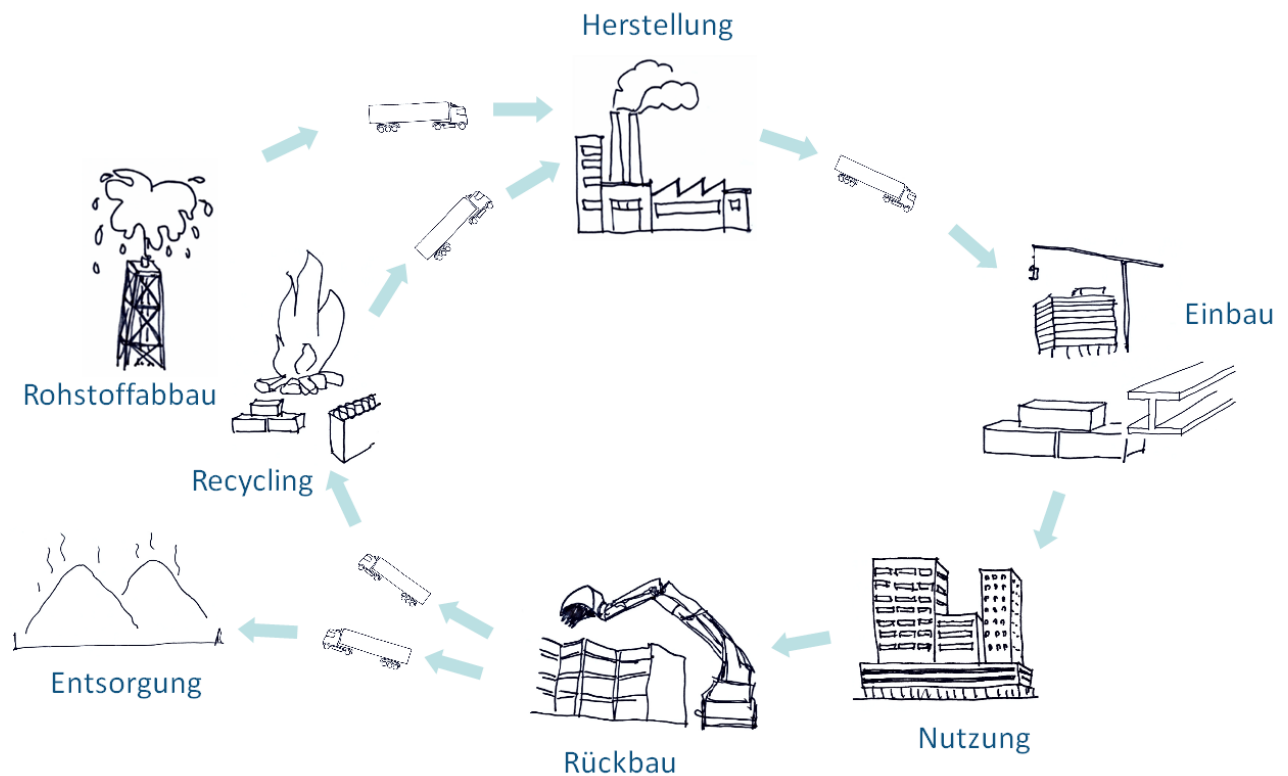


Abbildung 4.3: Lebenszyklus eines Gebäudes (S. Runkel, ATP sustain)

Eine Lebenszyklusanalyse besteht aus vier Schritten (Kovacic, 2014):

- 1.) Festlegung von Systemgrenzen und Definition einer funktionalen Einheit (Bilanzierungsziel)
- 2.) Erfassung der Flüsse (Sachbilanz)
- 3.) Identifikation der Umwelteinwirkungen der Flüsse (Wirkungsbilanz)
- 4.) Identifikation und Evaluierung mehrerer Einwirkungen (Bilanzbewertung)

Datensätze für die Erstellung von Lebenszyklusanalysen sind unter anderem ECOINVENT, GEMIS, Baubook (Österreich), Ökobau.dat (Deutschland) und die IBO Ökokennzahlen.

Bei einer Ökobilanz werden folgende Indikatoren bewertet (Kovacic, 2014):

Indikatoren für Umweltwirkungen:

- Treibhauspotenzial GWP [kg CO₂-Äquiv.]
- Ozonschichtabbaupotenzial ODP [kg R11-Äquiv.]
- Ozonbildungspotenzial POCP [kg Ethen-Äquiv.]
- Versauerungspotenzial AP [kg SO₂-Äquiv.]
- Überdüngungspotenzial NP [kg PO₄-Äquiv.]

Indikatoren für Ressourceninanspruchnahme:

- Primärenergie nicht erneuerbar PEI [kWh]
- Gesamtprimärenergie [kWh]
- Anteil Primärenergie erneuerbar [%]

In dieser Studie werden Treibhauspotenzial, Versauerungspotenzial und der Primärenergiebedarf ermittelt, bewertet und zum Vergleich von verschiedenen Varianten herangezogen. Deshalb werden diese in Folge genauer beschrieben.

Treibhauspotential (GWP): Treibhausgase tragen zur globalen Erwärmung bei. Es befinden sich immer mehr Treibhausgase in unserer Atmosphäre, dadurch wird umso mehr von der Erde abgehende Wärmestrahlung absorbiert. Das verändert das Strahlungsgleichgewicht der Erde und trägt zur globalen Klimaveränderung bei. Das mengenmäßig wichtigste Treibhausgas ist Kohlendioxid. Einheit: [kg CO₂-Äquiv./m²] (Kovacic, 2014)

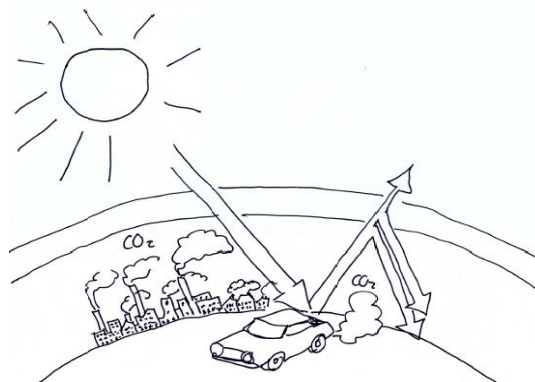


Abbildung 4.4: Umweltwirkung des Treibhauspotentials (S. Runkel, ATP sustain)

Versauerungspotenzial (AP): Luftschadstoffe wie Stickoxid- (NO_x) und Schwefeldioxidgase (SO₂) werden in der Luft in Säuren umgewandelt. Der Schadstoff wird in Niederschlag gebunden, reagiert dort und senkt in Folge den pH-Wert. Eine Folgeerscheinung für die zunehmende Versauerung ist der saure Regen. Einheit: [kg SO₂-Äquiv./m²] (Kovacic, 2014)

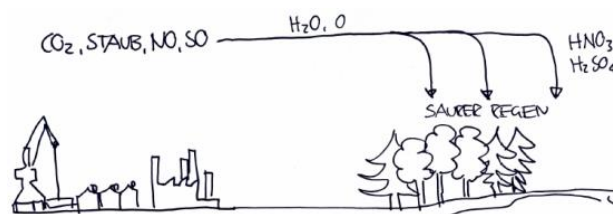


Abbildung 4.5: Umweltwirkung des Versauerungspotential (S. Runkel, ATP sustain)

Primärenergiebedarf (-inhalt) – PEI: Dies ist der Bedarf an nicht erneuerbaren energetischen Ressourcen. Alle nicht erneuerbaren energetischen Ressourcen, die während der Herstellung eines Produkts zum Einsatz kommen, bilden den Primärenergieinhalt. Erneuerbare Energien wie Holz, Wasser, Sonne sind nicht im Primärenergieinhalt enthalten und werden im Gesamt-Primärenergiebedarf erfasst. Einheit: [kWh/m²] (Kovacic, 2014)

4.3. Lebenszyklusanalyse mittels der Software LEGEP

LEGEP ist eine Softwarelösung zur Lebenszyklusplanung für Alt- und Neubauten. Das Gebäude wird im ersten Schritt im Programmpunkt „Projektbeschreibung“ genau beschrieben. Durch die systematische und modular aufgebaute Programmstruktur ergibt sich eine transparente Arbeitsweise.

Dabei kann das Gebäude durch die Elementmethode der Software sirAdos, auf Basis von definierten Baukonstruktionen oder technischen Anlagen, exakt modelliert werden. Die flexible Elementmethode ermöglicht die präzise Berechnung von Herstellungskosten, Energiebedarf, Lebenszykluskosten und Ökobilanz. (König & Mandl, 2012)

Projekt NH Tirol A-D_Holzvarianten_14102015 (D-Niedrigenergiehaus)

Allgemein

Grundstücksfläche: 0,00 m² Bebaute Fläche: 1.553,92 m² Fläche Tiefgarage ausserhalb des Gebäudes: 0,00 m²

Anzahl Geschosse oberirdisch: 6,0 Geschosshöhe: 2,90 m BRI: 0,00 m³

Anzahl Geschosse unterirdisch: 1,0

Angaben zur EnEV

Wärmeübertragende Umfassungsfläche A: 0,00 m² A/V-Verhältnis: 0,000000

Beheiztes Gebäudevolumen Ve: 28.927,25 m³ Beheizte NGF: 7.568,97 m² Gebäudenutzfläche A_N: 9.256,72 m²

Umfang Grundfläche (Perimeter): 0,00 m Beheiztes Luftvolumen V: 23.141,80 m³

Charakteristische Breite B_G: 0,00 m Charakteristische Länge L_G: 0,00 m

Weitere Flächenangaben

BGF a: 9.323,20 m² KGF: 1.754,23 m² BGF a, b, c: 0,00 m²

NGF a: 7.568,97 m² VF: 0,00 m² TF: 0,00 m²

NF: 7.568,97 m² (NNF): 0,00 m² Wohnfläche: 0,00 m²

(HNF): 7.568,97 m²

Außenfläche: 0,00 m²

Anzahl Wohnungen

1-Personen: 0 2-Personen: 0 3-Personen: 0

4-Personen: 0 5-Personen und mehr: 0

Abbildung 4.6: Eingabemaske von LEGEP – Programmpunkt Projektbeschreibung

LEGEP arbeitet mit folgenden Berechnungsgrundlagen (WEKA MEDIA, 2015):

- Kostenermittlung nach DIN 276 auf Basis der sirAdos-Baupreisdokumentation
- Ermittlung des Energiebedarfs gemäß aktueller EnEV und DIN V 18599
- Ermittlung der Nutzungskosten nach DIN 18960
- Ökobilanzierung (Sach- und Wirkungsbilanz) auf Basis der ISO 14040 und der ISO 14044 unter Verwendung der ökobau.dat des Bundesministeriums für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung als Grundlage für Ökobilanzdaten von Bauprodukten
- Einbindung des webbasierten Baustoff-Informationssystems Wecobis

- Einbindung der produktspezifischen Ökodaten (EPD – Environmental Product Declaration) des Instituts für Bauen und Umwelt e.V.
- Risikopotentialbewertung

Bei der Berechnung der Ökobilanz sind in einer hinterlegten Ökobilanzmoduldatenbank die Sach- und Wirkungsbilanzdaten für Bauprozesse, Bauprodukte, Energiebereitstellung, Transport und Entsorgung gegeben. Die „Ecoinvent 2.0“ dient dafür als Datenbasis für internationale und die „Ökobau.DAT“ für nationale Projekte. Sie arbeiten mit aktuellen Sachbilanzdaten und es wird mit produktneutralen Durchschnittswerten gerechnet. Mit den jeweiligen Durchschnittswerten berechnet LEGEP die Energie- und Stoffflussbilanzen als auch die Wirkungsbilanz. Dabei ermittelt das Programm alle gängigen Indikatoren für Umwelteinwirkungen und Ressourceninanspruchnahme (König & Mandl, 2012).

Name	Menge	Zyklus	Einheit	Treibhauspotenzial kg CO ₂ -Äq.	Ozonschichtabbaupotential kg CFC11-Äq.	Versauerungspotenzial kg SO ₂ -Äq.	Überdüngungspotential kg P-Äq.
Gebäude				3.283.794	0,12416578	8.819,95	1.077,1
Baukonstruktion				3.218.572	0,12052645	8.583,09	1.052,3
Erarbeiten							
Gründung							
Keller							
Bodenplatte	227.213				0,00885970	395,13	47,4
Aussenwand	716.612				0,02452144	2.552,43	240,5
Fenster	200.527				0,01229684	1.088,16	135,1
W01 (Außen hinterlüftet)							
W01 Holzwand							
W01-A (Außen WDVS)	15.909				0,00027964	17,66	1,7
XPS-Dämmung (fiktiv) um Kelle...	500.177				0,01194496	1.446,61	103,5
Türen	66.055				0,00379155	311,76	27,8
Innenwand	761.343				0,03125506	1.723,85	219,6
Wände UG	79.110				0,00268913	149,40	19,2
Balkone	52.407				0,00308249	150,16	25,0
Geschossdecken	852.268				0,03450928	2.275,88	330,6
Dach	463.565				0,01181780	1.024,49	141,5
Sonstige Baumassnahmen							
Technische Ausstattung	65.222				0,00363933	236,86	24,7
Aussenanlagen							
Gelände							
Strassen, Wege							
Technische Einbauten							
Rückbau (Abbruch)							
Betriebsmittel							
Summe				3.283.794	0,12416578	8.819,95	1.077,1

Abbildung 4.7: Ergebnismaske Programmpunkt Ökobilanzierung in LEGEP – Ergebnisse der Wirkungsbilanz

Es lässt sich jede Phase des Lebenszyklus separat anzeigen. Folgende Phasen werden in LEGEP bei der Berechnung der Energie- und Stoffflüsse unterschieden (König & Mandl, 2012):

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

5. Stand der Technik

Mit der Unterzeichnung des Kyoto-Protokolls hat sich Österreich dazu verpflichtet, den Ausstoß von Treibhausgasen zu minimieren.

Die Baubranche ist eine der wichtigsten zu betrachtenden Sparten im Ausstoß von CO₂. In Österreich verursacht der Bausektor 32% des Endenergiebedarfs und 40% des Primärenergiebedarfs. Die CO₂ Emissionen von Wohnungen haben in Österreich einen Anteil von 25%, also 24 Mio. Tonnen im Jahr 2010. Im Vergleich dazu: Das Kyoto-Protokoll schrieb Österreich eine Gesamtemission von 10,5 Millionen Tonnen für 2010 vor (Kislinger, 2015)

Eine Verringerung der treibhausrelevanten Emissionen und eine Schaffung von nachhaltigen Bauprojekten sind nur durch die Einführung neuer Ideen und Methoden erreichbar. Dazu zählt die Schaffung von mehr Passiv- und Niedrigenergiehäusern, der Einbau von recycelbaren, als auch nachhaltig geltenden Baustoffen und die Nutzung erneuerbarer Energie. (Karabaczek, 2015)

Der Passivhausstandard wurde 1990/1991 unter der wissenschaftlichen Leitung von Dr. Wolfgang Feist entwickelt. Dabei wurden nach Plänen von Prof. Bott/Ridder/Westermeyer von einer privaten Bauherrengemeinschaft vier Reihenhauseinheiten in Darmstadt errichtet. Diese Anlage war das erste regulär bewohnte Mehrfamilienhaus in Europa mit einem Heizenergieverbrauch von unter 12 kWh/m²a. Seit nun über zwei Jahrzehnten existiert mit dem Passivhaus ein Baustandard der behaglich, dauerhaft und umweltfreundlich sein soll (Lang Consulting, 2015).

In Österreich wurde 1996 das erste Einfamilienhaus als Passivhaus fertiggestellt. Seit jeher gab es eine rasante Entwicklung der Passivhausstandards in Wohnbauten und mit Ende 2011 waren fast 21.000 Wohnungen mit Passivhaus-Standard in Österreich bewohnt. Österreich hat die höchste Dichte an Passivhäusern in ganz Europa (Lang Consulting, 2015).

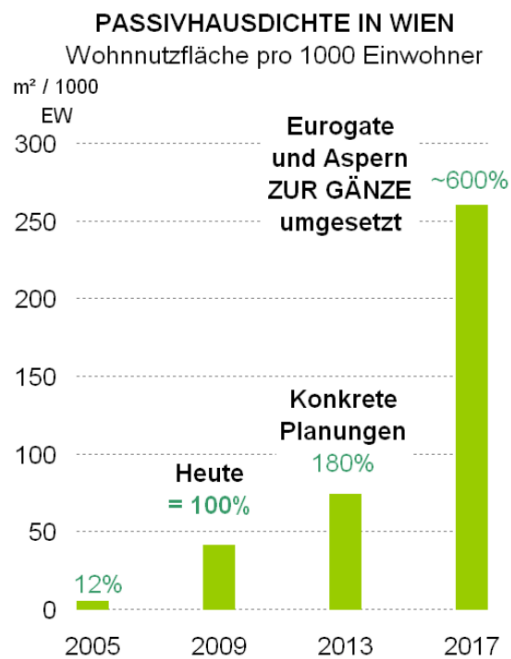


Abbildung 5.1: Studie über die Passivhausdichte in Wien 2009 (Treberspurg & Smutny, 2009)

Die Dicke der Wärmedämmung der zur Außenluft angrenzenden Bauteile spielt beim Passivhausstandard eine bedeutende Rolle. Meist beträgt die Dämmung an der Außenwand 30-40cm. Der Bautyp Passivhaus hat sich in der Praxis bezüglich der Energieeinsparung bewährt, jedoch werden hinsichtlich der Lebenszyklusbetrachtung eines Gebäudes immer wieder Zweifel laut.

Durch die hohen Anforderungen an die Dämmstoffe ergibt sich für ein Passivhaus auch eine größere Ressourceninanspruchnahme. Es wird viel darüber diskutiert, ob Passivhäuser durch den hohen Materialaufwand vielleicht auch eine Umweltbelastung darstellen können.

Die Umweltwirkungen von Passivhäusern in der Betriebsphase sind aufgrund ihrer Funktionsweise gering. Durch die Art der verwendeten Elektrizität können sich jedoch große Unterschiede ergeben (dies hängt stark vom betrachteten Strom Mix ab) (König, et al., 2009).

Es stellt sich natürlich die Frage, ob Passivhäuser durch den zusätzlichen konstruktiven Aufwand höhere Umweltbelastungen durch Herstellung, Unterhalt und Erneuerung verursachen. (König, et al., 2009, p. 129)

5.1. Energieverbrauch in der Praxis - Literaturvergleich

Zahlreiche realisierte und wissenschaftlich begleitete Passivhausprojekte beweisen, dass Heizwärmeverbräuche von 15 kWh/m²a, sehr niedrige Endenergieverbräuche und Primärenergieverbräuche gesamt kleiner als 120 kWh/m²a in der Praxis durchaus realisierbar sind (Ploss, 2015).

Nun wird in der Wissenschaft oft die Frage gestellt, ob sich aufgrund des vergleichsweise hohen Materialbedarfs für die Schaffung der thermisch kompakten Gebäudehülle für den Passivhausstandard eine positive CO₂-Bilanz beim Vergleich roter zu grauer Energie einstellt. Und wie verhalten sich die Ergebnisse eines Passivhauses zu den Ergebnissen eines Gebäudes im Niedrigenergiestandard?

Die Studie „Lebenszykluskosten von Passivhäusern“ von Cornelia Moosmann (König, et al., 2009) verglich ein Passivbürogebäude und ein konventionelles Bürogebäude und zeigt, dass bei gleichartigen, jedoch konventionellen Gebäuden, die Umweltbelastungen in Summe deutlich höher sind. Hier bestätigte sich die weitverbreitete Meinung, dass Passivhäuser wegen ihrer hohen Dämmstärke mehr Primärenergie benötigen als konventionelle Gebäude, nicht. Der Grund war unter anderem, dass beim untersuchten Passivhaus bestimmte Bestandteile nicht mehr benötigt wurden, wie zum Beispiel das Heizsystem. In der Studie wurden die anderen Bauteile sehr genau dimensioniert und die Baustoffe nach ihren Eigenschaften optimal eingearbeitet (Holzwände, Holzdach, Betondecken, usw.). Im Vergleich dazu war das konventionelle Gebäude deutlich überdimensioniert und enthielt zahlreiche redundante Bauteile. Dabei stellten auch die Heiztechniksysteme, durch ihre Verfügbarkeit und Obsoleszenz, einen hohen Risikofaktor dar. Daher ist laut Moosmann die Umweltbelastung vielmehr abhängig von der optimalen Bauweise und Dimensionierung, als von den energetischen Standards.

Weitere Studien zeigen, dass die Betriebs- und Nutzungsphase in konventionellen Gebäuden den größten Teil des Energieverbrauchs im Wohnbau einnimmt und die Produktion dabei meist nur 10-15% beträgt (Ramesh, et al., 2010). Die Raumheizungsanforderung kann durch gute Isolation, verbesserte Luftdurchlässigkeit und durch Wärmerückgewinnung bei Lüftungsanlagen reduziert werden. Um dies zu realisieren, bedarf es jedoch eines erhöhten Materialaufwandes. Der Primärenergiebedarf kann für die Konstruktion (graue Energie), bei einem Betrachtungszeitraum von 50 Jahren, ca. 45%-60% der Totalenergie betragen (Thormark, 2002) (Gustavsson & Joelsson, 2010). Trotz des Mehraufwands an grauer Energie führt ein Passivhaus zu einer erheblichen Reduktion des Heizenergieverbrauchs und der damit verbundenen CO₂-Emissionen.

Die Materialwahl beeinflusst den Energieaufwand in der Herstellungsphase wesentlich. Denn durch das Recycling- oder Wiederverwendungspotential eines Baustoffes kann der CO₂-Ausstoß deutlich gesenkt werden. So ist die erforderliche Primärenergie bei einer Holzrahmenbauweise niedriger als bei einer Betonbauweise (Gustavsson & Joelsson, 2010).

Schuß (Schuß, 2004) zeigt, dass der zusätzliche energetische Aufwand für Dämmstoffe im Allgemeinen bereits innerhalb der ersten beiden Betriebsjahre durch die daraus resultierenden Energieeinsparungen amortisiert wird. Wobei nicht alle Materialien für den Einsatz in einem Passivhaus ökologisch sinnvoll sind und recycelbare und biologische Materialien angestrebt werden sollen. Laut Schuß ist der Leichtbau aus energetischer Sicht durch den hohen Einsatz von technisch aufwändig produzierten Materialien, z.B. Holzfaserplatten, nicht immer sinnvoll.

Thormark (Thormark, 2002) hingegen berichtet, dass trotz der stark gesenkten Betriebsenergie bei Niedrigenergiehäusern der totale Endenergieverbrauch in einem Betrachtungszeitraum von 50 Jahren aufgrund des erhöhten Materialaufwands höher sein kann als bei einem konventionellen Gebäudetyp. Durch Einsatz von recycelbaren Materialien bei Niedrigenergiehäusern kann man jedoch die graue Energie um 37-42% senken und eine deutlich bessere Energiebilanz erreichen als beim konventionellen Wohnbau. Das bedeutet, je mehr man den Energieverbrauch während der Nutzung senkt, desto wichtiger ist es ein Auge auf die Materialproduktion und die Wiederverwertbarkeit der Baustoffe zu legen. Die richtige Baustoffwahl hat auch andere Vorteile, wie die Minimierung des Verbrauchs von natürlichen Ressourcen. In der Studie von Thormark machte die Instandsetzung ca. 12% der grauen Energie aus. Wenn man also die Lebensdauer von eingebauten Komponenten erhöht, so kann man auch hier die graue Energie weiter reduzieren.

Es stellt sich die Frage, inwieweit sich Passivhäuser im Gegensatz zu Niedrigenergiehäusern rentieren. Aufgrund des hohen Dämmaufwands kommen beim Passivhaus deutlich mehr Materialien zum Einsatz als beim Niedrigenergiehaus. Außerdem weist das Passivhaus eine kontrollierte Wohnraumlüftung auf, während das Niedrigenergiehaus hauptsächlich durch natürliche Lüftung belüftet wird. Auch dieser Faktor wirkt sich auf die erhöhte Ressourceninanspruchnahme in Passivhäusern aus.

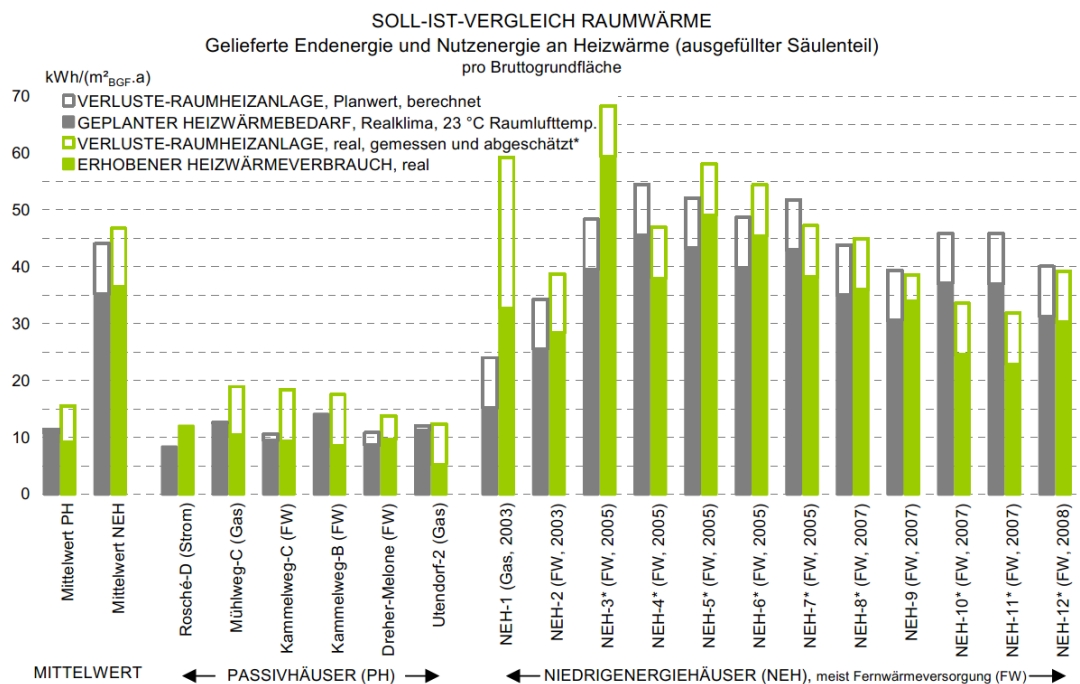


Abbildung 5.2: Vergleich von Endenergieverbräuchen - Planwerte in grau und gemessene Verbrauchswerte in grün bei Passivhäusern und Niedrigenergiehäusern (Treberspurg & Smutny, 2009)

Im Folgenden beziehe ich mich auf die im Jahr 2009 erstellte Studie „Nachhaltigkeits-Monitoring ausgewählter Passivhaus-Wohnanlagen in Wien“ von Prof. Treberspurg und DI Roman Smutny von der Universität für Bodenkultur Wien (Treberspurg & Smutny, 2009). Hier wurden 1367 Wohnungen, davon 492 im Passivhausstandard, hinsichtlich ihrer Energieeinsparung untersucht. In der Studie liegt der gemessene Endenergieverbrauch für Heizung und Warmwasser für Passivhaus-Wohnanlagen mit etwa 40 kWh/m²_{BGFa} ungefähr 30 kWh/m²_{BGFa} bzw. etwa 2/3 unter dem Vergleichswert der Niedrigenergie-Wohnanlagen. Laut Messungen beträgt der Endenergieverbrauch für Heizwärme und Warmwasser in Österreichs Passivhäusern zwischen 30 und 40 kWh/m²_{BGFa} und der Stromverbrauch, inkludiert sind Allgemeinstrom und Haushaltsstrom, liegt zwischen 22 – 45 kWh/m²_{BGFa}.

Mahdavi (Mahdavi & Doppelbauer, 2010) vergleicht zwei Wohnbauten in Wien, ein Passivhaus und ein Niedrigenergiehaus. Die Häuser sind beide annähernd gleich gebaut, haben den gleichen Standort und eine vergleichbare Konstruktion. Außerdem wurden sie von demselben Bauunternehmer im Jahr 2007 gebaut. Die herangezogenen Werte für die graue Energie erhält Mahdavi durch Forschungsliteratur.

In der Studie von Mahdavi wird gezeigt, dass der Energieverbrauch beim Passivhaus eindeutig geringer ist. Passivhäuser benötigen ca. 65% weniger Heizenergie und 35% weniger elektrische Energie als Niedrigenergiehäuser. Außerdem hat das Passivhaus in der Studie von Mahdavi 25-40% weniger CO₂-Emissionen als das Niedrigenergiehaus.

Der energetische Aufwand für die Herstellung der Konstruktion von Passivhäusern kann durch die große Energieeinsparung schon nach einer relativ kurzen Amortisationszeit stattfinden. Schon nach 1-5 Jahren konnte das Passivhaus den höheren Energieaufwand und die höheren CO₂-Emissionen wieder gut machen (Mahdavi & Doppelbauer, 2010).

In Abbildung 5.3 sind die Messergebnisse der tatsächlichen Verbräuche in den untersuchten Passiv- und Niedrigenergiehäusern von (Treberspurg & Smutny, 2009) dargestellt.

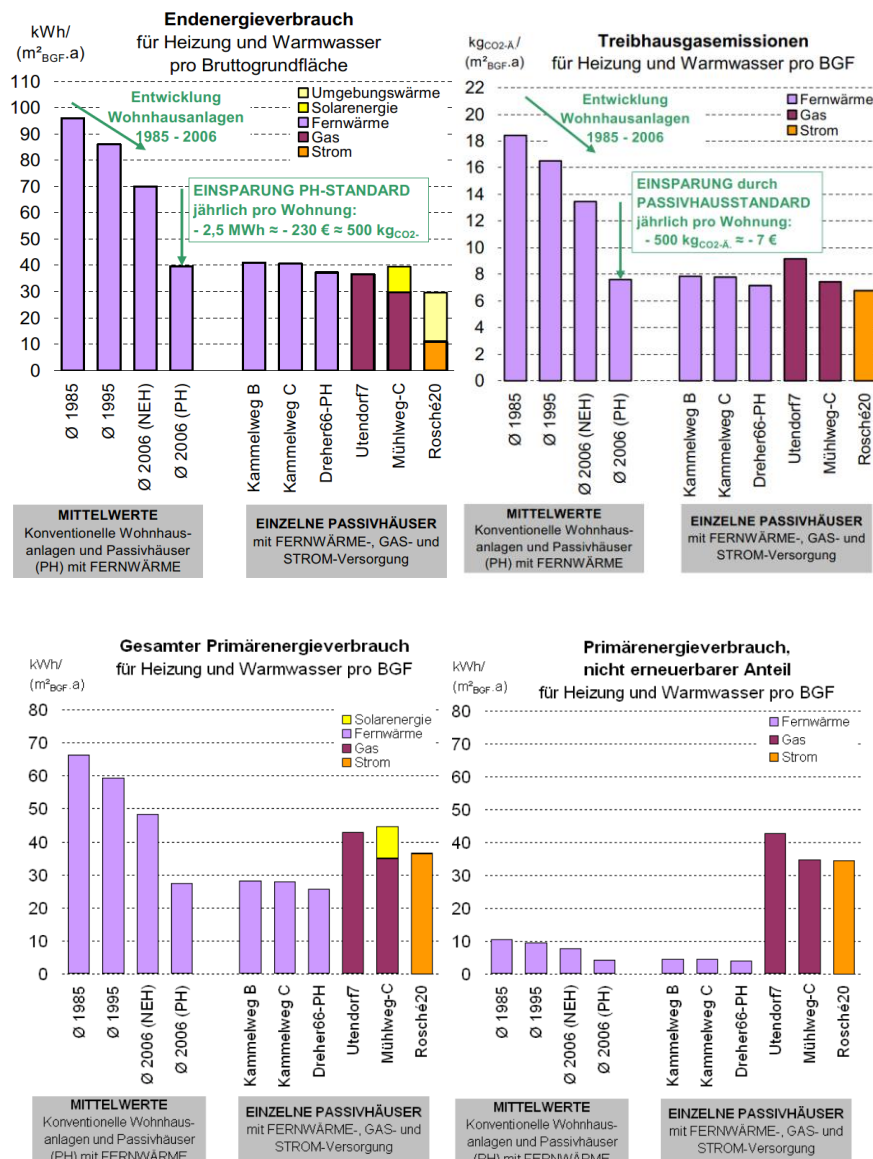


Abbildung 5.3: Vergleich von Verbräuchen - Mittelwerte von NEH und PH mit unterschiedlichen Baujahren
- für Raum- und Warmwasser exkl. Strom für Pumpen und Ventilatoren (Treberspurg & Smutny, 2009)

6. Methodische Vorgehensweise

6.1. Analyse der Daten

Die Daten zur Analyse stammen aus Plänen und der Gebäudedokumentation des Lodenareals Innsbruck, zur Verfügung gestellt von Neue Heimat Tirol. Aufgrund des umfangreichen und detaillierten Plan- und Unterlagenbestands war es möglich, das Gebäude sehr genau im Detail zu erfassen und es konnte weitestgehend auf Annahmen verzichtet werden.

Die Vorgangsweise bei der Analyse:

- Festlegung von System- und Raumgrenzen
- Erfassung aller Flächen (BGF, NGFa, NGFb) und Kubaturen (Ve, BRI, NRI) des Gebäudes
- Die Schichtaufbauten der Bauteile wurden für jeden einzelnen Bereich aus den zur Verfügung gestellten Plänen entnommen und das Gebäude dementsprechend gegliedert (siehe Anhang 1-2).
- Es wurde eine umfassende Ermittlung des Bauteilbedarfs vorgenommen und der Gesamtbedarf der unterschiedlichen Baustoffgruppen (Stahlbeton, Dämmstoffe, Fenster...) erhoben. Im Anhang 4-1 ist die gesamte Ermittlung der Bauteile aufgelistet.
- Sämtliche Rohre und Sanitärgegenstände im Gebäude wurden mittels den TGA-Plänen und Ausschreibungsunterlagen erfasst (siehe Anhang 4-2).
- Die Wärme- und Kälteerzeugungsanlagen sowie die lufttechnischen Anlagen wurden ermittelt.
- Der durchschnittliche Energiebedarf der Wohnhausanlage für Heizung, Warmwasser und Lüftung wurde aus den Monitoring-Daten errechnet (siehe Anhang 5-1).
- Aus der Studie „Forschungsprojekt Passivhauswohnanlage Lodenareal – Endbericht“ wurden die Verbräuche für den darin ermittelten durchschnittlichen Haushaltsstrom übernommen.
- Die Gebäudeökobilanz wurde mit der Software LEGEP durchgeführt. Mittels LEGEP wurde die graue Energie ermittelt.
- Es wurde nach DGNB/ÖGNI Zertifikat bilanziert und dabei das vereinfachte Verfahren herangezogen, jedoch ohne den 10% Faktor hinzuzunehmen.
- Die rote Energie (Nutzungsphase) wurde mittels Excel-Auswertung der Verbrauchsdaten ermittelt (siehe Anhang 5-2).
- Als funktionale Einheit wurde die Nettogrundfläche a (NGFa) gewählt.

6.2. Lebenszyklusanalyse Lodenareal

Das Gebäude wird laut DIN 276-1 (2008) gegliedert. Es werden die Kostengruppe KG300 für die gesamte Baukonstruktion sowie KG400 für die Technischen Anlagen betrachtet.

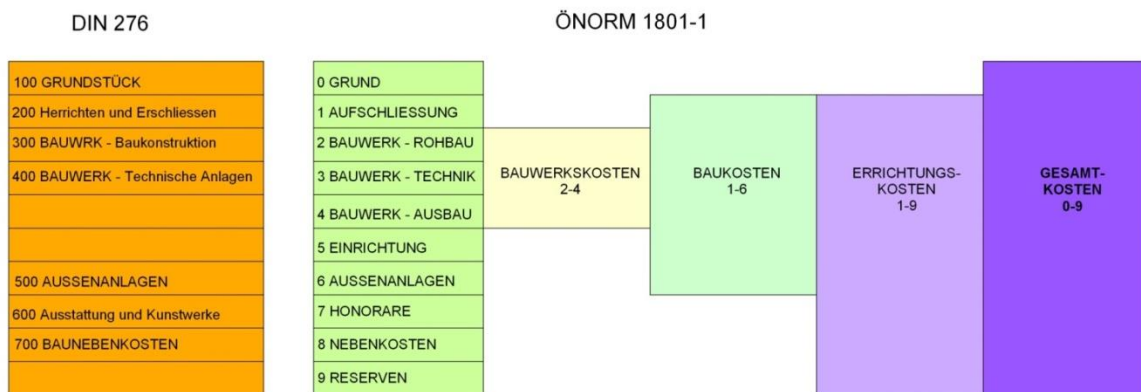


Abbildung 6.1: Kostengruppengliederung nach DIN 276-1 (2008) links und nach ÖNORM 1801-1 (2009) rechts, (I. Kovacic, TU Wien)

Die graue Energie wird mittels des Programmpunkts „Ökobilanz“ in LEGEP ermittelt und beinhaltet die Herstellung, die Instandsetzung und den Abbruch der Rohbau-, Ausbau-, und TGA-Materialien der gesamten Konstruktion.

Die rote Energie wird gesondert berechnet und beinhaltet den energetischen Aufwand und die ungebundenen Emissionen der Heizung, Kühlung, Lüftung und des Haushaltsstroms während der Nutzungsphase.

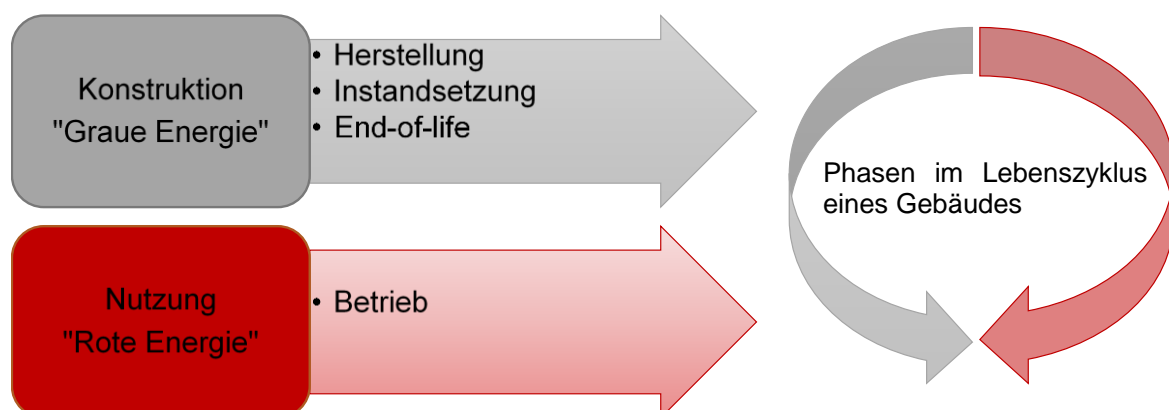


Abbildung 6.2: folgende Bestandteile der grauen Energie und der roten Energie werden in den Phasen des Lebenszyklus des Gebäudes betrachtet

Bei Betrachtung des gesamten Lebenszyklus ergibt sich für jeden Indikator in seiner Wirkungsbilanz der Gesamtaufwand. Der Gesamtaufwand eines Bauteils, einer Schicht oder des gesamten Gebäudes setzt sich aus der grauen Energie der Konstruktion zuzüglich der roten Energie der Nutzungsphase zusammen.

Zusammenfassend ergibt sich der Gesamtaufwand aus der Herstellung, Instandsetzung und Entsorgung der Produkte plus der verbrauchten Wärme und dem verwendeten Allgemein- und Haushaltsstrom während der Nutzung.

Graue Energie = Konstruktion (K) =	H + I + E	Herstellung Instandsetzung Entsorgung
Rote Energie = Nutzung (N) =	W + AS	Wärme
(N_{ges}) =	W + AS + HS	Allgemeinstrom Haushaltsstrom
<hr/>		
Gesamt (G) =	K + N	Gesamtaufwand

Abbildung 6.3: Gliederung der Auswertung der Ökobilanz vom Passivhaus Lodenareal

6.3. Ermittlung der „grauen Energie“

Die Gebäudeökobilanz für die Konstruktion erfolgt aufbauend auf den Regeln der ISO 14040 (2009) und der ISO 14044 (2006) und wird mit LEGEP durchgeführt.

In Ökobilanzierungen hat sich zur Bewertung bzw. Aussage der Wirkungsabschätzung auf die Umwelt der Ansatz durchgesetzt, einzelne Umweltwirkungen zu berechnen und später zu bewerten. Die Emissionen werden getrennt nach Eintrag in die Umweltmedien Boden, Wasser und Luft charakterisiert. Den Flüssen werden hierfür Charakterisierungsfaktoren zugewiesen, welche die Wirksamkeit der Emission bezogen auf eine Referenzsubstanz wiedergeben. (König, et al., 2009)

6.3.1. Indikatoren für Umweltwirkungen

Im Rahmen dieses Forschungsprojektes werden folgende wichtige Umweltprobleme durch die Wirkungsabschätzungen ausgewertet:

- GWP Treibhauspotenzial [kg CO₂-Äquiv.]
- AP Versauerungspotenzial [kg SO₂-Äquiv.]

6.3.2. Indikatoren für Ressourceninanspruchnahme

Für die Ökobilanzierung der Fallstudie Lodenareal werden folgende drei Ressourcenverbräuche gebildet:

- Primärenergie nicht erneuerbar [kWh]
- Gesamtprimärenergie [kWh]
- Anteil Primärenergie erneuerbar [%]

6.3.3. Bilanzerstellung

Die Sachbilanz wird für den Lebenszyklus erstellt. Diese betrachtet die Herstellung, die Nutzung und Recycling oder Entsorgung („cradle to grave“).

Die Herstellungsphase beinhaltet Rohstoffbereitstellung, Transport zum Hersteller und Herstellung der im Gebäude verbauten Produkte, ohne Außenanlagen.

Die Nutzungsphase richtet sich nach den OIB-Richtlinien, dem OIB-Leitfaden und der ÖNORM H 5055 (2011).

6.3.4. Betrachtungszeitraum

Die Betrachtungszeiträume werden mit 20 Jahren, 50 Jahren und 80 Jahren definiert. Dadurch erhält man drei Szenarien für die Auswertung und die Ergebnisse sind gut miteinander vergleichbar.

6.3.5. Rechenverfahren Herstellung

In die Berechnung der Ökobilanzwerte zur Errichtung des Gebäudes ist das gesamte ausgeführte Gebäude (Bauwerk-Rohbau, Bauwerk-Ausbau und Bauwerk-Technik) wie gebaut einbezogen. Die Mengenermittlung umfasst folgende in den Kostenbereichen 2, 3 und 4 nach ÖNORM B 1801-1 (2009) (siehe Abbildung 6.1) aufgeführten Bauteile:

- Außenwände und Kellerwände inklusive Fenster und Beschichtungen
- Dach
- Geschoßdecken inkl. Fußbodenaufbau und -belägen / Beschichtungen
- Bodenplatten inkl. Fußbodenaufbau und -belägen sowie Geschoßdecken über Luft
- Fundamente
- Innenwände inkl. Beschichtungen sowie Stützen
- Türen
- Wärmeerzeugungsanlagen und -verteilung

Die Bauteile werden über ihre Schichtaufbauten spezifiziert und mit den entsprechenden Daten der Ökobau.dat in LEGEP verknüpft.

6.3.6. Rechenverfahren Nutzungsszenario

In die Berechnung der Ökobilanzwerte der Nutzung des Bauwerks werden Anlagen zur Ver- und Entsorgung sowie die Instandsetzung einbezogen.

Für die Nutzung des Bauwerks gilt: Nutzungsdauer für Oberflächen und bewegte Bauteile werden den folgenden Datenquellen entnommen:

- Baustoffe / Bauprodukte: „Leitfaden Nachhaltiges Bauen“ („mittlerer Wert“)
- Haustechnik: Nutzungsdauern nach VDI 2067 (Hinweis: sind in den Datensätzen der Ökobau.dat entsprechend hinterlegt)

Für alle Materialien und Bauteile bzw. Oberflächen mit Nutzungsdauern kleiner der jeweiligen Gesamtbetrachtungsdauer werden die Berechnungen für die Instandsetzung durchgeführt. Instandsetzungsmaßnahmen (Austausch von Bauteilen / Produkten nach ihrer Nutzungsdauer) werden unter der Annahme eines Austauschs mit dem ursprünglich berechneten

Bauteil / Produkt berechnet. Hierbei werden die technischen Rahmenbedingungen des Austauschs so realistisch wie möglich berechnet. Dies gilt vor allem für die Zugänglichkeit von Bauteilen, bei denen gegebenenfalls weitere Schichten ausgebaut und erneuert werden müssen.

Die Entsorgung des ausgetauschten Bauteils / Produkts ist in entsprechender Menge mit dem passenden End-of-Life Datensatz der Ökobau.dat berechnet und wird in die Gesamtbilanz aufgenommen.

Transporte zwischen Werksauslieferung und Baustelle werden nicht bilanziert.

6.3.7. Rechenverfahren End of Life-Szenario

In die Berechnung der Ökobilanzwerte des End of Life-Szenarios des Bauwerks werden Verwertungs- und Entsorgungswege für alle Materialien / Baustoffe einbezogen, die sich nach Ende des Betrachtungszeitraums noch im Bauwerk befinden. Es werden die Datensätze der Ökobau.dat für die Berechnung genutzt. Zur Vereinfachung wird die Berechnung für Gruppen von Materialien durchgeführt.

Folgende Materialgruppen werden in den Berechnungen unterschieden:

- Metalle
- mineralische Baustoffe
- Materialien mit einem Heizwert (Holz, Kunststoffe, etc.)
- Wärmeerzeuger
- alle sonstigen Materialien, die auf Bauschutt- oder Hausmülldeponien abgelagert werden dürfen

6.4. Ermittlung der „roten Energie“

Die Ermittlung der roten Energie (Nutzungsphase) wurde nicht mit LEGEP durchgeführt, sondern konnte aufgrund der Bereitstellung von Monitoringdaten genau berechnet werden.

Für die Wirkungen in der Betriebsphase gilt: Die Werte für den Endenergiebedarf für Strom und Wärme werden aus den vorliegenden Verbrauchsdaten (Solar, Fernwärme, Lüftung) der Jahre 2012, 2013 und 2014 ermittelt.

Die Wärmeerzeugungsanlagen werden den entsprechenden Datensätzen zugeordnet und verknüpft. Für die Ökobilanzwerte des Strombedarfs wird der österreichische Strom-Mix als Basis verwendet. Der Stromverbrauch der abgelesenen Zähler erfasst den Verbrauch für die Hilfsenergien, nicht aber den Verbrauch der Wohnungsnutzungen.

Für den Verbrauch der Wohnungsnutzungen gibt es keine zugängliche Erfassung. In der Studie „Forschungsprojekt Passivhauswohnanlage Lodenareal – Endbericht“, erstellt von Energie Tirol (Wagner, et al., 2012), wurde 2012 der Energieverbrauch des Lodenareals ermittelt, unter anderem auch der Haushaltsstrom. Da uns keine neuen Haushaltsstrommessungen vorlagen, jedoch der Allgemeinstrom und Solarenergieverbrauch sehr gut mit den Verbrauchsdaten der Studie von Energie Tirol vom Jahr 2010-2011 mit unseren Verbrauchsdaten übereinstimmen, wurde der Haushaltsstromverbrauch von 2010 und 2011 für das Forschungsprojekt herangezogen.

Da der Haushaltsstrom stark vom Nutzerverhalten und weniger von der Bauweise des Passivhauses abhängt, werden zwei Nutzungsszenarien unterschieden. Zum einen wird eine Ökobilanz nur mit Heizung, Warmwasser und Allgemeinstrom (TGA, Hilfsstrom) erstellt; eine zweite Ökobilanz bringt Ergebnisse für Heizung, Warmwasser und Gesamtstrom (= Allgemeinstrom + Haushaltsstrom).

Nach der Aufbereitung der Verbrauchsdaten, siehe Anhang 5, werden alle Werte auf die funktionale Einheit [m²NGFa] gebracht. Mit den aktuellen Verbrauchsdaten von Solarenergie, Fernwärmeenergie und Strom wird mittels Excel-Auswertung eine Ökobilanz für die Nutzungsphase erstellt und die Indikatoren für Umweltauswirkungen und Ressourceninanspruchnahme werden ermittelt.

7. Fallstudie Passivhaus-Wohnanlage Lodenareal

7.1. Bilanzgrenzen

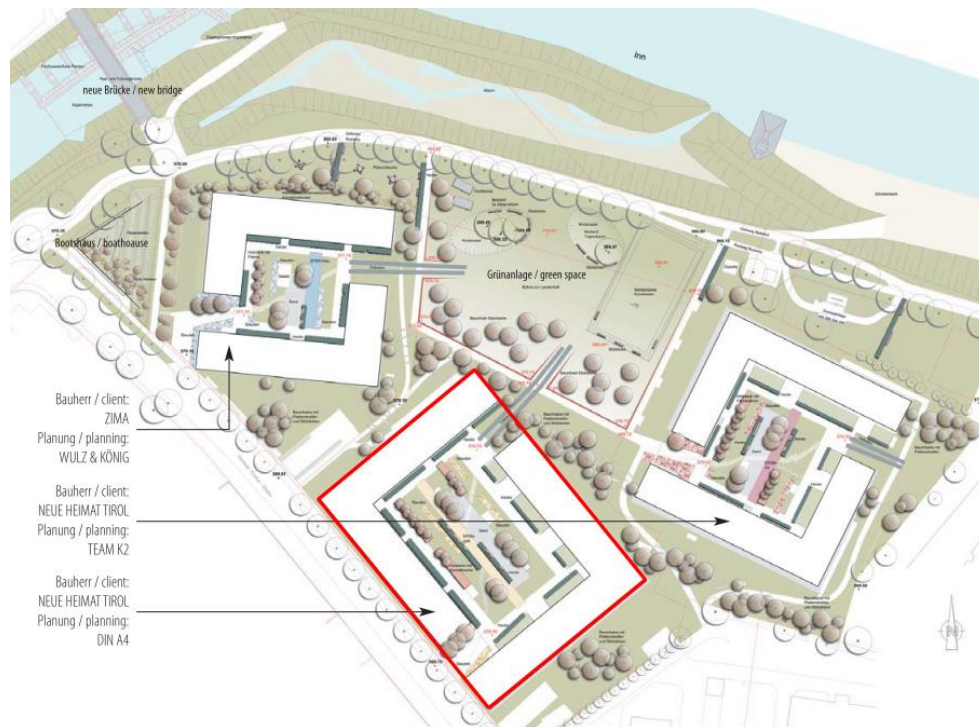


Abbildung 7.1: Lageskizze Lodenareal in Innsbruck, Tirol; rot gekennzeichnet ist der betrachtete Wohnkomplex für die Fallstudie (Neue Heimat Tirol, 2009)

Für die Fallstudie wird die Wohnhausanlage von Din a4 herangezogen. Wir entschieden uns für die Bilanzierung des nordwestlichen Gebäudekomplexes Haus A-E.

Da Haus A-E und Haus F-J hinsichtlich ihrer Bauart, ihren Flächen und ihrem Nutzen ident sind, ist es vollkommen ausreichend die räumliche Bilanzgrenze direkt um das Haus A-E zu legen. Haus F-J fließt in die Lebenszyklusbetrachtung nicht ein (siehe Abbildung 7.2).

Gegenstand der Betrachtung ist das Gebäude A-E inklusive seiner Gebäudehülle sowie der Anlagentechnik inklusive der Förderanlagen, die zur Grundversorgung des Gebäudes dienen (exklusive Produktionsanlagen).

Die Außenanlagen werden nicht betrachtet.

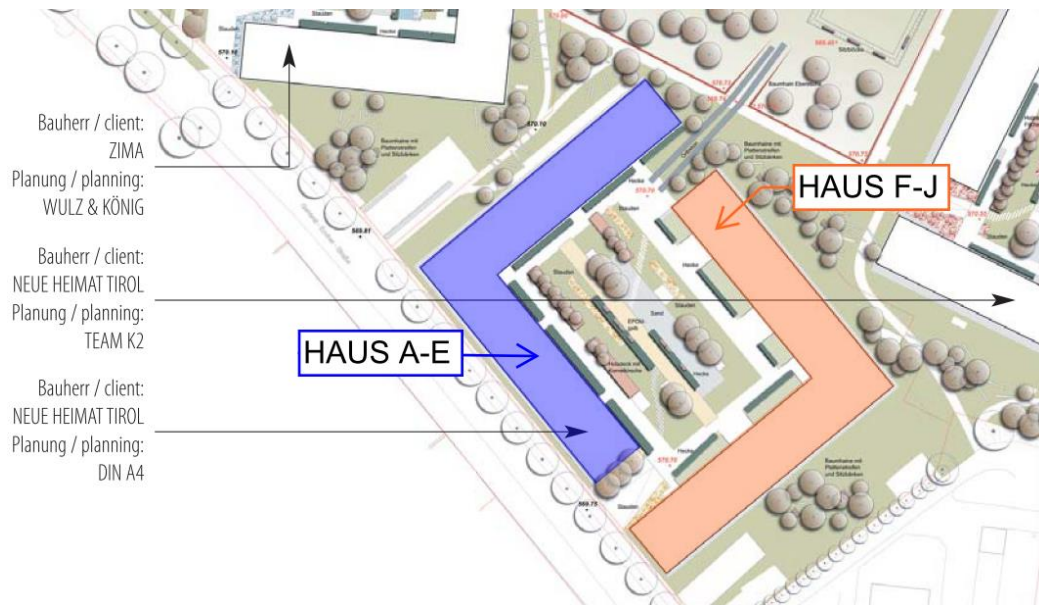


Abbildung 7.2: Untersuchungsrahmen – bilanziertes Gebäude Haus A-E blau gekennzeichnet

Die Ökobilanzierung wird nach den Phasen Herstellung (Konstruktion), Nutzung und Entsorgung berechnet. Für die Herstellung des Bauwerks sind Rohbau und Ausbau wie gebaut mit einzubeziehen.

Bestimmte Input-Ströme haben keinen relevanten Einfluss auf das Ergebnis der Bilanz und um die Bilanz nicht mit unwichtigen Daten zu überladen und den Aufwand in der Bilanzierung zu reduzieren, werden Ausscheidkriterien formuliert (König, et al., 2009). Nach den Richtlinien von deutschsprachigen Gebäudezertifizierungen wie DGNB oder ÖGNI und Leitfäden für nachhaltiges Bauen wurden weitere Ausscheidkriterien auf Systemebene definiert:

Allgemein sind sämtliche Materialien, die mehr als 1% der gesamten Gebäudemasse übersteigen, zu erfassen. Insgesamt darf die Summe der nicht erfassten Materialien nicht mehr als 5 % der Gesamtmasse betragen.

Produkte, die sich nur auf den Baustellenbetrieb beziehen, werden nicht berücksichtigt.

7.1.1. Beschreibung von Haus A-E

- 5 Stieghäuser (A-E)
 - 96 Wohnungen, davon:
 - 6 Vierzimmerwohnungen (je ca. 94 m²)
 - 60 Dreizimmerwohnungen (je ca. 81 m²)
 - 30 Zweizimmerwohnungen (je ca. 52 m²)
 - 6 Geschosse oberirdisch
 - 1 Tiefgarage (gemeinsam mit Haus F-J) ca. 9.415,00 m²_{BGF}
-
- NGFa gesamt: 7.568,97 m²
 - NGFb gesamt: 1.834,70 m²
 - Raumluftvolumen: 19.073,80 m³
 - überflüssiges Aufzählungszeichen
 - BGFa gesamt: 9.323,52 m²
 - BGF pro Geschöß: 1.553,90 m²
 - konditioniertes Bruttovolumen gesamt: 29.199,52 m³
 - umbautes Volumen Ve: 28.927,20 m³

Die im Zuge der Studie ermittelten Flächen wurde mit den vorhandenen Energiebilanzierungsflächen und der Passivhausberechnung verglichen und stimmen gut überein.

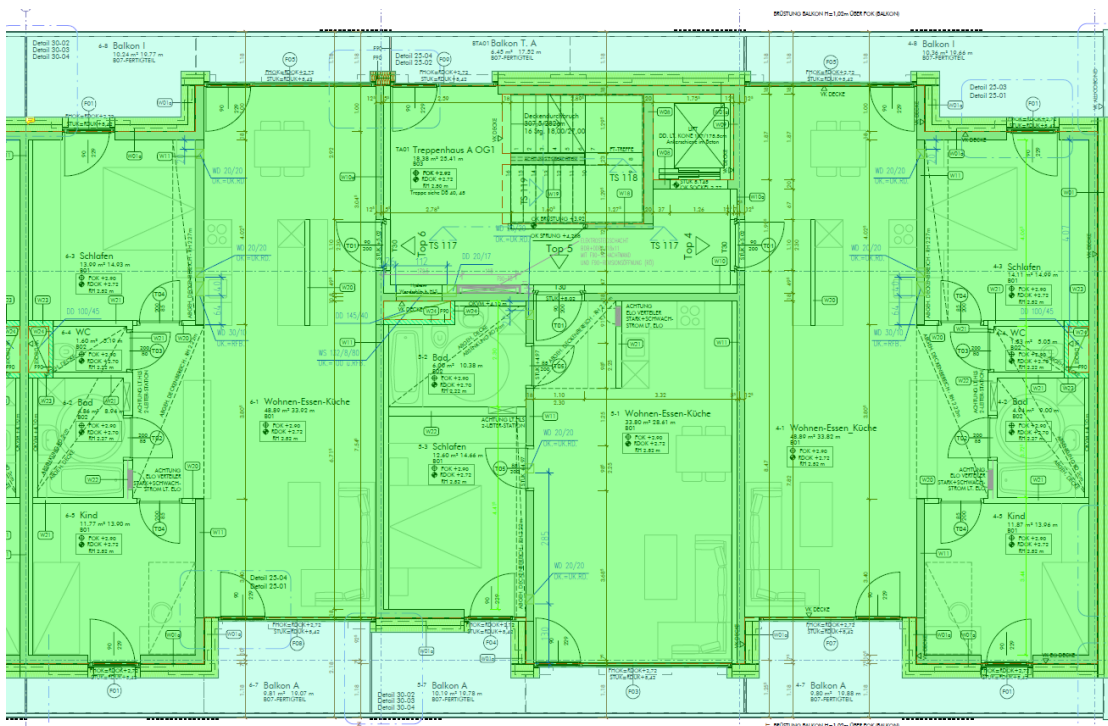


Abbildung 7.3: Stieghaus A mit seinen drei Wohnungen in grün und den Balkonen in blau

7.1.2. Abschneidekriterien der Bauteilmittlung

Die Bauteilmassen und -flächen der Tiefgarage sind nicht mit in die Berechnungen der Ökobilanz eingeflossen, da diese nicht konditioniert sind. Außerdem will man eine gute Vergleichbarkeit zu anderen Wohnbauten gewährleisten, da eine Tiefgarage für einen Wohnbau nicht grundlegend erforderlich ist. Begründung dafür ist, dass man Stellplätze auch oberirdisch anordnen kann.

Die Stiegenhäuser in der Tiefgarage sind jedoch konditioniert und werden deshalb in die Berechnung der Ökobilanz inkludiert. Die Fundamentierung der konditionierten Stiegenhäuser wird berücksichtigt.

Die Terrassenaufbauten werden in den Berechnungen vernachlässigt.

Balkone werden in der Bilanzierung mitberücksichtigt, da sie Teil der Nutzung und Teil der Wohnfläche sind, sowie einen wesentlichen Faktor für den sommerlichen Wärmeschutz in der energetischen Bilanzierung darstellen. Die Balkone bilden einen baulichen Bestandteil des Baukörpers und haben einen wesentlichen Einfluss auf die Beschattungswirkung des Gebäudes.

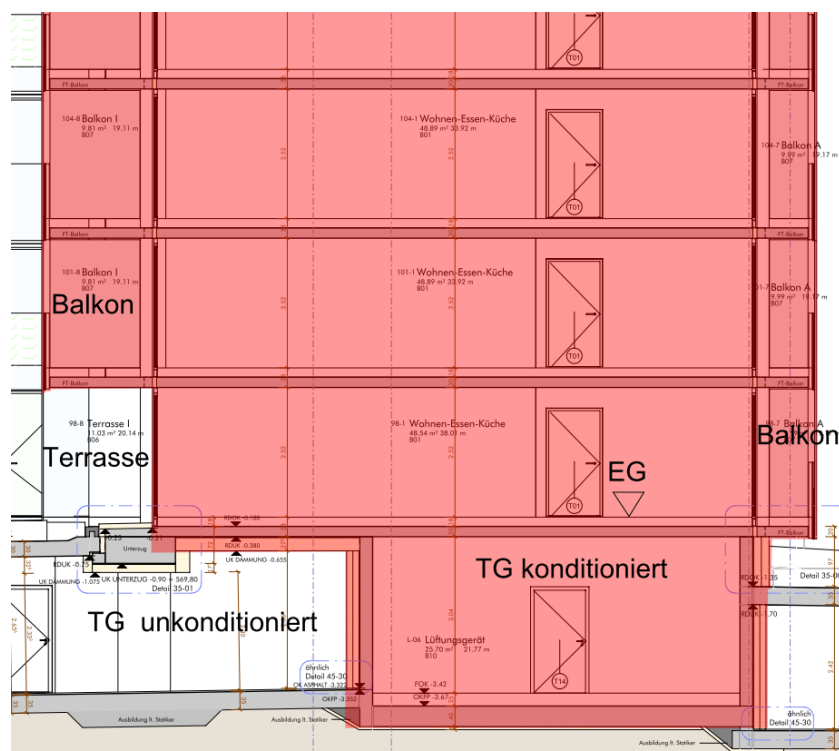


Abbildung 7.4: Skizze zur Darstellung der räumlichen Systemgrenzen der Bilanzierung

Als räumliche Systemgrenze für die Bilanzierung des Gebäudes gilt oben die Dachoberkante und unten die Unterkante der Geschoßdecke unter Erdgeschoß inklusive der konditionierten Stiegenhäuser im Untergeschoß.

Die Geschoßdecke unter EG wird zu einem fiktiven „Bodenplattenaufbau zu Erdreich“ modifiziert. Statt der Mineralwolle-Lamellendämmung an den Kellerdecken wird eine XPS-Dämmung mit demselben U-Wert angenommen und unter dem Bodenaufbau eine Abdichtungsebene angeordnet.

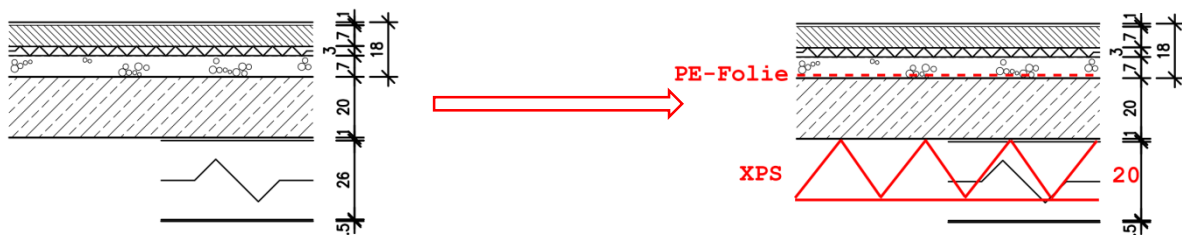


Abbildung 7.5: modifizierte Geschoßdecke unter Erdgeschoß - Links: Bodenaufbau unter EG real, Rechts: fiktiver Bodenaufbau unter EG, aus Anhang 1-2 Aufbauten Katalog

7.1.3. Abschneidekriterien der TGA Ermittlung

In der Lebenszyklusbetrachtung des Passivhauses im tatsächlich gebauten Zustand (PH_{IST}) werden nur die Wärmeerzeugungsanlagen (Lüftung, Fernwärme und Solaranlage), laut vereinfachtem Verfahren ohne 10 % Faktor mit in die Berechnungen einbezogen.

Da Rohre und Leitungen als wesentlicher Anteil am Gesamtanteil der „grauen“ Energie betrachtet werden, erfolgt die Gesamtbilanzierung in einer Variante A mit Rohren und Leitungen. Dadurch kann der Anteil der Rohre an der gesamten Baumasse im Lebenszyklus des Gebäudes bestimmt werden.

Da die Gebäudetechnikzentrale außerhalb des Gebäudes von Haus A-E liegt, werden zusätzlich zu den Leitungen in den Obergeschoßen von Haus A-E auch die Versorgungsleitungen in der Tiefgarage berücksichtigt.

Die Technikzentrale befindet sich im Untergeschoß am östlichen Rand der bebauten Fläche. Der Anteil hierfür wird getrennt ausgewiesen. Anschlussteile der Rohre und Leitungen werden nicht erfasst und bilanziert.

Da Haus A-E und Haus F-J flächenmäßig ident sind, werden 50% der Versorgungsleitungen in der Tiefgarage dem Haus A-E und 50% dem Haus F-J zugeteilt.

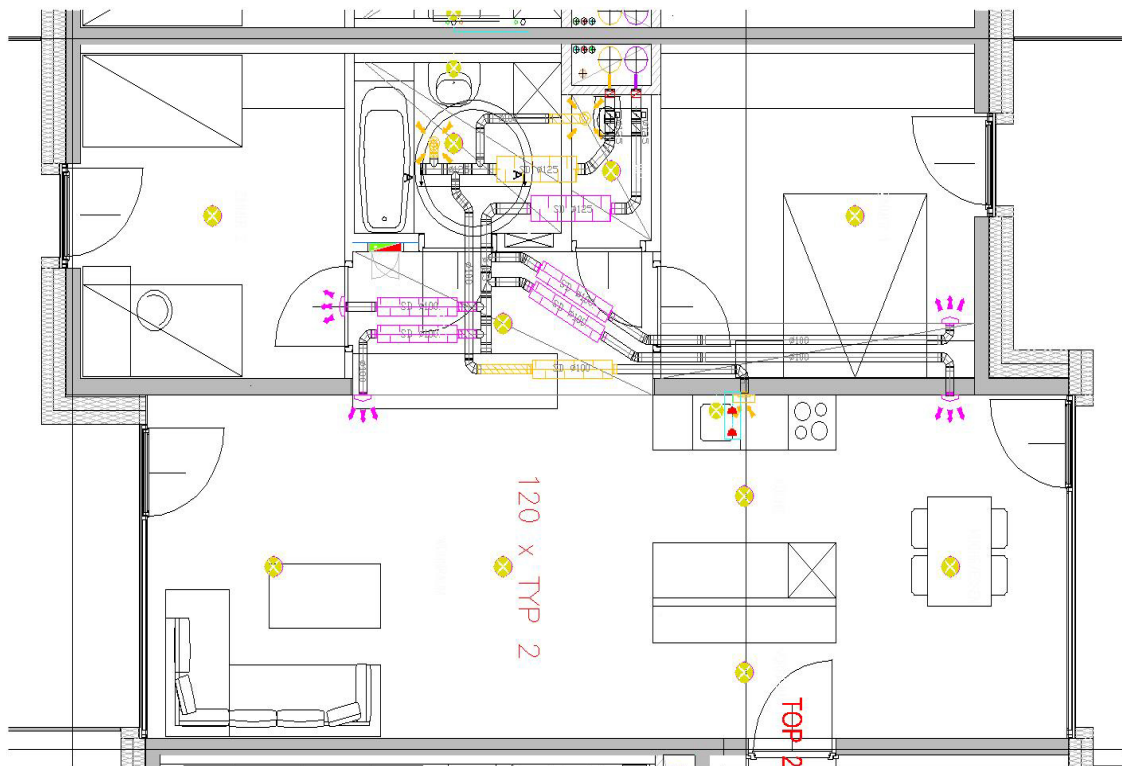


Abbildung 7.6: Lüftungsplan einer Standardwohnung im Passivhaus (Klimatherm GmbH, 2009, p. 22)

Ermittelte Leitungen im Gebäude immer inkl. Wärme- bzw. Kälte­dämmung:

- Sanitär- und Heizungsrohre
- Oberflächenwasserleitungen
- Leitungen für die Solaranlage
- Lüftungsleitungen

Die Sanitäranlagen (Waschbecken, Toilette und Badewanne/Dusche) werden in die Berechnungen mit einbezogen, da sie vermietet­seitig gestellt werden und in einer einheitlichen Standardausführung vorkommen, exklusive den Anschlusseinrichtungen.

Kücheneinrichtungen und -geräte werden nicht berücksichtigt, da diese standardmäßig nicht vom Vermieter gestellt werden und von den Nutzern individuell ausgewählt werden.

7.1.4. Funktionale Einheit

Für eine umfassende Systemanalyse müssen alle Energie- und Materialflüsse des Systems für den gesamten Lebenszyklus ermittelt und miteinander verrechnet werden. In die Rechnung fließen direkt Stoff- und Energieentnahmen aus der Umwelt sowie Emissionen in die Umwelt ein. Bezugsgröße für die Verrechnung ist der Nutzen des Systems. (König, et al., 2009)

Da der Fokus dieser Arbeit auf der Ökobilanz einer Wohnhausanlage liegt, ist die funktionale Einheit eine Flächenkonstante [1 m²]. Um die Ergebnisse analysieren und bewerten zu können, wird die funktionelle Einheit als NGFa [m²] festgelegt.

7.2. Datenerfassung Passivhaus-Wohnanlage Lodenareal

Wie üblich für eine Lebenszyklusanalyse, wird das gesamte Gebäude hinsichtlich seiner Flächen, Mengen der Bauteile und TGA und des Aufbaus der Bauteile erfasst. Die detaillierte Excel-Auflistung aller Flächen und Aufbauten inklusive der Produktangaben ist dem Anhang beigelegt (siehe Anhang 4). Außerdem müssen für die Ökobilanzierung eines Gebäudes die relevanten Prozesse der Energiebereitstellung erfasst werden.

Da die Ökobilanz nach Baufertigstellung erstellt wurde, kann das Gebäude sehr genau im Detail betrachtet werden. Die Datenerhebung erfolgte auf Grundlage von zur Verfügung gestellten Dokumenten des Bauherrn (NHT) und der Fachplaner. Da die Wohnanlage seit 2009 in vollem Betrieb ist, sind die jährlichen Monitoring Daten des Hauses vorhanden. Folgende Unterlagen lagen seit Projektbeginn zur Datenerhebung vor:

- Architekturpläne (Grundrisse, Ansichten, Schnitte, Details)
- Haustechnikpläne
- Leistungsverzeichnisse
- Energieausweis
- Passivhausberechnung
- Fotos
- Energieverbrauchsdaten Heizung
- Energieverbrauchsdaten Warmwasser
- Energieverbrauchsdaten Strom (Allgemeinstrom)
- Energieverbrauchsdaten Haushaltsstrom aus Studie (Wagner, et al., 2012)

7.2.1. Bauteilaufbauten

Fast alle denkbaren Materialien sind irgendwo in einem Gebäude verbaut.
(König, et al., 2009, p. 52)

Das bilanzierte Gebäude wurde in Massivbauweise mit Wärmedämmverbundsystem hergestellt. Die Stahlbetonwände sind 18 cm dick und um den gewünschten Passivhausstandard zu erreichen, ist außen ein Wärmedämmverbundsystem mit 30 cm dicker EPS-Dämmung angebracht (siehe Abbildung 7.9). Sofort ist hier ersichtlich, dass der erforderliche Dämmaufwand verglichen zu einem normalen Wohnbau ohne spezielle energieeinsparende Anforderungen circa doppelt so hoch ist. Eine gute Energieeinsparung ist beim Passivhausprinzip immer mit einem hohen Materialaufwand verbunden.



**Abbildung 7.7: Schnitt Außenwand Passivhaus-Wohnanlage Lodenareal –
Dämmstärke ist 30 cm (Klimatherm GmbH, 2009, p. 27)**

Der Dachabschluss wird durch ein Flachdach gebildet, auf dem sich auch die Solarkollektoren befinden. Das Flachdach ist als konventionelles Warmdach ausgeführt und auf der 20 cm dicken Stahlbetondecke sind 34 bis 46 cm EPS-Gefälledämmplatten angebracht. Das Dach ist teils begrünt und teils durch Kies bedeckt (siehe Abbildung 7.9).



Abbildung 7.8: Warmdach Passivhaus-Wohnanlage Lodenareal – Dämmstärke bis zu 46 cm (Klimatherm GmbH, 2009, p. 30)

Die Geschoßdecken im gesamten Gebäude bestehen aus 20 cm dicken Stahlbetondecken mit einem 18 cm dicken Fußbodenaufbau in den Wohnflächen und einem 20 cm dicken Fußbodenaufbau in den Nassräumen.

Unter dem Erdgeschoß befindet sich die unkonditionierte Tiefgarage. Nur die Stiegehäuser werden vom 5.OG bis in die Tiefgarage durchgehend beheizt und belüftet und zählen daher zum konditionierten Bereich.

Die Geschoßdecke unter dem Erdgeschoß im Bereich der unkonditionierten Tiefgarage ist die Standardgeschoßdecke mit einer zusätzlich unten angebrachten 26 cm dicken Mineralwollgedämmung. (siehe Abbildung 7.9)

Sämtliche Wand- und Bodenaufbauten, sowie Details der Wohnanlage inklusive der Produktinformationen sind im Anhang 1 (Details) und 4 (Aufbauten) angeführt.

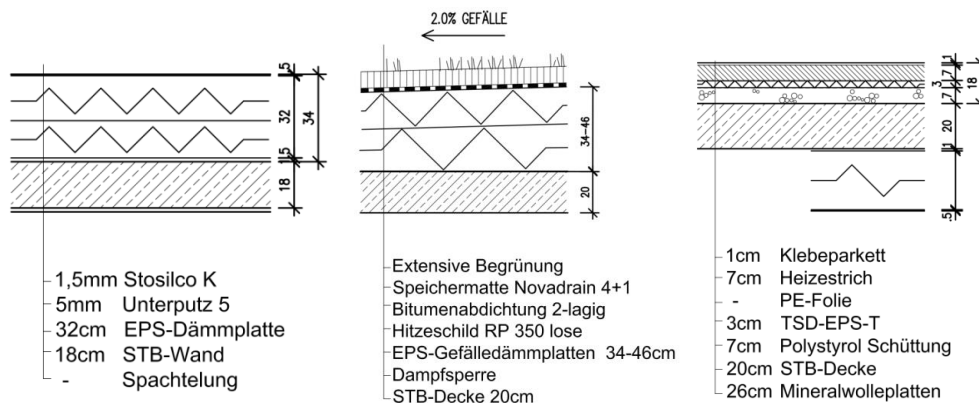


Abbildung 7.9: Aufbauten der Gebäudehülle – Links: Außenwandaufbau; Mitte: Dachaufbau; Rechts: Geschoßdecke zu unkonditioniertem Untergeschoß, aus Anhang 1-2 Aufbauten Katalog

7.2.2. Haustechnikkonzept

Die Beschreibung und Daten zur Haustechnik sind der Studie „Forschungsprojekt Passivhauswohnanlage Lodenareal. Endbericht“ (Wagner, et al., 2012) entnommen:

Die Passivhauswohnanlage wird von einem Pelletskessel und einem Gaskessel versorgt. Der Gaskessel dient zur Spitzenlastabdeckung. Beide Kessel sind über eine hydraulische Weiche mit dem Verteilnetz verbunden und versorgen von der Heizzentrale aus über Fernleitungen die Unterzentralen. Jeder L-förmige Baukörper hat seine eigene Unterzentrale. Dort befinden sich jeweils fünf bzw. sechs Pufferspeicher mit jeweils 2500 l Inhalt, die über die Fernleitung bzw. die auf dem Dach installierten Solarkollektoren beliefert werden.

Es sind ungefähr 297 m² Solarkollektoren auf dem Dach von Haus A-E installiert, was einer Kollektorfläche von ca. 3 m² pro Wohnung entspricht.

Von den Unterleitungen ausgehend werden mittels Zweileiternetz 96 Wohnungsstationen versorgt. Diese dienen zur Warmwasserbereitung, wie auch zur Versorgung der Fußbodenheizung. Aufgrund des niedrigen Heizwärmebedarfs wurde die Fußbodenheizung nur an den Randzonen zur Außenwand verlegt, in den Bädern vollflächig.



Abbildung 7.10: Leitungen der Fußbodenheizung im Fensterbereich (Klimatherm GmbH, 2009, p. 11)

In jedem Stiegenhaus ist außerdem eine Lüftungsanlage installiert. Die Luftvorwärmung bzw. -kühlung erfolgt über Grundwasser. Die Luftansaugung erfolgt über Lüftungstürme im Innenhof. Ein Kreuz-Gegenstromwärmetauscher mit trockenem Wärmebereitstellungsgrad von 82% erwärmt die Frischluft. Außerdem ist die Lüftungsanlage mit einer Wärmerückgewinnungseinheit ausgestattet.

Die Luftmengen, die in der Lüftungsanlage gefördert werden, liegen zwischen ca. 1.200 m³/h und 1.900 m³/h. Die Luftverteilungsleitungen erfolgen im Untergeschoß über Blechkanäle inklusive 10 cm dicker Wärmedämmung. In den Wohnungen wird die Luft in die Schlaf- bzw. Wohnzimmer über Zuluftwandverteiler eingebracht und die Absaugung erfolgt in Bad, WC und Küche über Tellerventile. Die Luftwechselrate liegt zwischen 0,34-0,4.

7.2.3. Ermittlung der Mengen der Bauteile

Die Bauteile sind gemäß DIN 276-1 (2008) gegliedert. Für die Herstellungsphase wird die Kostengruppe 300 betrachtet. Da das vereinfachte Verfahren zur Ökobilanzierung angewendet wird, wird die Kostengruppe 400 außer Acht gelassen und dafür nur der Wärmeerzeuger in der Passivhaus-IST-Zustand-Variante betrachtet.

Die folgenden Bauteile sind nach ihren Mengen ermittelt worden:

- Fundamente
- Außenwände inkl. Beschichtung
- Fenster und technische Fassaden
- Dach
- Geschoßdecken inklusive Fußbodenaufbau und -belägen sowie Beschichtungen
- Bodenplatte (fiktiver Aufbau) inklusive Fußbodenaufbau und -belägen sowie Geschoßdecken über Luft
- Innenwände inklusive Beschichtungen und Stützen
- Türen

- Angaben zu Wärme- und Kälteerzeugungsanlagen sowie lufttechnische Anlagen (Art, Leistung in kW)
- Angaben zu sonstigen gebäudetechnischen Anlagen + Verteilung
- Leitungen, Rohre und Sanitäranlagen für Variante A



Abbildung 7.11: erfasste Lüftungsleitungen für Variante A (Klimatherm GmbH, 2009, p. 21)

Die vollständige Flächen-, Massen- und Volumenberechnung kann aus dem Anhang 4 entnommen werden.

Nach Ermittlung und Erfassung aller im Gebäude eingebauten Materialien und Baustoffe wurde mit LEGEP die graue Energie des Passivhauses berechnet.

Diese graue Energie ist in

- Herstellung (H),
- Instandhaltung (I) und
- Entsorgung (E)

der einzelnen Materialien unterteilt.

7.2.4. Ermittlung der Energieverbrauchsdaten

Die Ermittlung der „roten Energie“ = Nutzungsphase erfolgt im ersten Schritt durch die Auswertung der Verbrauchsdaten. Die Werte für den Endenergieverbrauch (EEV) für Wärme und Allgemeinstrom werden aus den vorliegenden Verbrauchsdaten (Solar, Fernwärme, Lüftung) der Jahre 2012, 2013 und 2014 ermittelt (siehe Anhang 5).

Daten zur Energieversorgung:

Beheizung und Warmwasser im Passivhaus:

- Fernwärme – zu 80% aus erneuerbaren Quellen (Biogas)
- Solarthermie (Flachkollektoren) – zu 100% aus erneuerbaren Quellen

Anteil der Solarthermie am Wärmebedarf: 29,58%

Anteil der gesamten erneuerbaren Energien am Wärmebedarf: 85,92%

Endenergieverbrauchsdaten:

- Verbrauch Wärme (Heizung + WW)
- Verbrauch Strom (nur Allgemeinstrom)
- Verbrauch Strom gesamt (inkl. Haushaltsstrom)

Tabelle 7.2.1: erfasste Verbrauchswerte im Passivhaus-Wohnanlage Lodenareal Haus A-E bezogen auf NGFa

Endenergieverbrauch laut Messungen	EEV pro Jahr [kWh/a]	EEV pro m ² [kWh/m ² NGFa]
Verbrauch Wärme (Heizung und Warmwasser)	464.176,33	61,33
Verbrauch Allgemeinstrom (TGA, Hilfsstrom, ...)	41.786,17	5,52
Verbrauch Haushaltsstrom aus (Wagner, et al., 2012)	291.102,58	38,46

8. Fallstudie: Variantenbildung

Im Zuge des Forschungsprojekts Ökobilanzierung Passivhaus-Wohnanlage Lodenareal werden zwei Varianten in einer Variantenstudie untersucht.

In Abbildung 8.1 und Abbildung 8.2 sind die zwei Varianten dargestellt, welche im Zuge der Fallstudie untersucht werden.

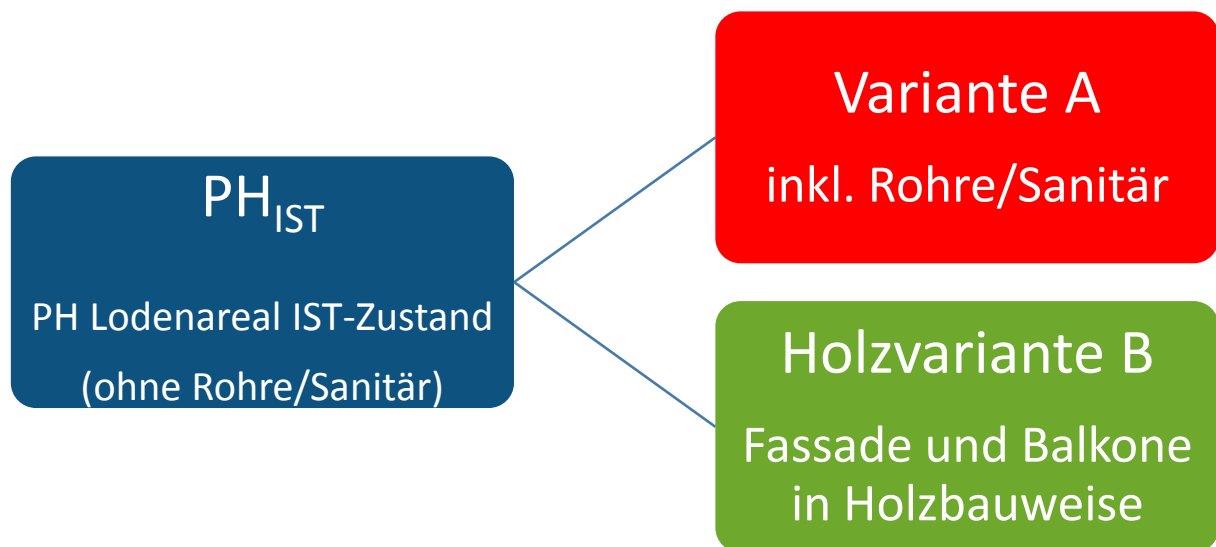


Abbildung 8.1: Variante 1 – Passivhaus Ist-Zustand im Vergleich mit Variante A inkl. Rohre/Sanitär und mit der Optimierungsvariante Holzvariante B

In der ersten Variantenberechnung, siehe Abbildung 8.1, wird die Passivhaus-Wohnanlage Lodenareal in ihrem IST-Zustand (PH_{IST}) bilanziert und ausgewertet. Sämtliche Annahmen und Berechnungen, die hier eingeflossen sind, sind dem Kapitel 7 zu entnehmen. Bei der Basisvariante PH_{IST} sind noch keine Leitungen, Rohre und Sanitäranlagen mitbilanziert.

Das Miteinbeziehen der Haustechnikleitungen und -anlagen erfolgt in Variante A. Diese Variante soll Aufschluss über den Anteil der Haustechnikleitungen und Sanitäranlagen an der grauen Energie in einem Gebäude bringen.

Inwieweit sich die Lebenszyklusanalyse hinsichtlich der Materialwahl verändert, wird in der Holzvariante B untersucht. Es wird die Passivhaus-Wohnanlage Lodenareal (PH_{IST}) optimiert. Die tatsächliche, in Massivbauweise errichtete Fassade und die massiven Balkone werden durch die Annahme einer Bauweise aus Holz ersetzt.

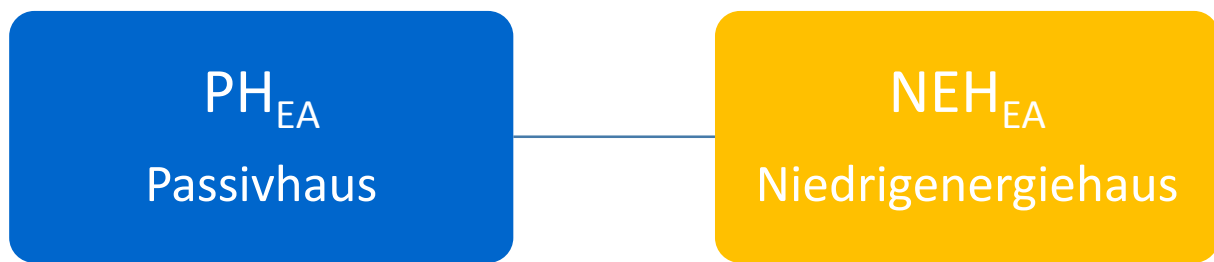


Abbildung 8.2: Variante 2 – Modifikation des Ist-Zustands für einen Vergleich zwischen einem Passivhaus und einem Niedrigenergiehaus

In einem zweiten Variantenvergleich, siehe Abbildung 8.2, wird das Passivhaus-Wohnanlage Lodenareal hinsichtlich der Energiekennzahlen modifiziert (PH_{EA}), um es mit einer fiktiven Variante eines Niedrigenergiehauses (NEH_{EA}) vergleichen zu können.

Der Aufbau, die Materialien und die Struktur der neuen Passivvariante bleiben genau gleich. Lediglich der tatsächliche Energieverbrauch (EEV) wird zu einem Energiebedarf (EEB) in Anlehnung an die Energieausweisberechnung umgerechnet. Dieser Schritt ist nötig, da für die Energiewerte des Niedrigenergiehauses ebenfalls Energiekennwerte laut Norm, welche immer Bedarfswerte sind, herangezogen wurden. Somit kann man Bedarf mit Bedarf vergleichen.

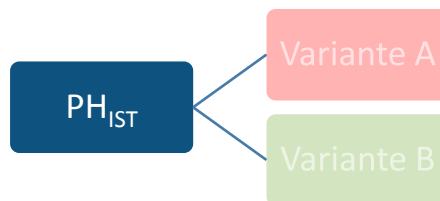
Bei der Modellierung des Niedrigenergiehauses (NEH_{EA}) wurden die Dämmstärken, das Lüftungssystem und die Energiebedarfswerte im Vergleich zum Passivhaus verändert.

Durch den Vergleich dieser zwei Gebäudetypen kann man den Einfluss der Menge des Dämmmaterials auf die graue Energie erkennen. Außerdem wird gezeigt, wie sich das Passivhaus zum Niedrigenergiehaus hinsichtlich seiner Energiebilanz und daraus folgend hinsichtlich der Lebenszyklusanalyse verhält.

8.1. Ergebnisse Variante 1

8.1.1. Passivhaus Lodenareal IST-Zustand (PH_{IST})

8.1.1.1 Aufbau



Die Basis PH_{IST} stellt das tatsächliche Gebäude dar. Die Annahmen, Daten und Aufbauten können dem gesamten Kapitel Fallstudie Passivhaus-Wohnanlage Lodenareal entnommen werden. Auf dieser Variante aufbauend ist die gesamte Variante 1 durchgeführt.

Da das vereinfachte Verfahren angewendet wird und um eine gute Vergleichbarkeit zu anderen Studien zu gewährleisten, wird die Ökobilanzierung ohne die Rohre und Sanitäranlagen im Gebäude durchgeführt.

8.1.1.2 Ergebnisse PH_{IST}

Tabelle 8.1.1: Ergebnisse der Ökobilanzierung von PH_{IST} – ohne Rohre und Sanitäranlagen

Nutzung = Wärme + Allgemeinstrom über einen Bilanzierungszeitraum von 20, 50 und 80 Jahren

PH_{IST} 80 Jahre	Treibhaus- potential	Versauerungs- potential	Primärenergie nicht erneuerbar	Primärenergie gesamt
Wärme + Allgemeinstrom	[kg CO ₂ /m ² NGFa]	[kg SO ₂ /m ² NGFa]	[kWh/m ² NGFa]	[kWh/m ² NGFa]
Herstellung (H)	297,13	0,80	1175,55	1331,54
Instandsetzung (I)	90,89	0,60	750,08	902,85
Entsorgung (E)	94,96	-0,07	-434,85	-465,77
Konstruktion (K)	482,99	1,33	1490,79	1768,63
Nutzung (N)	437,35	0,69	1920,91	2123,75
Gesamtaufwand	920,33	2,02	3411,69	3892,38

PH_{IST} 50 Jahre	Treibhaus- potential	Versauerungs- potential	Primärenergie nicht erneuerbar	Primärenergie gesamt
Wärme + Allgemeinstrom	[kg CO ₂ /m ² NGFa]	[kg SO ₂ /m ² NGFa]	[kWh/m ² NGFa]	[kWh/m ² NGFa]
Herstellung (H)	297,13	0,80	1175,55	1331,54
Instandsetzung (I)	54,08	0,33	404,47	467,01
Entsorgung (E)	77,96	-0,04	-317,89	-343,95
Konstruktion (K)	429,17	1,09	1262,14	1454,60
Nutzung (N)	273,34	0,43	1200,57	1327,35
Gesamtaufwand	702,52	1,52	2462,70	2781,95

PH_{IST} 20 Jahre	Treibhaus- potential	Versauerungs- potential	Primärenergie nicht erneuerbar	Primärenergie gesamt
Wärme + Allgemeinstrom	[kg CO ₂ /m ² NGFa]	[kg SO ₂ /m ² NGFa]	[kWh/m ² NGFa]	[kWh/m ² NGFa]
Herstellung (H)	297,13	0,80	1175,55	1331,54
Instandsetzung (I)	9,06	0,06	45,05	51,40
Entsorgung (E)	66,33	0,00	-208,78	-225,86
Konstruktion (K)	372,52	0,86	1011,82	1157,08
Nutzung (N)	109,34	0,17	480,23	530,94
Gesamtaufwand	481,86	1,03	1492,05	1688,02

Tabelle 8.1.2: Ergebnisse der Ökobilanzierung von PH_{IST} – ohne Rohre und Sanitäranlagen

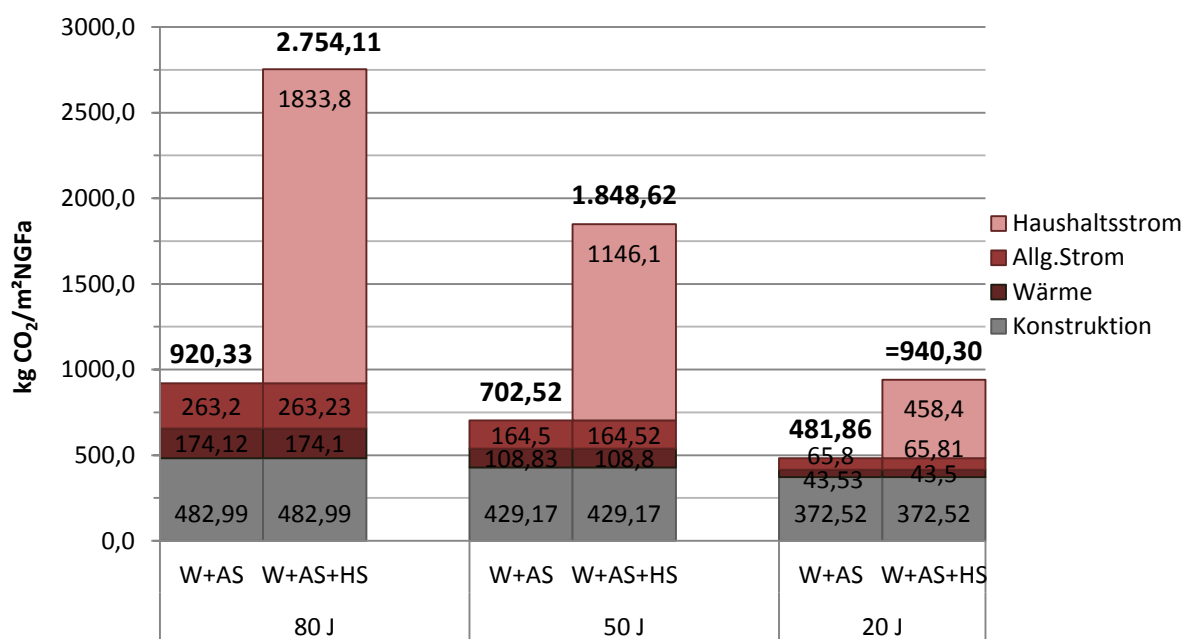
Nutzung = Wärme + Allgemeinstrom + Haushaltsstrom über einen Bilanzierungszeitraum von 20, 50 und 80 Jahren

PH_{IST} 80 Jahre	Treibhaus- potential	Versauerungs- potential	Primärenergie nicht erneuerbar	Primärenergie gesamt
Wärme + Allgemein- + Haushaltsstrom	[kg CO ₂ /m ² NGFa]	[kg SO ₂ /m ² NGFa]	[kWh/m ² NGFa]	[kWh/m ² NGFa]
Herstellung (H)	297,13	0,80	1175,55	1331,54
Instandsetzung (I)	90,89	0,60	750,08	902,85
Entsorgung (E)	94,96	-0,07	-434,85	-465,77
Konstruktion (K)	482,99	1,33	1490,79	1768,63
Nutzung (Nges)	2271,12	4,32	10168,44	11772,94
Gesamtaufwand	2754,11	5,65	11659,23	13541,56

PH_{IST} 50 Jahre	Treibhaus- potential	Versauerungs- potential	Primärenergie nicht erneuerbar	Primärenergie gesamt
Wärme + Allgemein- + Haushaltsstrom	[kg CO ₂ /m ² NGFa]	[kg SO ₂ /m ² NGFa]	[kWh/m ² NGFa]	[kWh/m ² NGFa]
Herstellung (H)	297,13	0,80	1175,55	1331,54
Instandsetzung (I)	54,08	0,33	404,47	467,01
Entsorgung (E)	77,96	-0,04	-317,89	-343,95
Konstruktion (K)	429,17	1,09	1262,14	1454,60
Nutzung (Nges)	1419,45	2,70	6355,27	7358,09
Gesamtaufwand	1848,62	3,78	7617,41	8812,69

PH_{IST} 20 Jahre	Treibhaus- potential	Versauerungs- potential	Primärenergie nicht erneuerbar	Primärenergie gesamt
Wärme + Allgemein- + Haushaltsstrom	[kg CO ₂ /m ² NGFa]	[kg SO ₂ /m ² NGFa]	[kWh/m ² NGFa]	[kWh/m ² NGFa]
Herstellung (H)	297,13	0,80	1175,55	1331,54
Instandsetzung (I)	9,06	0,06	45,05	51,40
Entsorgung (E)	66,33	0,00	-208,78	-225,86
Konstruktion (K)	372,52	0,86	1011,82	1157,08
Nutzung (Nges)	567,78	1,08	2542,11	2943,23
Gesamtaufwand	940,30	1,94	3553,93	4100,31

In Abbildung 8.3 ist die Auswertung des Treibhauspotentials (GWP) dargestellt. Für einen besseren Vergleich ist die rote Energie einmal in Wärme und Allg.einstrom und einmal in Wärme, Allg.einstrom und Haushaltsstrom unterteilt.



Treibhauspotential (GWP) - PH_{IST}

graue und rote Energie pro m² NGFa für 20, 50 und 80 Jahre

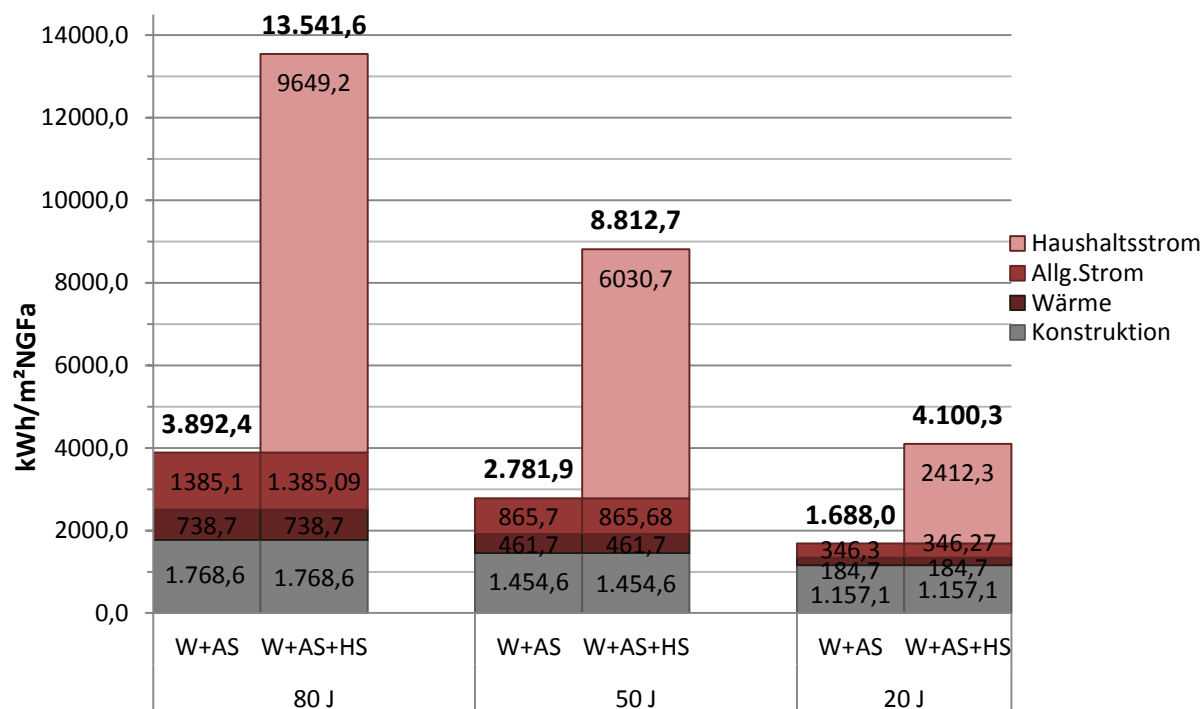
Abbildung 8.3: Treibhauspotential von PH_{IST} – Gegenüberstellung von grauer Energie und roter Energie über einen Zeitraum von 20, 50 und 80 Jahren. Die rote Energie ist unterteilt in Wärme, Allg.einstrom und Haushaltsstrom.

Wie in Tabelle 8.1.3 ersichtlich, beträgt der Anteil der grauen Energie an der Gesamtenergie bei einer Betrachtung von 80 bis 50 Jahren zwischen 52 – 61%. Die graue Energie des Treibhauspotentials in dem Passivhaus beträgt somit mehr als die Hälfte des Gesamtenergieaufwands.

Tabelle 8.1.3: Gegenüberstellung der grauen zur roten Energie von PH_{IST} – Treibhauspotential

GWP	graue Energie [kg CO ₂ /m ² NGFa]	rote Energie [kg CO ₂ /m ² NGFa]	Anteil graue Energie	Anteil rote Energie
20 Jahre	373	109	77 %	23 %
50 Jahre	429	273	61 %	39 %
80 Jahre	483	437	52 %	48 %

In Abbildung 8.4 ist die Auswertung des Primärenergiebedarfs (PEI) dargestellt. Für einen besseren Vergleich ist die rote Energie einmal in Wärme und Allgemeinstrom unterteilt und einmal in Wärme, Allgemeinstrom und Haushaltsstrom.



Primärenergiebedarf (PEI) - PH_{IST}
graue und rote Energie pro m² für 20, 50 und 80 Jahre

Abbildung 8.4: Primärenergiebedarf von PH_{IST} – Gegenüberstellung von grauer Energie und roter Energie über einen Zeitraum von 20, 50 und 80 Jahren. Die rote Energie ist unterteilt in Wärme, Allgemeinstrom und Haushaltsstrom.

In Tabelle 8.1.4 ist der Anteil der grauen Energie des Primärenergiebedarfs am Gesamtenergieaufwand dargestellt. In 80 bis 50 Jahren beträgt diese zwischen 45 – 52%. Die graue Energie im Passivhaus beträgt somit ca. 50% der Gesamtenergie.

Tabelle 8.1.4: Gegenüberstellung der Grauen zur Roten Energie von PH_{IST}– vom Primärenergiebedarf.

PEI	graue Energie [kWh/m² NGFa]	rote Energie [kWh/m² NGFa]	Anteil graue Energie	Anteil rote Energie
20 Jahre	1157	531	69 %	31 %
50 Jahre	1455	1327	52 %	48 %
80 Jahre	1769	2124	45 %	55 %

8.1.1.3 Schlussfolgerung PH_{IST}

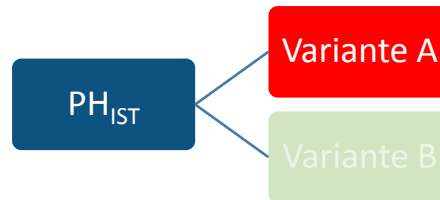
Bei herkömmlichen Gebäuden ist der Energieaufwand zur Nutzung des Gebäudes durch die hohen Verluste, aufgrund der nicht so dichten Gebäudehülle, sehr groß. Studien zeigen, dass die Betriebs- und Nutzungsphase den größten Teil des Energieverbrauchs einnimmt und der Energieverbrauch für die Produktion des Gebäudes oft nur 10-20% beträgt (Ramesh, et al., 2010).

In Niedrigenergiehäusern und Passivhäusern kann der Primärenergiebedarf für die Herstellung des Gebäudes nach 50 Jahren 45-60% der Totalenergie betragen. Dieser Faktor ist unter anderem abhängig von der Energiebereitstellungsanlage (Thormark, 2002), (Gustavsson & Joelsson, 2010).

Im Passivhaus-Wohnanlage Lodenareal kann durch die gute Isolation, die verbesserte Luftdurchlässigkeit und die Wärmerückgewinnung bei der Lüftungsanlage die Raumheizungsanforderung im Gegensatz zu einem normalen Gebäude deutlich verbessert werden. Durch den erhöhten Materialaufwand reduziert sich der Bedarf an roter Energie. Der Anteil der grauen Energie am Primärenergiebedarf beträgt nach 50 Jahren 52% und der Anteil der grauen Energie am Treibhauspotential beträgt nach 50 Jahren 61%.

8.1.2. Variante A – inkl. Rohre und Sanitär

8.1.2.1 Aufbau



Die Menge der Leitungen in einem Passivhaus ist im Vergleich zu einem Gebäude mit normalem Baustandard sehr hoch. Aufgrund der Unklarheiten, wie tief im Detail das Gebäude in der Ökobilanz hinsichtlich der eingebauten Stoffe und Materialien berechnet werden soll, und da im vereinfachten Verfahren nach Normenwerk (ISO 14040 (2009), ISO 14044 (2006)) die Leitungen durch einen Faktor von 1,1 berücksichtigt werden dürfen, wird untersucht, wie groß der Einfluss der Leitungen bezüglich ihrer grauen Energie in einem Passivhaus wirklich ist.

In Variante A bleiben sämtliche Annahmen, Materialien und Energiedaten dieselben wie in PH_{IST}. Der einzige Unterschied ist, dass in der Ökobilanzierung in LEGEP zusätzlich sämtliche Rohre und Sanitäranlagen im Gebäude mitbilanziert werden. Aufgrund der umfangreichen Datengrundlage konnten die TGA-Ausstattung, Zubehör und Sanitärgegenstände genau erfasst und eingegeben werden. Die Ergebnisse der grauen Energie von Variante A werden mit der grauen Energie von PH verglichen und der ökologische Anteil der TGA-Gegenstände in dem Gebäude wird durch einen Prozentsatz dargestellt.

8.1.2.2 Ergebnisse Variante A

Tabelle 8.1.5: Ergebnisse der Ökobilanzierung von Variante A – inklusive Rohre und Sanitäranlagen

Nutzung = Wärme + Allgemeinstrom über einen Bilanzierungszeitraum von 20, 50 und 80 Jahren

Variante A 80 Jahre	Treibhaus- potential	Versauerungs- potential	Primärenergie nicht erneuerbar	Primärenergie gesamt
Wärme + Allgemeinstrom	[kg CO ₂ /m ² NGFa]	[kg SO ₂ /m ² NGFa]	[kWh/m ² NGFa]	[kWh/m ² NGFa]
Herstellung (H)	319,6	0,867	1308,0	1469,6
Instandsetzung (I)	129,3	0,719	968,6	1131,8
Entsorgung (E)	95,4	-0,125	-542,1	-580,7
Konstruktion (K)	544,2	1,461	1734,5	2020,7
Nutzung (N)	437,3	0,687	1920,9	2123,8
Gesamtaufwand	981,5	2,148	3655,4	4144,5

Variante A 50 Jahre	Treibhaus- potential	Versauerungs- potential	Primärenergie nicht erneuerbar	Primärenergie gesamt
Wärme + Allgemeinstrom	[kg CO ₂ /m ² NGFa]	[kg SO ₂ /m ² NGFa]	[kWh/m ² NGFa]	[kWh/m ² NGFa]
Herstellung (H)	319,6	0,867	1308,0	1469,6
Instandsetzung (I)	75,3	0,397	523,8	592,3
Entsorgung (E)	78,2	-0,084	-394,5	-425,8
Konstruktion (K)	473,0	1,180	1437,3	1636,1
Nutzung (N)	273,3	0,429	1200,6	1327,3
Gesamtaufwand	746,4	1,609	2637,8	2963,4

Variante A 20 Jahre	Treibhaus- potential	Versauerungs- potential	Primärenergie nicht erneuerbar	Primärenergie gesamt
Wärme + Allgemeinstrom	[kg CO ₂ /m ² NGFa]	[kg SO ₂ /m ² NGFa]	[kWh/m ² NGFa]	[kWh/m ² NGFa]
Herstellung (H)	319,6	0,867	1308,0	1469,6
Instandsetzung (I)	11,5	0,069	55,5	62,5
Entsorgung (E)	66,5	-0,023	-251,9	-271,7
Konstruktion (K)	397,6	0,913	1111,6	1260,4
Nutzung (N)	109,3	0,172	480,2	530,9
Gesamtaufwand	506,9	1,085	1591,9	1791,3

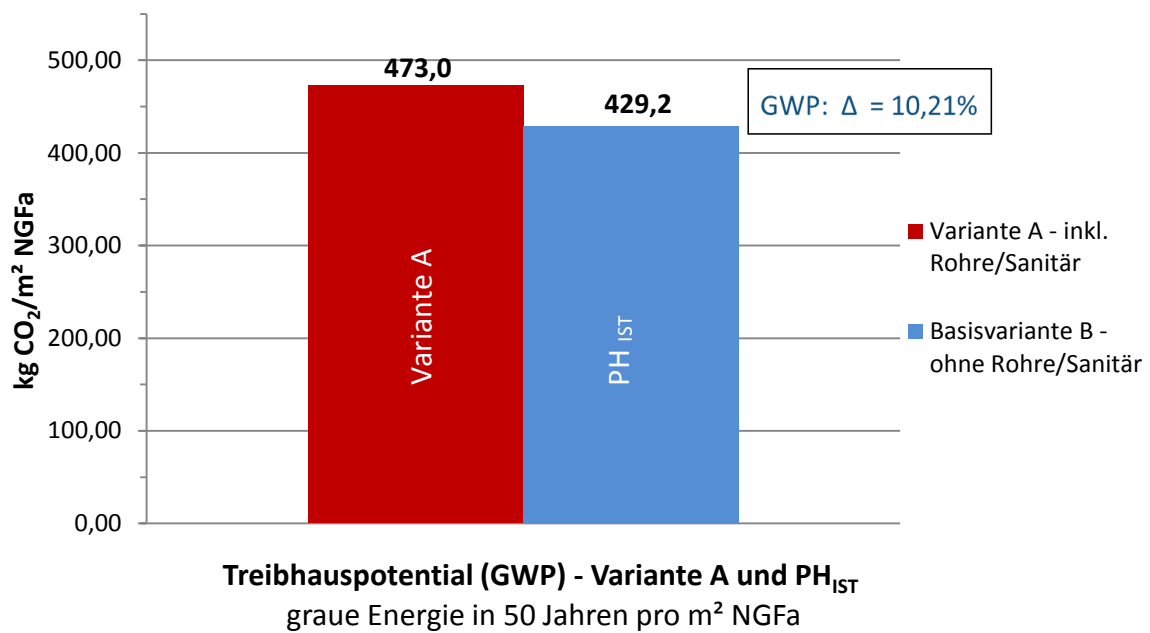
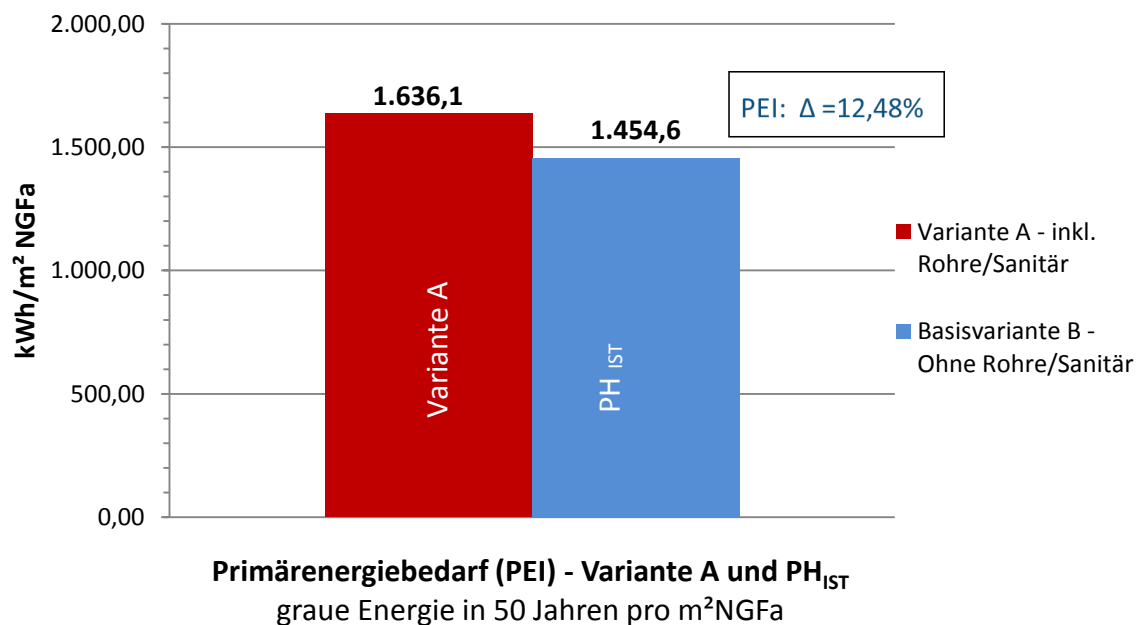
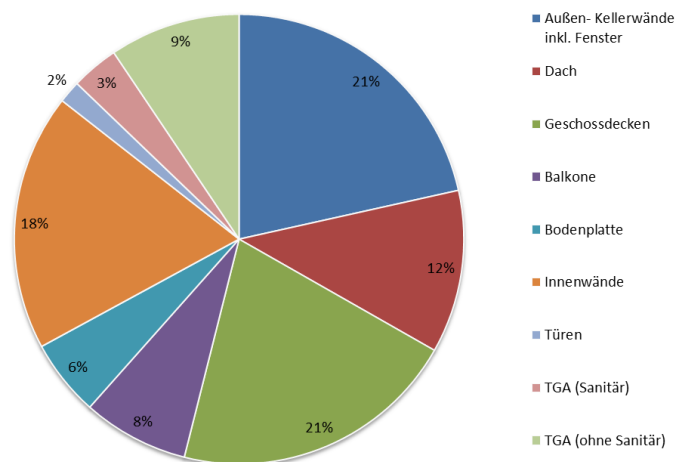
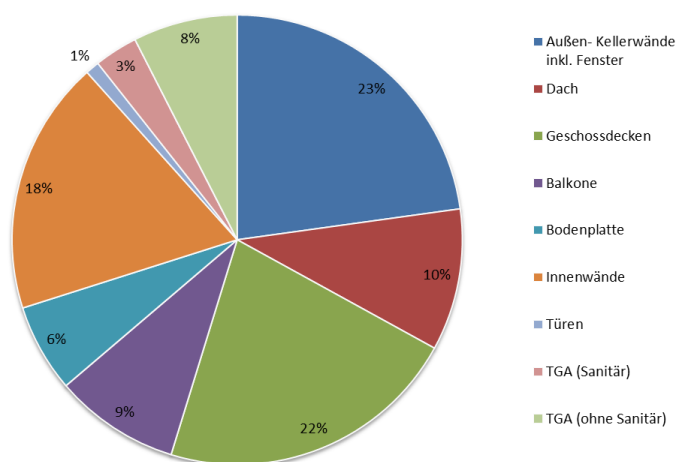
Abbildung 8.5: graue Energie – Treibhauspotential über 50 Jahre für Variante A und PH_{IST}

Abbildung 8.6: graue Energie – Primärenergiebedarf über 50 Jahre Variante A und Basisvariante B

Treibhauspotential pro m² NGFa (80J) Variante A



Treibhauspotential pro m² NGFa (50 J) Variante A



Treibhauspotential pro m² NGFa (20J) Variante A

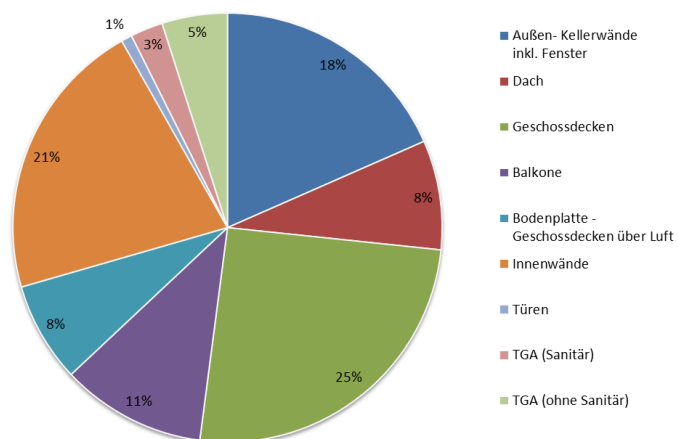


Abbildung 8.7: Einfluss der Leitungen am Treibhauspotential des gesamten Gebäudes über die Jahre

Versauerungspotential pro m² NGFa (20J) Variante A

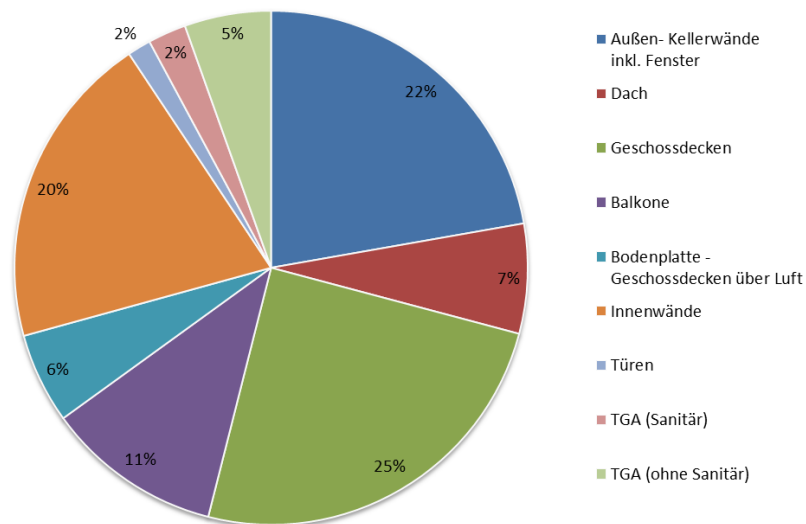


Abbildung 8.8: Einfluss der Leitungen am Versauerungspotential nach 20 Jahren

Primärenergie (gesamt) pro m² NGFa (20J) Variante A

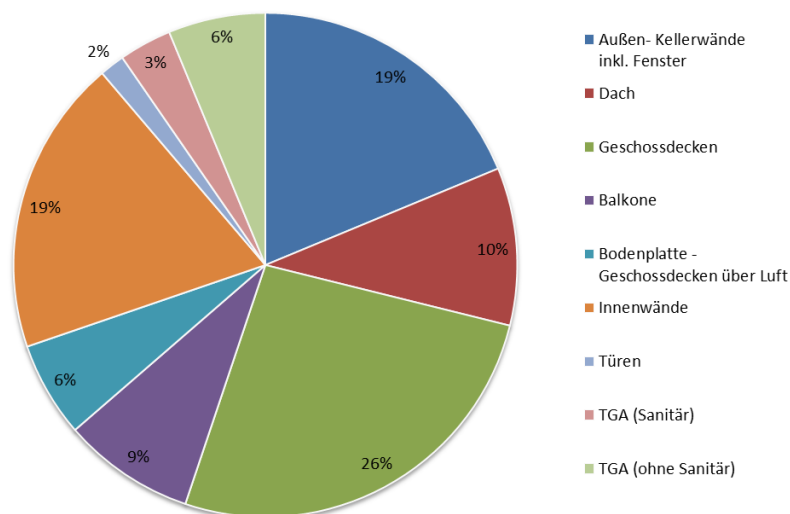


Abbildung 8.9: Einfluss der Leitungen am Primärenergiebedarf nach 20 Jahren

8.1.2.3 Schlussfolgerung Variante A

In Abbildung 8.5 ist das Ergebnis für den Indikator Treibhauspotential dargestellt. Die Rohre im Passivhaus-Wohnanlage Lodenareal nehmen somit 10,21% der gesamten grauen Energie des Gebäudes ein.

Beim in Abbildung 8.6 dargestellten Primärenergiebedarf haben die HKLS-Bestandteile im Gebäude einen Anteil von 12,48% an der grauen Energie.

Laut den Ergebnissen der Variante A in der Studie ist der 10% Faktor im vereinfachten Verfahren des DGNB/ÖGNI-Zertifikat eine relativ gute Annahme für den Anteil der TGA-Gegenstände an der Wirkungsbilanz in einem Gebäude.

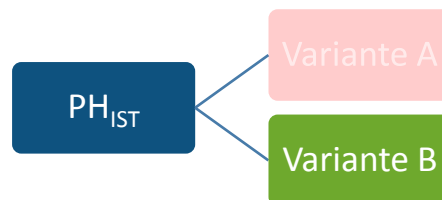
Tabelle 8.1.6: Gegenüberstellung der Ergebnisse der grauen Energie von Variante A und PH_{IST}; ausgewertet sind das Treibhauspotential und der Primärenergiebedarf nach 50 Jahren

50 Jahre	Treibhauspotential [kg CO ₂ /m ² NGFa]	Δ(Rohre/Sanitär)	Primärenergiebedarf [kWh/m ² NGFa]	Δ(Rohre/Sanitär)
Variante A	473,01	10,21%	1.636,08	12,48%
PH _{IST}	429,17		1.454,60	

Der Einfluss der Leitungen an der grauen Energie des Gebäudes nimmt von Jahr zu Jahr zu. Während der prozentuale Anteil der Sanitäranlagen des gesamten Gebäudes mit einem Prozentfaktor von 3% über die Jahre konstant bleibt, nehmen die Leitungen und Rohre im Gebäude von 5% bei 20 Jahren über 8% bei 50 Jahren bis zu 9% nach 80 Jahren ein. Der stetig steigende Einfluss der Rohre kommt aufgrund der hohen Wartungs- und Instandsetzungsarbeiten zustande. Deshalb ist es wichtig schon in der Planungsphase genau auf die Leitungsdimensionierung zu achten. Aufgrund des hohen Anteils an Lüftungsrohren in einem Passivhaus sollten diese in der Planungsphase optimal dimensioniert werden.

8.1.3. Holzvariante B

8.1.3.1 Aufbau



Bei dieser Variante werden die Fassade und die Balkone der Passivhaus-Wohnanlage Lodenareal durch eine Konstruktion aus Holz ersetzt. Es werden bei der Fassade die gesamte massive Außenwand mit Wärmedämmverbundsystem durch eine Holzständerbauweise und die massiven Balkone durch Holzbalkone auf Stahlgerüsten, siehe Abbildung 8.10, ersetzt.

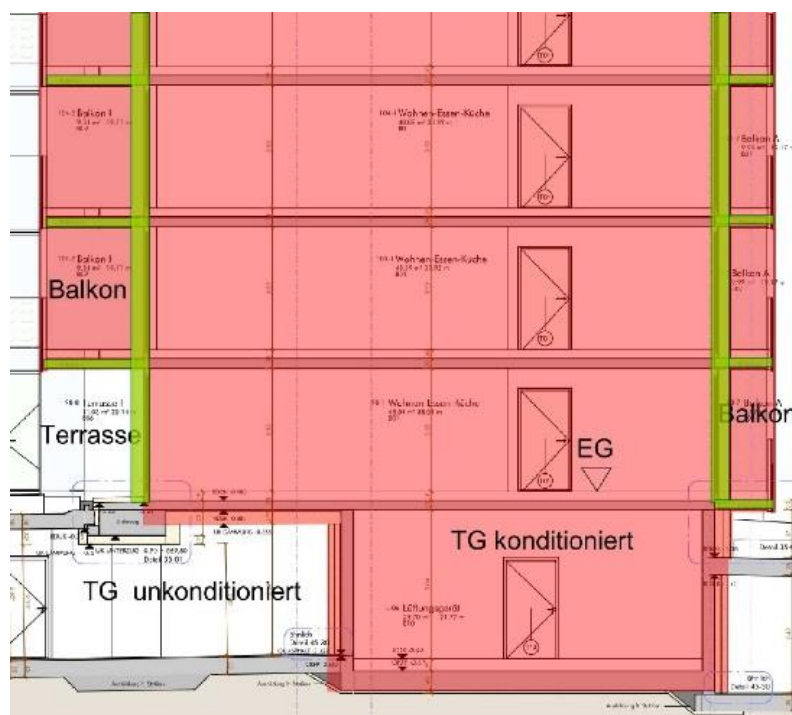


Abbildung 8.10: Grün gekennzeichnete Bauteile (Fassade und Balkone) sind in der Holzvariante B im Gegensatz zu PH_{IST} hinsichtlich ihrer Materialwahl verändert worden

Der ursprüngliche Aufbau der Fassade und der Balkone wurde in der Variante PH_{IST} durch die grün umrandeten Holzaufbauten, in Abbildung 8.11 dargestellt, ersetzt. Die Aufbauten und Materialien für die Fassade und die Balkone aus Holz stammen von einem vergleichbaren Wohnbauprojekt von Neue Heimat Tirol. Dieses Projekt genügt ebenfalls dem Passivhausstandard.

Die Fassade Passivhauswohnanlage ist im IST-Zustand mit einem Wärmedämmverbundsystem mit EPS-Platten ausgestattet. Der Holzleichtbau wird in der Holzvariante B mit Mineralwolle gedämmt.

Die Energieverbrauchsdaten (rote Energie) und alle anderen verbauten Materialien im Gebäude sind gleich geblieben.

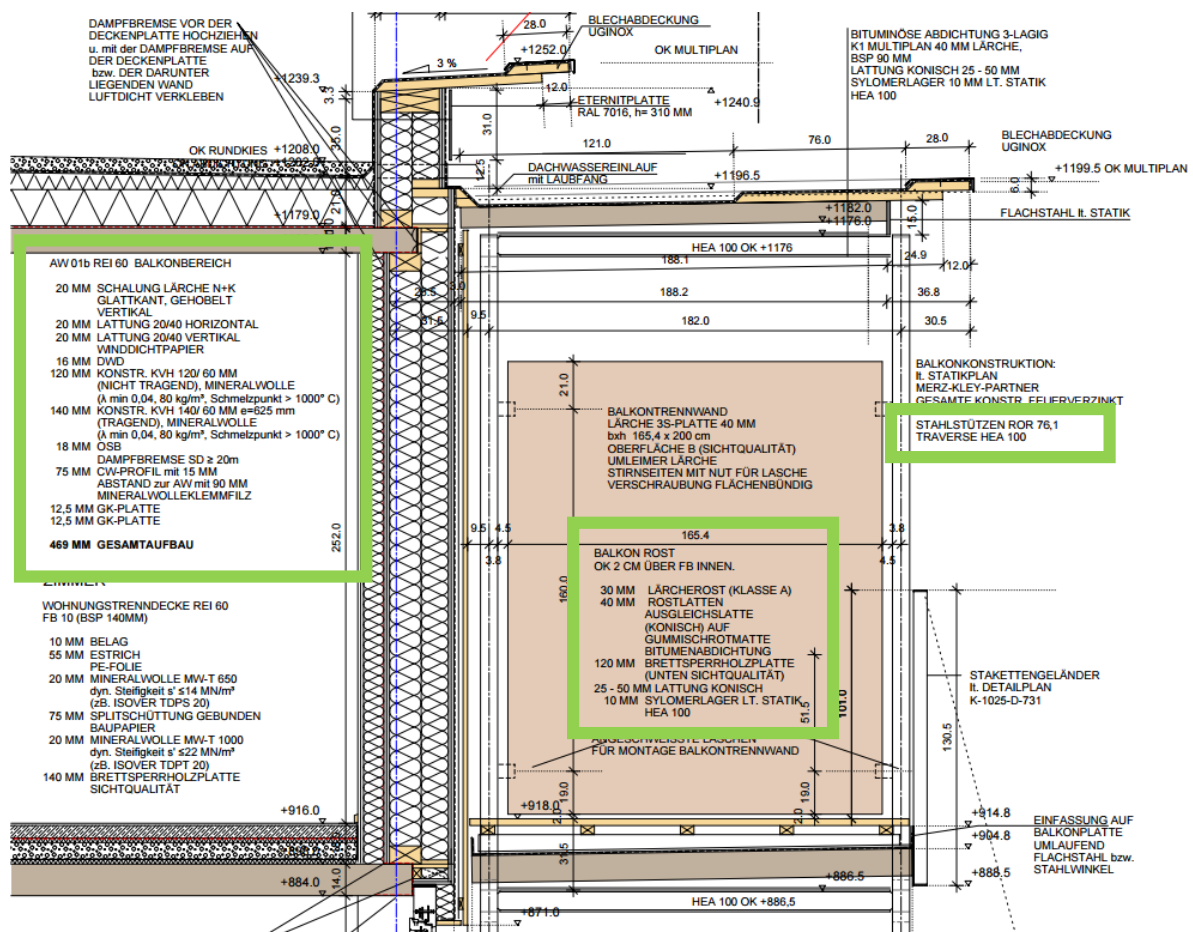


Abbildung 8.11: angesetzte Außenwand- und Balkonaufbauten der Holzvariante B in grün umrandet

8.1.3.2 Ergebnisse Holzvariante B

Tabelle 8.1.7: Ergebnisse der Ökobilanzierung von Holzvariante B

Nutzung = Wärme + Allgemeinstrom über einen Bilanzierungszeitraum von 20, 50 und 80 Jahren

Holzvariante B 80 Jahre	Treibhaus- potential	Versauerungs- potential	Primärenergie nicht erneuerbar	Primärenergie gesamt
Wärme + Allgemeinstrom	[kg CO ₂ /m ² NGFa]	[kg SO ₂ /m ² NGFa]	[kWh/m ² NGFa]	[kWh/m ² NGFa]
Herstellung (H)	199,6	0,805	1207,7	1582,9
Instandsetzung (I)	54,5	0,610	797,6	1091,9
Entsorgung (E)	134,1	-0,099	-651,3	-683,6
Konstruktion (K)	388,1	1,316	1353,9	1991,2
Nutzung (N)	437,3	0,687	1920,9	2123,8
Gesamtaufwand	825,4	2,003	3274,8	4115,0

Holzvariante B 50 Jahre	Treibhaus- potential	Versauerungs- potential	Primärenergie nicht erneuerbar	Primärenergie gesamt
Wärme + Allgemeinstrom	[kg CO ₂ /m ² NGFa]	[kg SO ₂ /m ² NGFa]	[kWh/m ² NGFa]	[kWh/m ² NGFa]
Herstellung (H)	199,6	0,805	1207,7	1582,9
Instandsetzung (I)	21,0	0,255	335,1	467,7
Entsorgung (E)	103,7	-0,071	-475,1	-500,6
Konstruktion (K)	324,3	0,989	1067,8	1550,0
Nutzung (N)	273,3	0,429	1200,6	1327,3
Gesamtaufwand	597,6	1,419	2268,4	2877,3

Holzvariante B 20 Jahre	Treibhaus- potential	Versauerungs- potential	Primärenergie nicht erneuerbar	Primärenergie gesamt
Wärme + Allgemeinstrom	[kg CO ₂ /m ² NGFa]	[kg SO ₂ /m ² NGFa]	[kWh/m ² NGFa]	[kWh/m ² NGFa]
Herstellung (H)	199,6	0,805	1207,7	1582,9
Instandsetzung (I)	8,4	0,044	41,0	47,8
Entsorgung (E)	87,0	-0,031	-344,2	-361,3
Konstruktion (K)	295,0	0,818	904,5	1269,4
Nutzung (N)	109,3	0,172	480,2	530,9
Gesamtaufwand	404,3	0,990	1384,8	1800,3

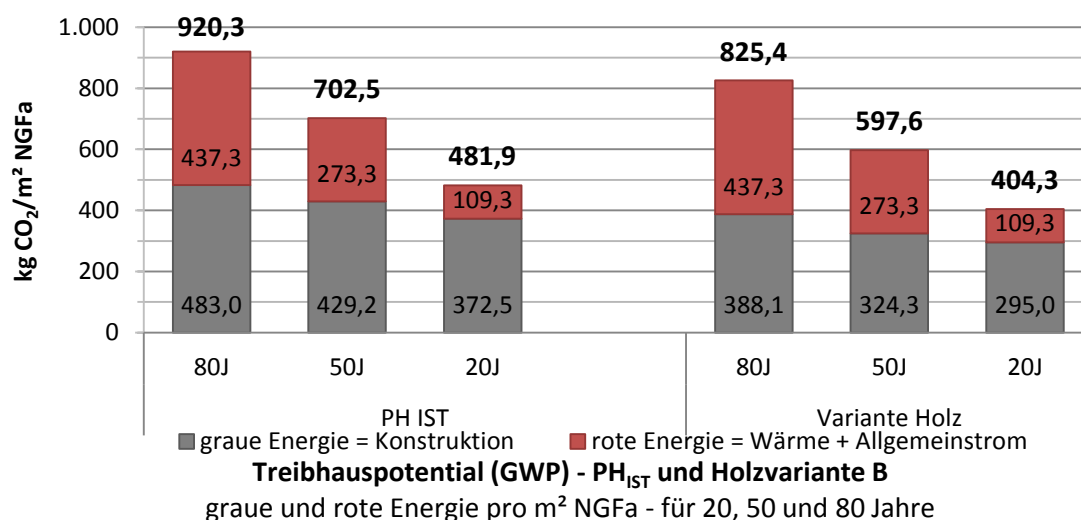


Abbildung 8.12: Treibhauspotential – graue vs. rote Energie – PH_{IST} und Holzvariante B für 20, 50 und 80 Jahre

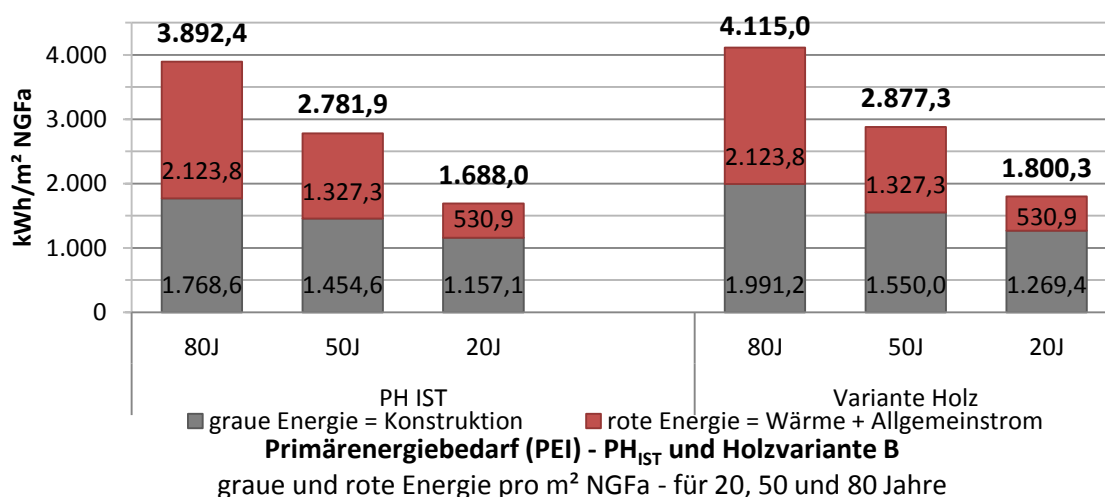


Abbildung 8.13: Primärenergiebedarf – graue vs. rote Energie – PH_{IST} und Holzvariante B für 20, 50 und 80 Jahre

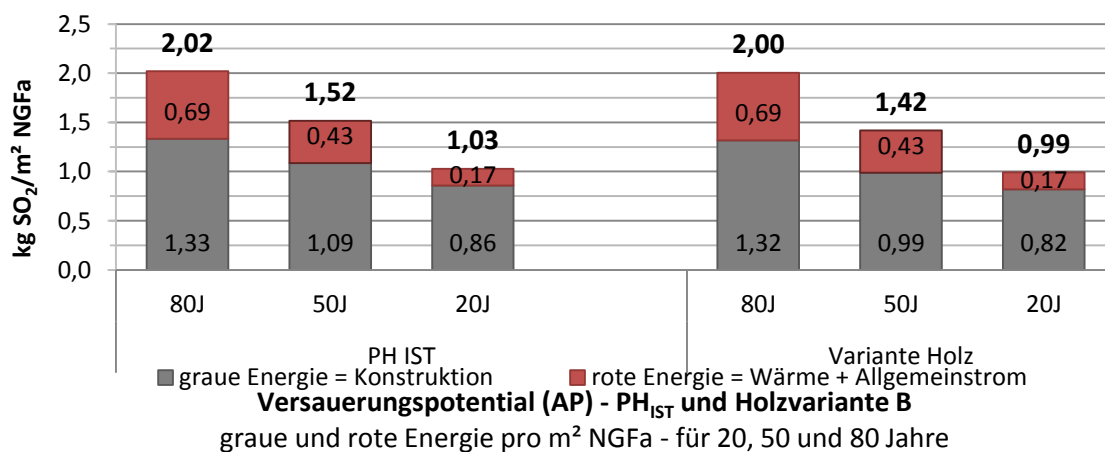
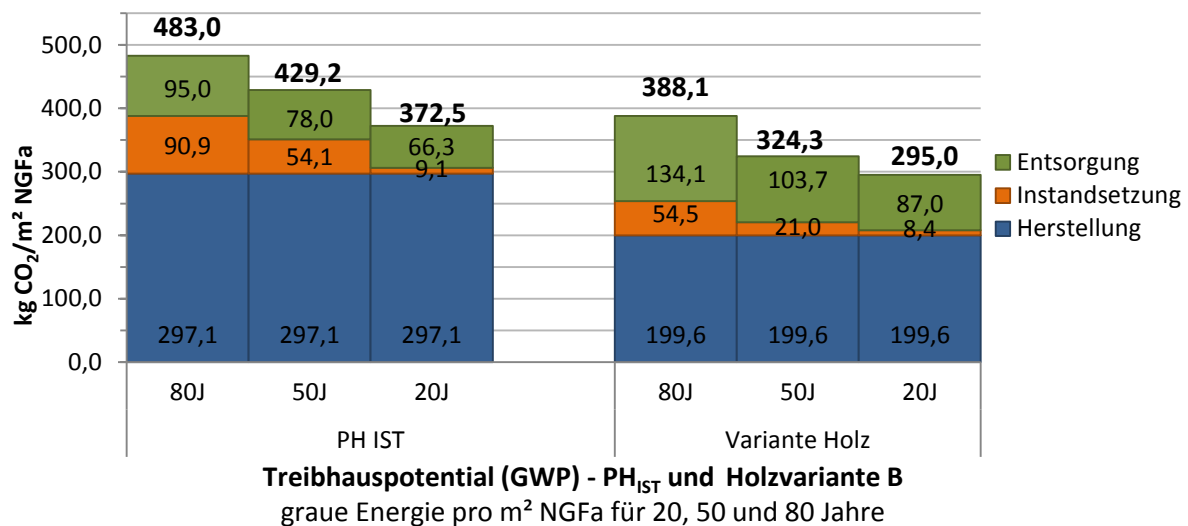
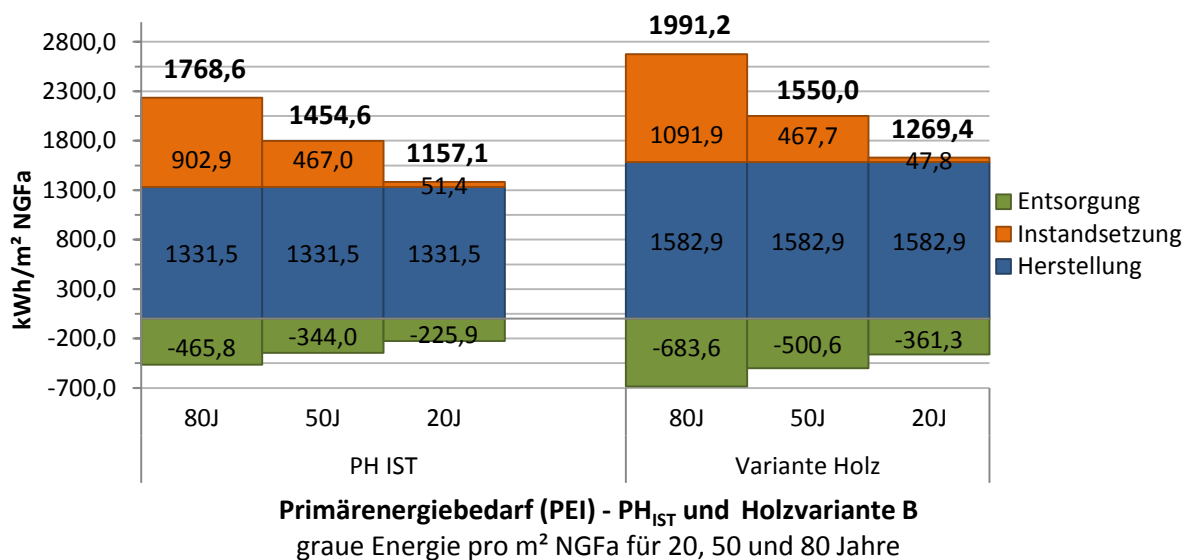
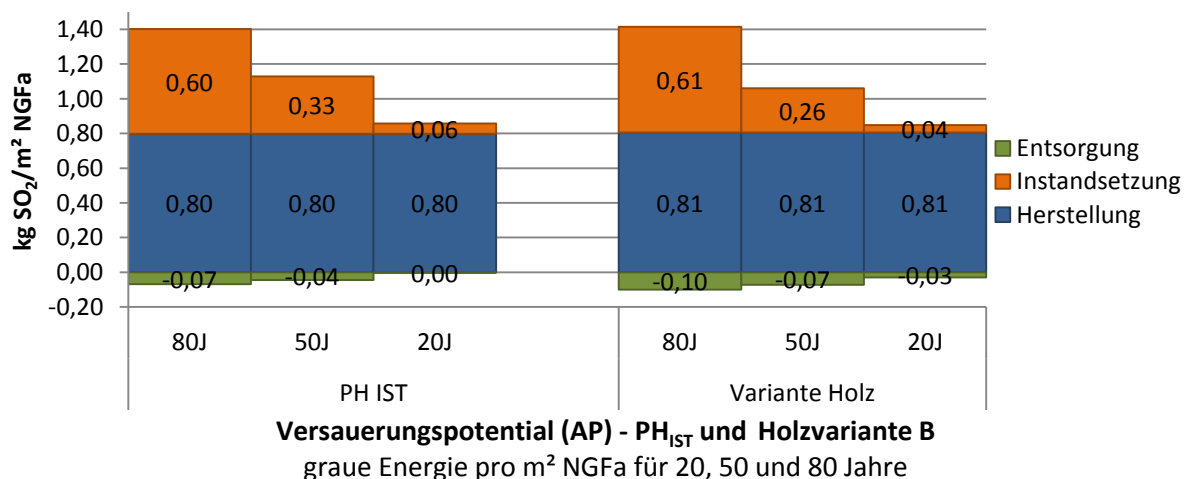


Abbildung 8.14: Versauerungspotential – graue vs. rote Energie – PH_{IST} und Holzvariante B für 20, 50 und 80 Jahre

Abbildung 8.15: Treibhauspotential – graue Energie – PH_{IST} und Holzvariante B für 20, 50 und 80 JahreAbbildung 8.16: Primärenergiebedarf – graue Energie – PH_{IST} und Holzvariante B für 20, 50 und 80 JahreAbbildung 8.17: Versauerungspotential – graue Energie – PH_{IST} und Holzvariante B für 20, 50 und 80 Jahre

8.1.3.3 Schlussfolgerung Holzvariante B

Bestünden nun die Fassade und die Balkone des Passivhauses aus Holz, könnte man eine Treibhauspotentialeinsparung von ca. 10% (20 Jahre) bis 17% (80 Jahre) erreichen. Der Primärenergiebedarf ist bei der Holzbauweise um durchschnittlich 5% höher als bei der Massivbauweise, siehe Tabelle 8.1.8.

Der Baustoff Holz bindet im Zuge seines Wachstums CO₂ aus der Atmosphäre. Deshalb ist bei wenig bearbeiteten Holzbaustoffen der Treibhauspotentialwert negativ. Der Primärenergiebedarf steigt bei Holzbaustoffen mit der Bearbeitungsintensität sehr rasch an. Durch Verleimen, Hobeln oder Zerspanen wird der Primärenergiebedarf immer größer. Der Primärenergiebedarf steigt vor allem durch die künstliche Trocknung und den hohen Kunstharz-Anteil schnell an (Wind & Heschl, 2008). Nun ist jedoch zu beachten, dass der gesamte Primärenergiebedarf betrachtet wurde. Dieser lässt sich jedoch aufteilen in einen erneuerbaren und in einen nicht erneuerbaren Anteil.

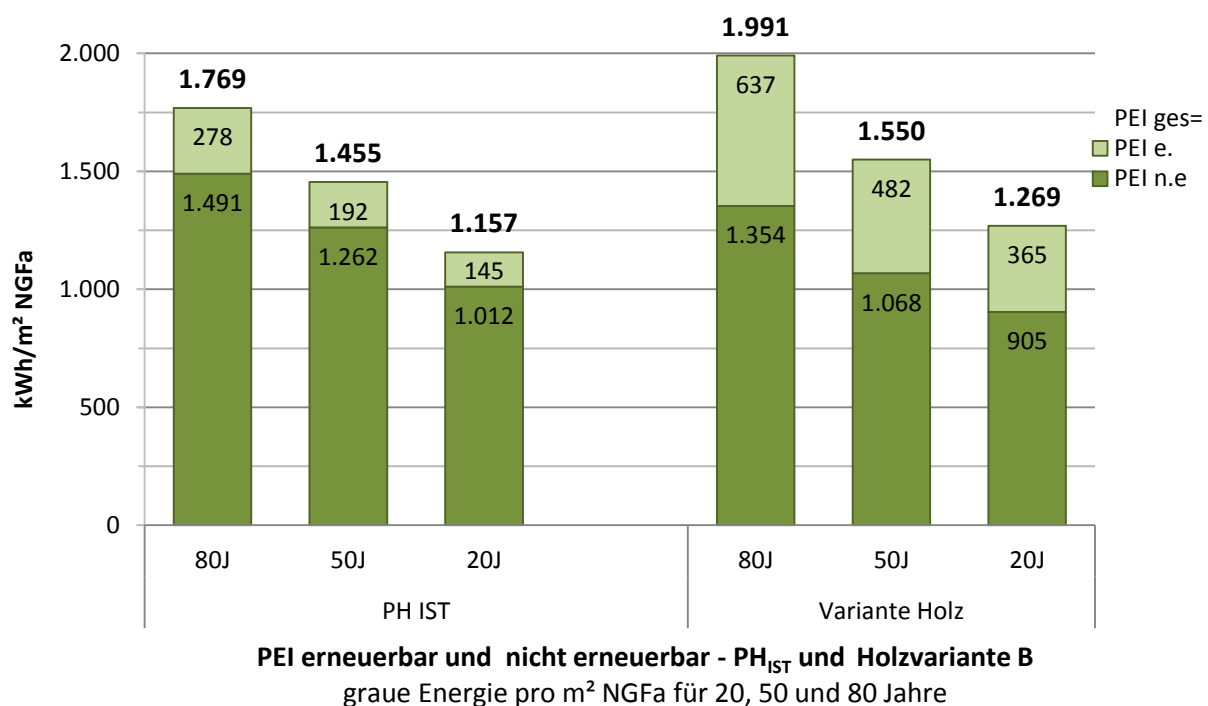


Abbildung 8.18: Unterteilung des gesamten Primärenergiebedarfs in erneuerbaren und nicht erneuerbaren Anteil; Vergleich PH_{IST} mit Holzvariante B über 20, 50 und 80 Jahre

In Abbildung 8.18 ist ersichtlich, dass zwar der gesamte Primärenergiebedarf der Holzvariante höher ist, jedoch hat sie einen niedrigeren Anteil an nicht erneuerbaren Energiequellen. Die Holzvariante B verbraucht in 50 Jahren 15% weniger nicht erneuerbaren Primärenergiebedarf als das Passivhaus im IST-Zustand.

Holz schneidet hier deshalb so gut ab, weil Holz als nachwachsender Rohstoff gilt und geringe Produktionsenergie erfordert. Im End-of-Life-Szenario erhält Holz aufgrund seiner Verbrennung eine hohe Gutschrift (Wind & Heschl, 2008).

Das Versauerungspotential ist bei der Holzbauweise niedriger als bei der Massivbauweise. Es ist anzumerken, dass, je länger der Betrachtungszeitraum ist, desto geringer der prozentuale Unterschied zwischen Holz- und Massivbauweise ist.

Tabelle 8.1.8: Gegenüberstellung der Ergebnisse der Ökobilanz für PH_{IST} und Holzvariante B; verglichen wird die gesamte Energie = graue Energie + rote Energie in den Betrachtungszeiträumen 20, 50, und 80 Jahren. Der Delta-Wert zeigt die Ersparnis oder den Extraaufwand der Holzvariante auf.

	Treibhauspotential [kg CO ₂ /m ² NGFa]	PEI gesamt [kWh/m ² NGFa]	PEI nicht erneuerbar [kWh/m ² NGFa]	Versauerungspotential [kgSO ₂ /m ² NGFa]
80 Jahre				
PH _{IST}	920,3	3892,4	1490,8	2,02
Holzvariante B	825,4	4115,0	1353,9	2,0
Delta Δ [%]	-10,3%	+5,7%	-9,2%	-0,8%
50 Jahre				
PH _{IST}	702,5	2782,0	1262,1	1,52
Holzvariante B	597,6	2877,3	1067,8	1,42
Delta Δ [%]	-14,9%	+3,4%	-15,4%	-6,4%
20 Jahre				
PH _{IST}	481,9	1688,0	1011,8	1,03
Holzvariante B	404,3	1800,3	904,5	0,99
Delta Δ [%]	-16,1%	+6,7%	-10,6%	-3,8%

8.2. Ergebnisse Variante 2 – Vergleich PH mit NEH

8.2.1. Passivhaus Abwandlung



Bei dem Vergleich von Passivhaus mit Niedrigenergiehaus musste ein fiktives Niedrigenergiehaus-Modell geschaffen werden, da keine reale Fallstudie zur Verfügung stand. Dabei wurde die Wohnanlage Lodenareal durch die Bautechnischen Änderungen in ein „fiktives“ Niedrigenergiehaus umgewandelt. Bei der Berechnung des Niedrigenergiehauses wurden Normwerte für die Energiekennzahlen herangezogen. Die Energiewerte in Energieausweis oder ÖNORM sind immer **Energiebedarfswerte**. Um Bedarf mit Bedarf vergleichen zu können, werden die Verbrauchswerte des vermessenen Passivhauses im IST-Zustand in Bedarfswerte umgerechnet.

In der Variante Passivhaus laut Energieausweis (PH_{EA}) werden die verbrauchsbezogenen Energiewerte in bedarfsbezogenen Energiekennzahlen geändert, die graue Energie der gesamten Konstruktion bleibt gleich jener des realen Passivhauses (PH_{IST}).

In einem Niedrigenergiehaus sind aufgrund der einfacheren TGA-Ausstattung, vor allem in Hinsicht auf die Lüftungsanlagensituation, weniger Rohre verbaut als in einem Passivhaus. Um diesen Faktor berücksichtigen zu können, wird der Vergleich PH_{EA} und NEH_{EA} inklusive der Rohr- und Sanitäreinrichtungen im Gebäude geführt. Die graue Energie des PH_{EA} entspricht demnach der Variante A inklusive der Rohre und Sanitäreinrichtungen. Beim NEH_{EA} werden die Sanitäreinrichtungen gleich dem PH_{EA} übernommen und der Anteil der Rohre wird zu 70% vom PH_{EA} angenommen.

8.2.1.1 Endenergieverbrauch wird zu Endenergiebedarf

Die Endenergieverbrauchswerte sind im Kapitel „Ermittlung der Energieverbrauchsdaten“ gegeben. Diese werden nun laut OIB RL 6 (2015) und dem Energieausweis (siehe Anhang 2-1) des Passivhauses in einen Endenergiebedarfswert umgerechnet.

Tabelle 8.2.1: Werte aus dem Energieausweis des Wohnareals Lodenareal Haus A-E bezogen auf BGFa

Wärme- und Energiebedarf lt. Energieausweis	Bedarf pro Jahr [kWh/a]	Bedarf pro m ² [kWh/m ² BGFa]
Heizwärmebedarf (HWB) - Referenzklima	79.067	8,71
Warmwasserwärmebedarf (WWWB)	116.023	12,78
Endenergiebedarf (EEB)	320.108	35,25

Um die Verbrauchswerte in Bedarfswerte umrechnen zu können, wird im ersten Schritt der tatsächliche Wärmeenergieverbrauch in den Heizwärmeverbrauch und den Warmwasserwärmeverbrauch unterteilt. Im Passivhaus Lodenareal beträgt der Anteil des WWWB ca. 40% und der des HWB ca. 60% am gesamten Wärmeenergieverbrauch. Die Verluste sind in dieser Berechnung nicht gesondert angegeben und werden im Wert des HWB als inkludiert angenommen.

Tabelle 8.2.2: Aufteilung des realen Verbrauchs in WWWB und HWB des Wohnareals Lodenareal Haus A-E bezogen auf BGFa

Wärme- und Energiebedarf lt. Energieausweis	Bedarf pro Jahr [kWh/a]	Bedarf pro m ² [kWh/m ² BGFa]
Heizwärmeverbrauch (inkl. Verluste)	278.523	29,87
Warmwasserwärmeverbrauch	185.682	19,92
Endenergieverbrauch (EEV)	464.205	49,79

Laut den erläuternden Bemerkungen der OIB-RL 6 „Energieeinsparung und Wärmeschutz“ (2015) besteht der grundsätzliche Zusammenhang zwischen Endenergieverbrauch und Endenergiebedarf aus:

$$EEV = EEB_{SK,NP} * f_{Komfort/Diskomf.} * f_{Nutzungsintensität} * f_{Jahresklimagunst} * f_{Standortklimagunst}$$

EEV Endenergieverbrauch in einem bestimmten Jahr

EEB_{SK,NP} Endenergiebedarf gemäß OIB-RL 6 (2015)

f_{Komfort/Diskomfort} Faktor, der die Abweichung durch unterschiedliche Innentemperatur oder anderes Lüftungsverhalten vom unterstellten Nutzerprofil beschreibt

f_{Nutzungsintensität} Faktor, der die Abweichung durch unterschiedlichen Warmwasserverbrauch oder Anwesenheit vom unterstellten Nutzerprofil beschreibt

f_{Jahresklimagunst} Faktor, der die Abweichung des Standortklimas des bestimmten Jahres (z.B. milder Winter, früher/später Kälteeinbruch...) vom unterstellten Klimamodell beschreibt

F_{Standortklimagunst} Faktor, der die Abweichung des Standortklimas des bestimmten Standortes (z.B. Nebellage, unvorhergesehene Verschattung...) vom unterstellten Klimamodell (Klimaregion) beschreibt

Die in den Vorjahren gemessenen Wärmeverbäuche stellen den realen Verbrauch dar, welcher sich aus Heizwärmebedarf, Warmwasserwärmebedarf, den gesamten Verlusten und den Abweichungen vom unterstellten Nutzer- und Klimaprofil zusammensetzt.

$$EEB = HWB + Verluste + WWWW$$

In der Studie „Passivhauswohnanlage Lodenareal. Endbericht“ (Wagner, et al., 2012) wurden im Zuge der Studie auch die Raumtemperaturen in den Wohnungen gemessen. Dort wurde festgestellt, dass die Nutzer der Wohnanlage Passivhaus-Lodenareal ihre Wohnungen auf bis zu **23°C** Innentemperatur aufheizen.

Der Heizwärmebedarf im Energieausweis bezieht sich auf eine Raumtemperatur von 20°C, deshalb werden die tatsächlichen Verbrauchsdaten an die 20°C angepasst. Es wird angenommen, dass sich pro +1° Temperaturerhöhung der Energieverbrauch für Heizwärmeerzeugung um 6% erhöht.

Deshalb werden die Verbrauchswerte vom Heizwärmebedarf plus Verluste von Passivhaus-Wohnanlage Lodenareal um 18% reduziert ($f_{\text{Komfort/Diskomfort}} = 1,18$).

Die Faktoren Nutzungsintensität, Jahresklimagunst und Standortklimagunst werden vernachlässigt, da nicht mit Sicherheit gesagt werden kann, inwieweit sich die Verbrauchswerte hinsichtlich dieser Faktoren vom unterstellten Nutzerprofil oder vom unterstellten Klimamodell unterscheiden.

Durch diese Vereinfachungen ergibt sich der für die Berechnung der roten Energie herangezogene Endenergiebedarf wie folgt:

$$18\% \text{ Temperaturanpassung: } HWB = \text{Heizwärmeverbrauch} * 0,82 = 24,50 \text{ kWh/m}^2 \text{BGFa}$$

Der in der Vergleichsrechnung PH zu NEH angesetzte Heizwärmebedarf ist der des Energieausweises von 8,71 kWh/m²_{BGFa}. Der Rest von 24,50 kWh/m²_{BGFa} sind laut Annahmen die Verluste im Gebäude.

$$EEB = HWB (+Verluste) + WWWW = 24,50 + 19,91 = 44,41 \frac{\text{kWh}}{\text{m}^2 \text{BGFa}} = 54,71 \frac{\text{kWh}}{\text{m}^2 \text{NGFa}}$$

Die funktionale Einheit der Ökobilanz ist 1m² bezogen auf die Nettogrundfläche. Der Endenergiebedarf für Wärmeerzeugung (Heizung und Warmwasser) ist somit 54,71 kWh/m²_{NGFa}.

Zuzüglich zum Wärmebedarf kommt zuletzt noch der Strombedarf hinzu. Dabei wird zwischen dem Strombedarf für Allgemeinstrom (TGA, Hilfsstrom...) und dem Strombedarf für

Haushaltsstromnutzung unterschieden. Hierbei werden die schon im vorigen Kapitel angesetzten Stromverbrauchswerte angesetzt.

Tabelle 8.2.3: in PH_{EA} angesetzte Endenergiebedarfswerte für Wärme, Allgemeinstrom und Haushaltsstrom

Endenergiebedarf	Bedarf pro Jahr [kWh/a]	Bedarf pro m ² [kWh/m ² NGFa]
Bedarf Wärme (W)	414.071	54,71
Bedarf Allgemeinstrom (AS)	41.786,17	5,52
Bedarf Haushaltsstrom (HS)	291.102,58	38,46

Bei der Auswertung der roten Energie wird die Nutzungsphase wieder in drei Fälle gegliedert.

Tabelle 8.2.4: Darstellung der Gliederung der Auswertung der Ergebnisse der roten Energie

Nutzungen	Bedarf pro Jahr [kWh/a]	Bedarf pro m ² [kWh/m ² NGFa]
Wärme (W)	414.071	54,71
Wärme (W) + Allgemeinstrom (AS)	455.857	60,23
Wärme (W) + Allgemeinstrom (AS) + Haushaltsstrom (HS)	746.960	98,69

8.2.1.2 Ergebnisse PH_{EA}

Tabelle 8.2.5: Ergebnisse der Ökobilanzierung vom PH_{EA} inkl. Rohre/Sanitär

Nutzung = Wärme + Allgemeinstrom über einen Bilanzierungszeitraum von 20, 50 und 80 Jahren

PH_{EA} 80 Jahre	Treibhaus- potential	Versauerungs- potential	Primärenergie nicht erneuerbar	Primärenergie gesamt
Wärme + Allgemeinstrom	[kg CO ₂ /m ² NGFa]	[kg SO ₂ /m ² NGFa]	[kWh/m ² NGFa]	[kWh/m ² NGFa]
Herstellung (H)	319,58	0,87	1307,99	1469,56
Instandsetzung (I)	129,26	0,72	968,59	1131,82
Entsorgung (E)	95,36	-0,13	-542,07	-580,65
Konstruktion (K)	544,19	1,46	1734,51	2020,73
Nutzung (N)	410,66	0,66	1807,93	2010,55
Gesamtaufwand	954,85	2,12	3542,44	4031,28

PH_{EA} 50 Jahre	Treibhaus- potential	Versauerungs- potential	Primärenergie nicht erneuerbar	Primärenergie gesamt
Wärme + Allgemeinstrom	[kg CO ₂ /m ² NGFa]	[kg SO ₂ /m ² NGFa]	[kWh/m ² NGFa]	[kWh/m ² NGFa]
Herstellung (H)	319,58	0,87	1307,99	1469,56
Instandsetzung (I)	75,28	0,40	523,84	592,31
Entsorgung (E)	78,16	-0,08	-394,54	-425,78
Konstruktion (K)	473,01	1,18	1437,28	1636,08
Nutzung (N)	256,66	0,41	1129,95	1256,59
Gesamtaufwand	729,67	1,59	2567,24	2892,68

PH_{EA} 20 Jahre	Treibhaus- potential	Versauerungs- potential	Primärenergie nicht erneuerbar	Primärenergie gesamt
Wärme + Allgemeinstrom	[kg CO ₂ /m ² NGFa]	[kg SO ₂ /m ² NGFa]	[kWh/m ² NGFa]	[kWh/m ² NGFa]
Herstellung (H)	319,58	0,87	1307,99	1469,56
Instandsetzung (I)	11,53	0,07	55,51	62,49
Entsorgung (E)	66,50	-0,02	-251,86	-271,66
Konstruktion (K)	397,61	0,91	1111,64	1260,39
Nutzung (N)	102,66	0,17	451,98	502,64
Gesamtaufwand	500,28	1,08	1563,62	1763,03

Tabelle 8.2.6: Ergebnisse der Ökobilanzierung vom P_{HEA} inkl. Rohre/Sanitär

Nutzung = Wärme + Allgemeinstrom + Haushaltsstrom über einen Bilanzierungszeitraum von 20, 50 und 80 Jahren

P_{HEA} 80 Jahre	Treibhaus- potential	Versauerungs- potential	Primärenergie nicht erneuerbar	Primärenergie gesamt
Wärme + Allgemein- + Haushaltsstrom	[kgCO ₂ /m ² NGFa]	[kgSO ₂ /m ² NGFa]	[kWh/m ² NGFa]	[kWh/m ² NGFa]
Herstellung (H)	319,58	0,87	1307,99	1469,56
Instandsetzung (I)	129,26	0,72	968,59	1131,82
Entsorgung (E)	95,36	-0,13	-542,07	-580,65
Konstruktion (K)	544,19	1,46	1734,51	2020,73
Nutzung (Nges)	2244,43	4,29	10055,46	11659,74
Gesamtaufwand	2788,62	5,75	11789,97	13680,47

P_{HEA} 50 Jahre	Treibhaus- potential	Versauerungs- potential	Primärenergie nicht erneuerbar	Primärenergie gesamt
Wärme + Allgemein- + Haushaltsstrom	[kgCO ₂ /m ² NGFa]	[kgSO ₂ /m ² NGFa]	[kWh/m ² NGFa]	[kWh/m ² NGFa]
Herstellung (H)	319,58	0,87	1307,99	1469,56
Instandsetzung (I)	75,28	0,40	523,84	592,31
Entsorgung (E)	78,16	-0,08	-394,54	-425,78
Konstruktion (K)	473,01	1,18	1437,28	1636,08
Nutzung (Nges)	1402,77	2,68	6284,66	7287,33
Gesamtaufwand	1875,78	3,86	7721,94	8923,42

P_{HEA} 20 Jahre	Treibhaus- potential	Versauerungs- potential	Primärenergie nicht erneuerbar	Primärenergie gesamt
Wärme + Allgemein- + Haushaltsstrom	[kgCO ₂ /m ² NGFa]	[kgSO ₂ /m ² NGFa]	[kWh/m ² NGFa]	[kWh/m ² NGFa]
Herstellung (H)	319,58	0,87	1307,99	1469,56
Instandsetzung (I)	11,53	0,07	55,51	62,49
Entsorgung (E)	66,50	-0,02	-251,86	-271,66
Konstruktion (K)	397,61	0,91	1111,64	1260,39
Nutzung (Nges)	561,11	1,07	2513,87	2914,93
Gesamtaufwand	958,72	1,99	3625,50	4175,33

In Abbildung 8.19 ist die Auswertung des Treibhauspotentials des Passivhauses dargestellt. Für einen besseren Vergleich ist einmal die rote Energie in Wärme und Allgemeinstrom unterteilt und einmal in Wärme, Allgemeinstrom und Haushaltsstrom.

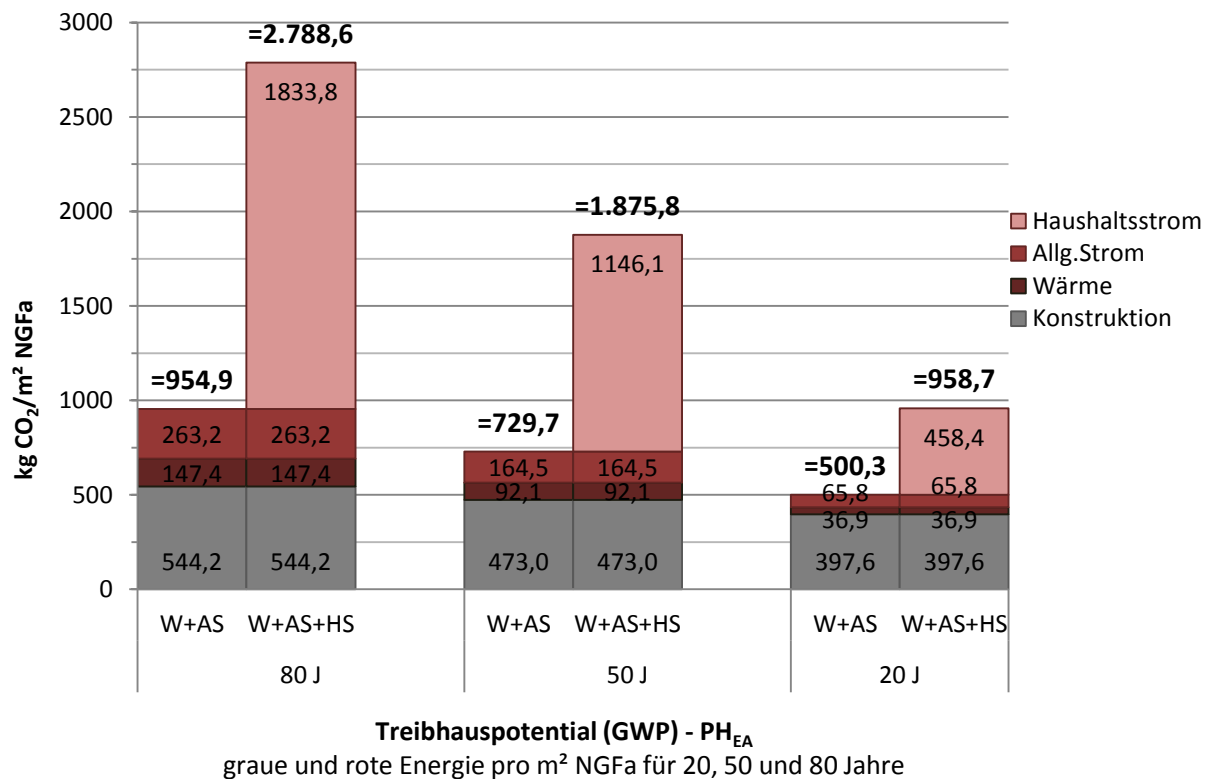


Abbildung 8.19: Treibhauspotential von PH_{EA} – Gegenüberstellung von grauer Energie und roter Energie über einen Zeitraum von 20, 50 und 80 Jahren. Die Rote Energie ist unterteilt in Wärme, Allgemeinstrom und Haushaltsstrom.

Bei der Passivhausberechnung laut Energieausweis ändert sich der Anteil der grauen Energie im Gegensatz zur Passivhaus-IST-Zustand-Berechnung nur geringfügig. Der Anteil der Konstruktion an der Gesamtenergie bei einer Betrachtung von 80 bis 50 Jahren liegt zwischen 57-65%.

Tabelle 8.2.7: Gegenüberstellung der grauen zur roten Energie von PH_{IST} vom Treibhauspotential

GWP	graue Energie [kg CO ₂ /m² NGFa]	rote Energie [kgCO ₂ /m² NGFa]	Anteil graue Energie	Anteil rote Energie
20 Jahre	398	103	79 %	21 %
50 Jahre	473	257	65 %	35 %
80 Jahre	544	411	57 %	43 %

In Abbildung 8.20 ist die Auswertung des Primärenergiebedarfs der Passivhausvariante dargestellt. Für einen besseren Vergleich ist die rote Energie einmal in Wärme und Allgemeinstrom und einmal in Wärme, Allgemeinstrom und Haushaltsstrom unterteilt.

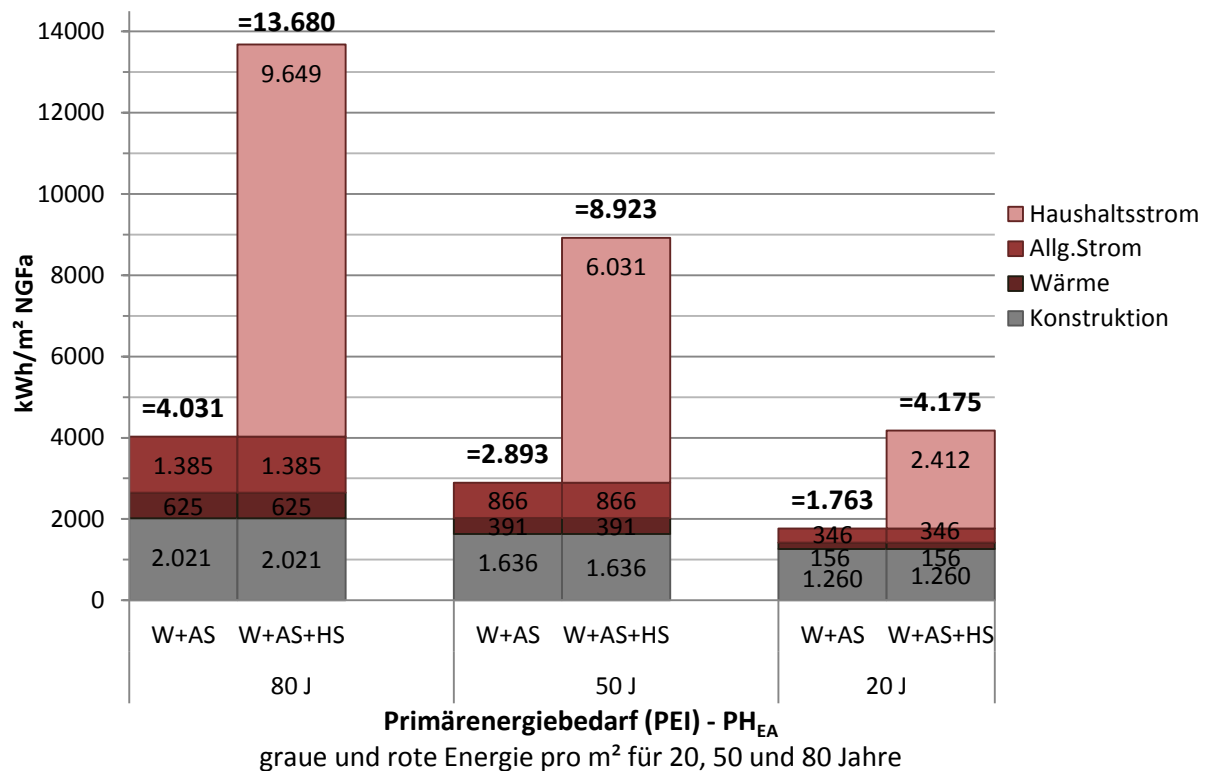


Abbildung 8.20: Primärenergiebedarf von PH_{EA} – Gegenüberstellung von grauer Energie und roter Energie über einen Zeitraum von 20, 50 und 80 Jahren. Die Rote Energie ist unterteilt in Wärme, Allgemeinstrom und Haushaltsstrom.

In Tabelle 8.1.4 ist der Anteil der grauen Energie des Primärenergiebedarfs vom PH_{EA} am Gesamtenergieaufwand dargestellt. In 80 bis 50 Jahren beträgt diese zwischen 50-57%. Die graue Energie im PH_{EA} beträgt somit ebenfalls ca. 50% der Gesamtenergie.

Tabelle 8.2.8: Gegenüberstellung der grauen zur roten Energie von PH_{EA} vom Primärenergiebedarf

PEI	graue Energie [kWh/m ² NGFa]	rote Energie [kWh/m ² NGFa]	Anteil graue Energie	Anteil rote Energie
20 Jahre	1260	503	71 %	29 %
50 Jahre	1636	1257	57 %	43 %
80 Jahre	2021	2011	50 %	50 %

8.2.2. Variante Niedrigenergiehaus NEH_{EA}



Im Zuge der Variante NEH_{EA} wird das Passivhaus zu einem Niedrigenergiehaus ummodelliert. Laut ÖNORM B 8110-1 (2011) sind die Anforderungen für ein Wohngebäude mit Niedrigenergiehausstandard wie folgt definiert:

Wärmeschutzklasse	Wohngebäude
Niedrigenergie-Gebäude	$HWB^*_{BGF,nE-WG,RK} \leq 17 \times \left(1 + \frac{2,5}{l_c}\right) \leq 30 \text{ kWh/m}^2\text{a}$

Die Passivhaus-Wohnanlage Lodenareal hat eine charakteristische Länge von 3,20 m und dadurch ergibt sich ein HWB von $30,28 \text{ kWh/m}^2_{BGFa} = 37,30 \text{ kWh/m}^2_{NGFa}$. Um diesen Heizwärmebedarf in der Realität erreichen zu können, müssen die Dämmstärken von Wand und Dachaufbau angepasst werden.

Bei der Modellierung der Niedrigenergievariante wird gleichzeitig auf eine mechanische Lüftung verzichtet und das Gebäude natürlich belüftet (Fensterlüftung). Es ist nur eine Abluftanlage zur Entlüftung der Bäder und Küchen erforderlich.

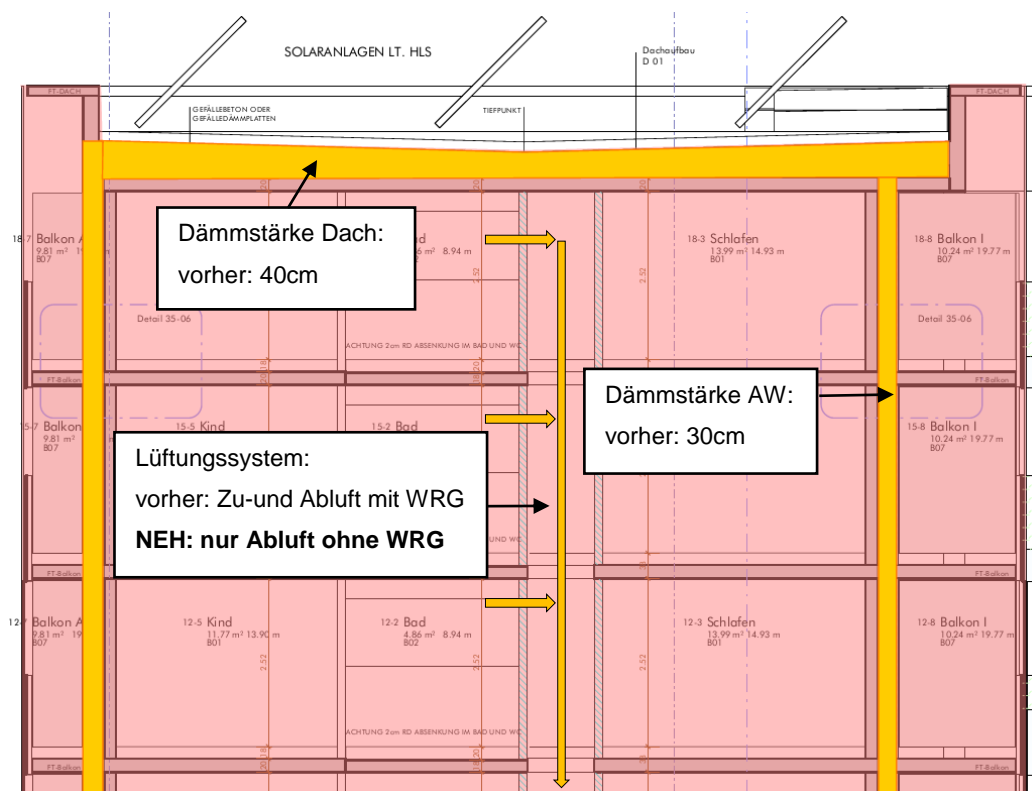


Abbildung 8.21: Veränderungen in der Ökobilanz an PH_{EA} zur Erstellung der Variante NEH_{EA}

Durch die Veränderung der Lüftungssituation, die geringere Anforderung an den Heizwärmedarf und die Veränderung der Transmission kann die Dämmstärke an den Wänden um 10 cm und die Wärmedämmung am Dach um 20 cm reduziert werden.

Somit ist die Fassade in der Variante Niedrigenergiehaus anstatt des 30 cm dicken Wärmedämmverbundsystems beim Passivhaus mit einem 20 cm dicken Wärmedämmverbundsystem ausgestattet und die Dämmstärke am Flachdach kann von 40 cm auf 20 cm reduziert werden.

Die Passivhaus-Wohnanlage Lodenareal besitzt eine mechanische Komfortlüftungsanlage mit Wärmerückgewinnungssystem. Durch das Wegfallen der mechanischen Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung reduziert sich auch der Allgemeinstromverbrauch im Gebäude.

Aufgrund des Wegfallens der mechanischen Komfortlüftungsanlage im NEH_{EA} kommen auch weniger Leitungen und Rohre zum Einsatz. Es wird angenommen, dass nur noch 70% der gesamten TGA-Leitungen, wie in PH_{EA}, im NEH_{EA} notwendig sind.

Die Lüftungsanlagen fallen in einem Niedrigenergiehaus aufgrund der schlechter gedämmten Gebäudehülle größer aus. Da nur eine Abluftanlage benötigt wird, kommen wiederum weniger Geräte zum Einsatz. Eine Wärmerückgewinnungsanlage ist beim Niedrigenergiehaus nicht notwendig und wird auch in dieser Variante nicht geplant.

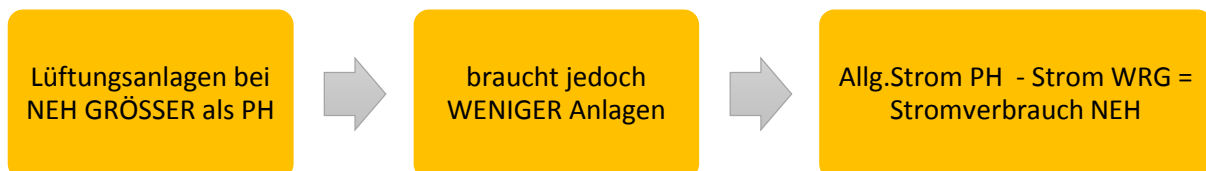


Abbildung 8.22: theoretische Vorgangsweise bei Berechnung des Allgemeinstroms für NEH_{EA}.

Daher wird vom Allgemeinstrombedarf des Passivhauses nur der Stromverbrauch der Wärmerückgewinnung (WRG) abgezogen. Der Stromverbrauch für Warmwasser, Heizungs- und Lüftungsanlage wird gleichbleibend angenommen und vom Allgemeinstrombedarf des Passivhauses wird nur der Strombedarf der nicht mehr vorhandenen Wärmerückgewinnungsanlage abgezogen. Somit ergibt sich für die Niedrigenergievariante ein Allgemeinstromverbrauch von 5,04 kWh/m²a anstatt von normalerweise 5,52 kWh/m²a.

Der Haushaltsstrom wird gleichbleibend mit 38,46 kWh/m²a laut der Studie Forschungsprojekt Passivhaus-Wohnanlage Lodenareal Seite 47 (Wagner, et al., 2012) angenommen und nicht verändert.

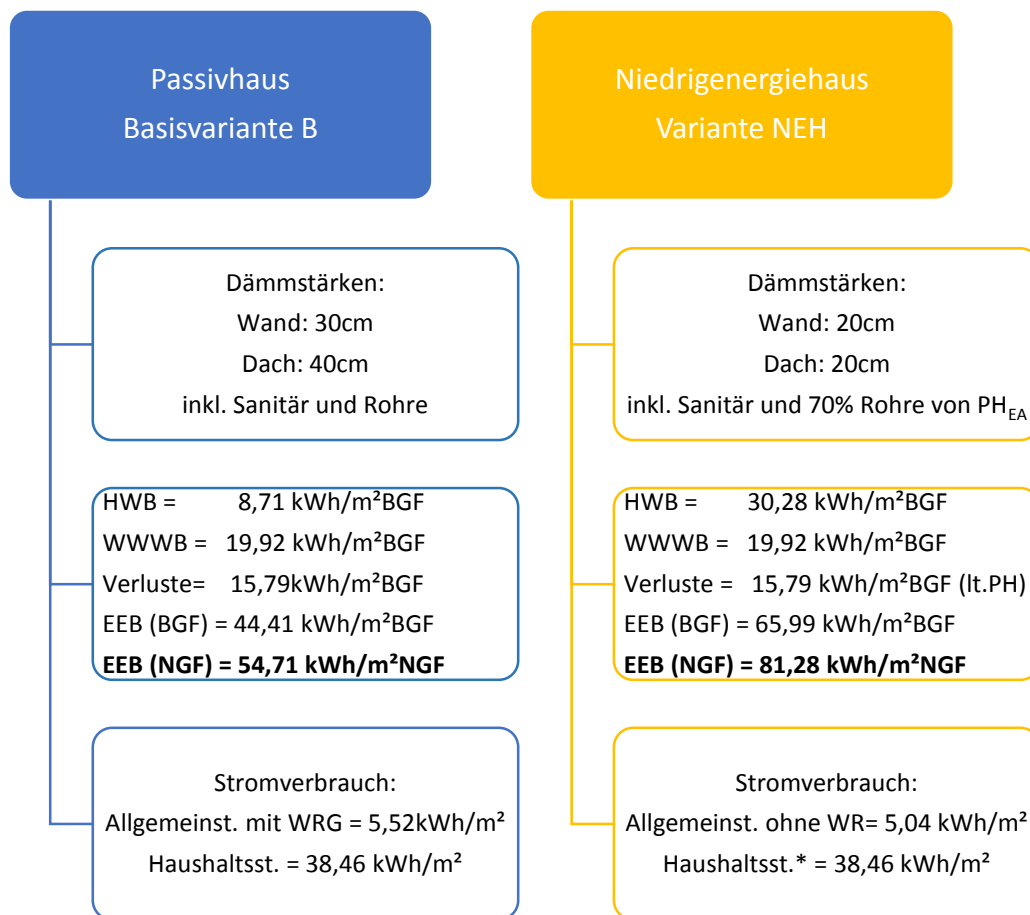


Abbildung 8.23: Gegenüberstellung der Eingabewerte für die Ökobilanzierung von Basisvariante B und Variante NEH; PH_{EA} mit Zu- und Abluft und WRG und NEH_{EA} nur Abluft aus Bad/Küche ohne WRG

8.2.2.1 Ergebnisse NEH_{EA}

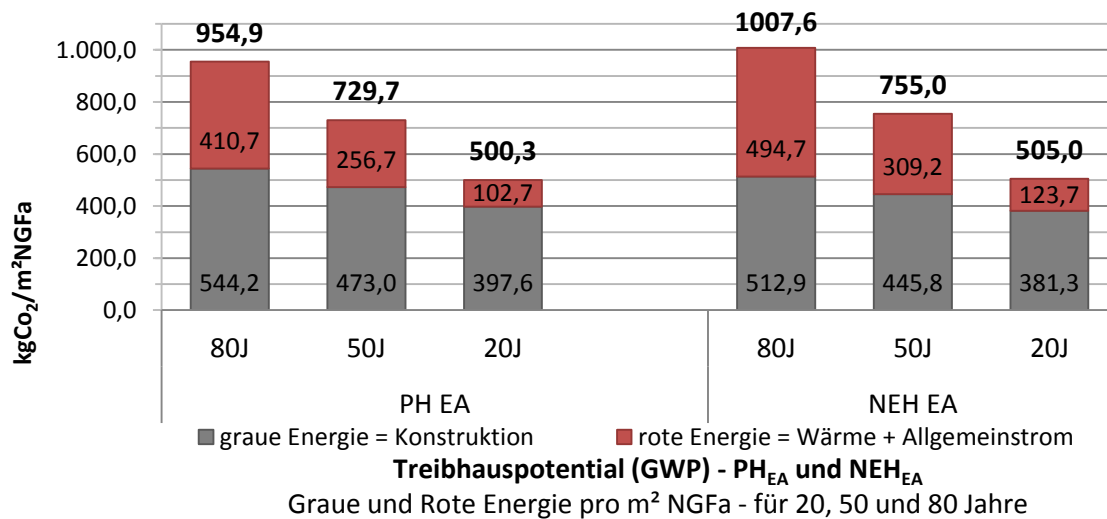
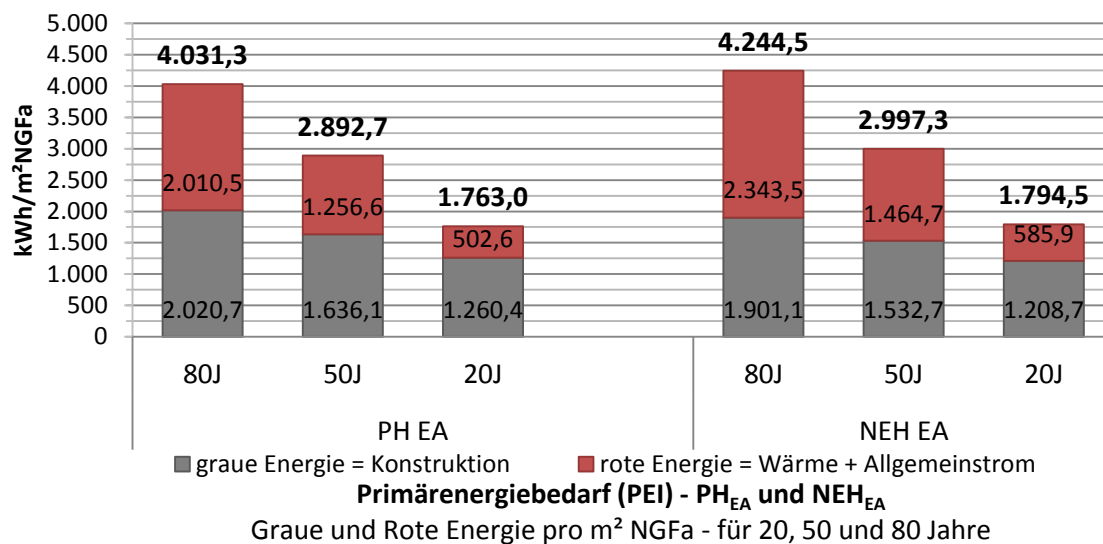
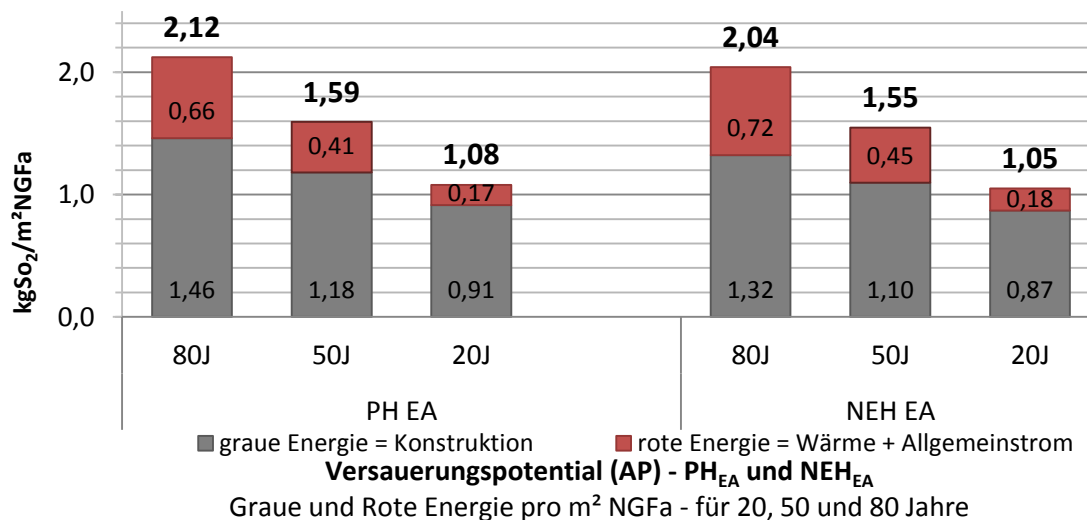
Tabelle 8.2.9: Ergebnisse der Ökobilanzierung vom NEH_{EA} inkl. Sanitäranlagen und 70% der Rohre von PH_{EA}

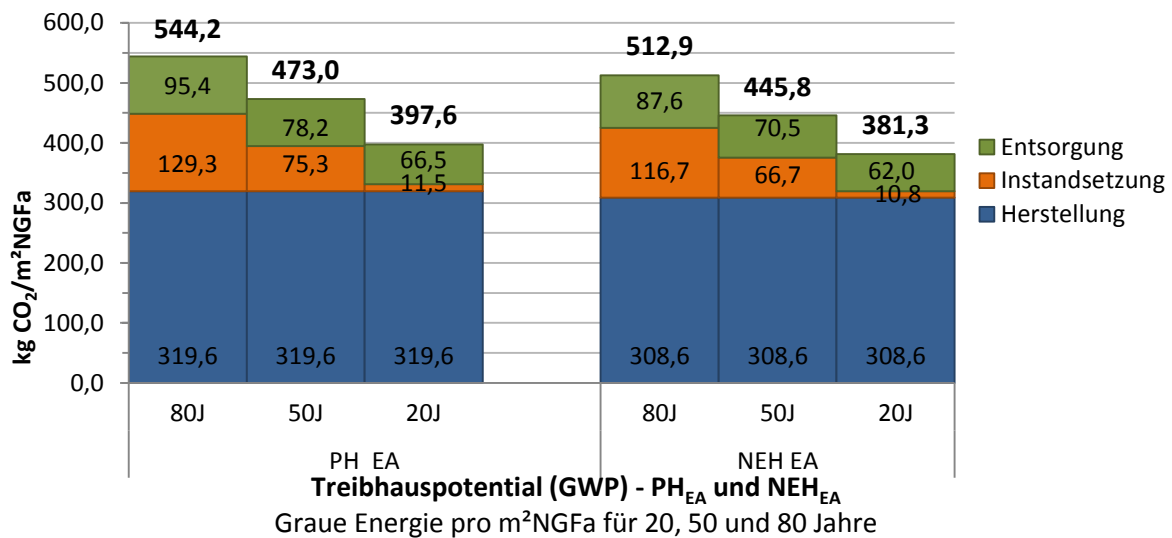
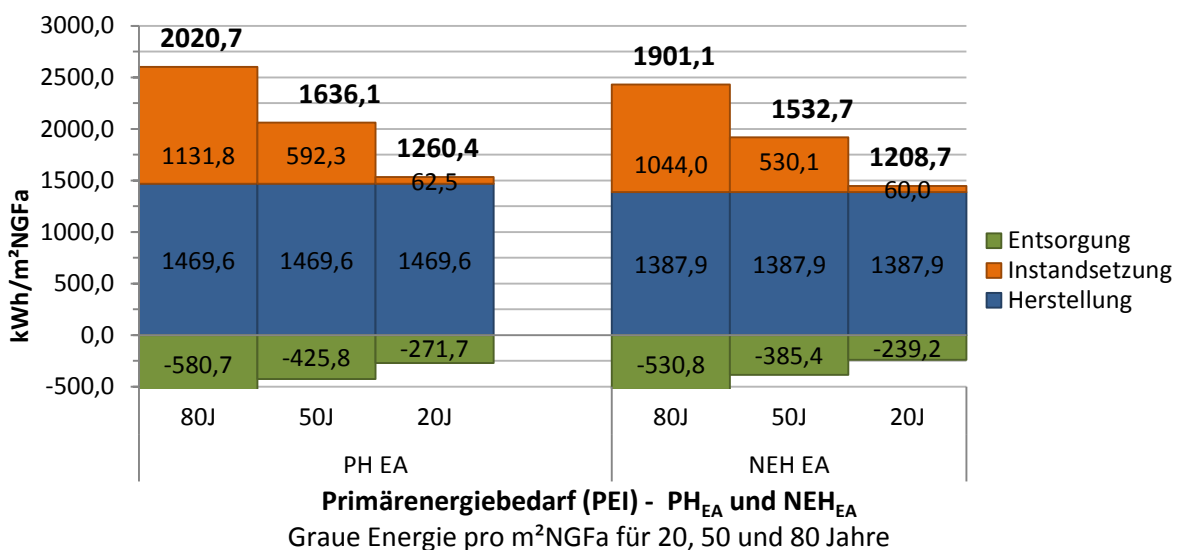
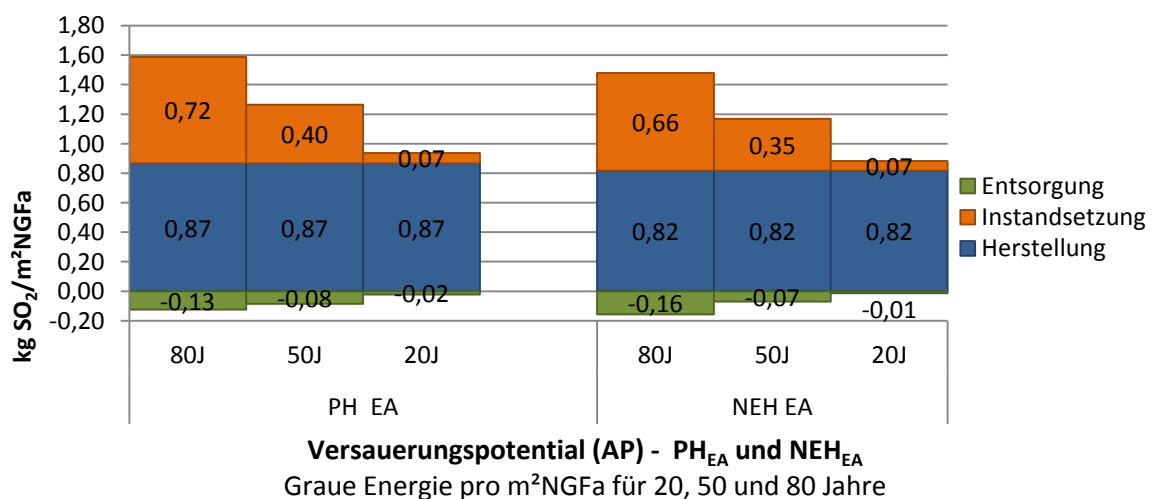
Nutzung = Wärme + Allgemeinstrom über einen Bilanzierungszeitraum von 20, 50 und 80 Jahren

NEH_{EA} 80 Jahre	Treibhaus- potential	Versauerungs- potential	Primärenergie nicht erneuerbar	Primärenergie gesamt
Wärme + Allgemeinstrom	[kgCO ₂ /m ² NGFa]	[kgSO ₂ /m ² NGFa]	[kWh/m ² NGFa]	[kWh/m ² NGFa]
Herstellung (H)	308,6	0,817	1227,0	1387,9
Instandsetzung (I)	116,7	0,661	883,5	1044,0
Entsorgung (E)	87,6	-0,156	-494,9	-530,8
Konstruktion (K)	512,9	1,322	1615,6	1901,1
Nutzung (N)	494,7	0,718	2157,6	2343,5
Gesamtaufwand	1007,6	2,040	3773,2	4244,5

NEH_{EA} 50 Jahre	Treibhaus- potential	Versauerungs- potential	Primärenergie nicht erneuerbar	Primärenergie gesamt
Wärme + Allgemeinstrom	[kgCO ₂ /m ² NGFa]	[kgSO ₂ /m ² NGFa]	[kWh/m ² NGFa]	[kWh/m ² NGFa]
Herstellung (H)	308,6	0,817	1227,0	1387,9
Instandsetzung (I)	66,7	0,351	463,3	530,1
Entsorgung (E)	70,5	-0,071	-356,0	-385,4
Konstruktion (K)	445,8	1,097	1334,2	1532,7
Nutzung (N)	309,2	0,449	1348,5	1464,7
Gesamtaufwand	755,0	1,546	2682,7	2997,3

NEH_{EA} 20 Jahre	Treibhaus- potential	Versauerungs- potential	Primärenergie nicht erneuerbar	Primärenergie gesamt
Wärme + Allgemeinstrom	[kgCO ₂ /m ² NGFa]	[kgSO ₂ /m ² NGFa]	[kWh/m ² NGFa]	[kWh/m ² NGFa]
Herstellung (H)	308,6	0,817	1227,0	1387,9
Instandsetzung (I)	11,0	0,067	53,1	60,0
Entsorgung (E)	62,1	-0,016	-220,9	-239,2
Konstruktion (K)	381,6	0,869	1059,2	1208,7
Nutzung (N)	123,7	0,179	539,4	585,9
Gesamtaufwand	505,3	1,048	1598,6	1794,5

Abbildung 8.24: Treibhauspotential – graue vs. rote Energie – PH_{EA} und NEH_{EA} für 20,50 und 80 JahreAbbildung 8.25: Primärenergiebedarf – graue vs. rote Energie – PH_{EA} und NEH_{EA} für 20,50 und 80 JahreAbbildung 8.26: Versauerungspotential – graue vs. rote Energie – PH_{EA} und NEH_{EA} für 20,50 und 80 Jahre

Abbildung 8.27: Treibhauspotential – graue Energie – PH_{EA} und NEH_{EA} für 20, 50 und 80 JahreAbbildung 8.28: Primärenergiebedarf – graue Energie – PH_{EA} und NEH_{EA} für 20, 50 und 80 JahreAbbildung 8.29: Versauerungspotential – graue Energie – PH_{EA} und NEH_{EA} für 20, 50 und 80 Jahre

8.2.2.2 Schlussfolgerung

Durch die Reduktion der Dämmstärken und den geringeren Leitungsanteil beim Niedrigenergiehaus kann man in 50 Jahren ca. 6% Treibhauspotential und Primärenergiebedarf sowie 7,0% Versauerungspotential bei der Herstellung der Konstruktion im Vergleich zum Passivhaus einsparen.

Tabelle 8.2.10: Einsparung an schädlichen Umwelteinflüssen durch Reduzieren der Dämmung und Anpassen der Rohre von PH_{EA} zu NEH_{EA}

graue Energie	Treibhauspotential [kg CO ₂ /m ² NGFa]	Primärenergiebedarf [kWh/m ² NGFa]	Versauerungspotential [kgSO ₂ /m ² NGFa]
80 Jahre			
PH _{EA}	544,2	2020,7	1,46
NEH _{EA}	512,9	1901,1	1,32
Delta Δ [%]	-5,8%	-5,9%	-9,5%
50 Jahre			
PH _{EA}	473,0	1636,1	1,18
NEH _{EA}	445,8	1532,7	1,10
Delta Δ [%]	-5,8%	-6,3%	-7,0%
20 Jahre			
PH _{EA}	397,6	1260,4	0,91
NEH _{EA}	381,6	1208,7	0,87
Delta Δ [%]	-4,0%	-4,1%	-4,9%

Betrachtet man jedoch ganzheitlich – die rote und die graue Energie gemeinsam –, wird durch das Passivhaussystem trotzdem eine Einsparung erzielt. Das Passivhaus verbraucht während seiner Nutzung weniger Wärmeenergie als das Niedrigenergiehaus, womit der Mehraufwand für die graue Energie gerechtfertigt ist.

Das Passivhaus rentiert sich bei Betrachtung des Gesamtaufwands in Bezug auf das Treibhauspotential und den Primärenergiebedarf schon nach 20 Jahren. Der prozentuelle Unterschied liegt jedoch immer unter der 10% Marke.

Tabelle 8.2.11: Ergebnisse der Ökobilanz von Gesamtaufwand = graue Energie + rote Energie; Vergleich der Umweltwirkungen von PHEA zu NEHEA

graue und rote Energie	Treibhauspotential [kg CO ₂ /m ² NGFa]	Primärenergiebedarf [kWh/m ² NGFa]	Versauerungspotential [kgSO ₂ /m ² NGFa]
80 Jahre			
PH _{EA}	954,85	4031,3	2,12
NEH _{EA}	1007,6	4244,5	2,04
Delta Δ [%]	-5,5%	-5,3%	+3,9%
50 Jahre			
PH _{EA}	729,7	2892,7	1,59
NEH _{EA}	755,0	2997,3	1,545
Delta Δ [%]	-3,5%	-3,6%	+3,0%
20 Jahre			
PH _{EA}	500,3	1763,0	1,08
NEH _{EA}	505,3	1794,5	1,05
Delta Δ [%]	-1,0%	-1,8%	+2,8%

In der Variantenstudie Passivhaus zu Niedrigenergiehaus ergibt sich im Passivhaus eine Einsparung von Heizenergie von 45% und bei der elektrischen Energie eine Einsparung von 9%. Die Einsparung an CO₂-Emissionen beträgt 4-6% in einem Zeitraum von 50-80 Jahren.

In der Studie von Mahdavi (Mahdavi & Doppelbauer, 2010) verbraucht ein Passivhaus 65% weniger Heizenergie und 35% weniger elektrische Energie. Außerdem werden in dieser Studie CO₂-Emissionen von 25-40% eingespart. Es ist jedoch zu beachten, dass dort das Niedrigenergiehaus mit einem nur 10cm dicken Wärmedämmverbundsystem ausgestattet ist und der Haushaltsstrom bei dem Niedrigenergiehaus fast doppelt so hoch ist wie im Passivhaus.

In Mahdavis Studie beträgt der Treibhausgasausstoß des Passivhauses für Heizung und Strom 22,76 kgCO₂/m²a und nur für Strom 19,34 kgCO₂/m²a. Der Treibhausgasausstoß im Lodenareal beträgt im Gegensatz dazu 28,4 kgCO₂/m²a für Heizung und Strom und nur für Strom 22,9 kgCO₂/m²a.

Laut Treberspurg und Smutny (Treberspurg & Smutny, 2009) haben Passivhäuser in Österreich einen um durchschnittlich 43% geringeren Endenergieverbrauch (HW+WW).

Die vorliegende Studie zeigt, dass das Passivhaus beim Endenergieverbrauch 34% gegenüber dem Niedrigenergiehaus einspart.

9. Interpretation der Ergebnisse

Der Anteil der grauen Energie am Gesamtenergieaufwand beträgt in der Passivhaus-Wohnanlage Lodenareal **PH_{IST}** für den Öko-Indikator Treibhauspotential ca. 50%-60% und beim Öko-Indikator Primärenergiebedarf knapp 50%. Der beim Passivhaus erforderliche Mehraufwand an grauer Energie, bei einem konventionellen Gebäude sind dies immerhin nur 10-20%, führt zu einer erheblichen Reduktion des Heizenergieverbrauchs und der damit verbundenen Emissionen während der Nutzung. Erst nach 54 Jahren wird die graue Energie der Herstellung des Gebäudes von der roten Energie durch die Nutzung überschritten.

Die Materialwahl in einem Gebäude hat einen starken Einfluss auf die graue Energie des Gebäudes. Anhand der ersten Variantenstudie ist ersichtlich, dass eine durch **Holzbauweise** optimierte Variante eine bessere Ökobilanz aufweist, als das Passivhaus in Massivbauweise. Beim Treibhauspotential, dem Versauerungspotential und dem nicht erneuerbaren Primärenergiebedarf erzielt die Holzbauvariante bessere Ergebnisse als das Passivhaus in Betonbauweise, und das in allen Phasen seines Lebenszyklus. Zu beachten ist jedoch, dass der gesamte Primärenergiebedarf bei der Holzbauweise aufgrund der künstlichen Trocknung und der weiteren Bearbeitungsschritte von Holz höher ist.

Bei der Betrachtung der Ergebnisse der Holzbauvariante ist zu erwähnen, dass sich die **PH_{IST}** Variante und die Holzvariante B auch hinsichtlich ihrer Dämmung unterscheiden. In der Passivhaus-Wohnanlage Lodenareal kommt ein Wärmedämmverbundsystem mit EPS-Platten zum Einsatz, wohingegen beim Holzbau Mineralwolle eingebaut wird. Diese beiden Dämmstoffe unterscheiden sich deutlich in ihrer Ökologie. Hierbei ist ein Augenmerk auf die Rückbauphase und das Recycling des Dämmmaterials zu legen.

Bei einem Abbruch eines Gebäudes werden die Materialien oft stark vermischt und müssen unter viel Aufwand sortiert werden. Beim Recycling bleibt der Kohlenstoff im Kreislauf und es werden keine Treibhausgase emittiert. Der Dämmstoff **Mineralwolle** ist als mineralischer Rohstoff praktisch unbegrenzt vorhanden und die Umweltbelastung bei der Herstellung liegt hauptsächlich im Energieverbrauch, um die mineralischen Ausgangsstoffe aufzuschmelzen. Die Recyclingfähigkeit ist gut, da sie technisch gesehen wiederverwendet bzw. als Zuschlagstoff verwendet werden kann. Durch den geklemmten Einbau ist sie zerstörungsfrei und rein von anderen Materialien rückbaubar. Die Deponierung auf Deponien ist hierfür zulässig. Dämmungen aus **EPS** – Expandiertem Polystyrol – sind deutlich umweltbelastender. Polystyrol ist ein Erdöl-Raffinerieprodukt und kann bei der Herstellung belastend für die Umwelt sein. Recycling von Wärmedämmverbundsystemen mit EPS ist aufgrund des Verbundes, vor allem verklebte Verbindungen, mit vielen verschiedenen Materialien aufwendiger.

Oft erzielt jedoch EPS in Ökobilanzen umweltfreundlichere Ergebnisse als Mineralwolle, da Polystyrol über einen hohen Heizwert verfügt und daher als wertvoller Brennstoff für Abfallbehandlungsanlagen gilt. Durch die Möglichkeit der Verbrennung bekommt der umweltschädlichere Dämmstoff EPS Punkte in der Ökobilanz gutgeschrieben (Amtmann, et al., 2014). Daher ist es wichtig, ein genaues Augenmerk auf die Materialwahl und geeignete Produkte beim Bau eines Gebäudes zu richten.

Variante A gibt Aufschluss über den Einfluss der Leitungen in einem Passivhaus. Durch die große Anzahl an Leitungen und Rohren im Gebäude steigt deren Anteil an der grauen Energie aufgrund der hohen Wartungsarbeiten, stetig um einige Prozentpunkte. Daher sollte bereits in der Planungsphase von Gebäuden auf eine genaue Dimensionierung der Leitungen und Rohre geachtet werden.

Anhand der Ergebnisse der Variante A ist außerdem gut ersichtlich, dass die Instandsetzung von Materialien einen wesentlichen Anteil an der grauen Energie hat. Durch den Einbau von langlebigeren und weniger wartungsintensiven Materialien kann die graue Energie effizient gesenkt werden. Erhöht man die Lebensdauer der Materialien, hat das somit einen positiven Einfluss auf die Ökobilanz des Gebäudes.

Durch die Untersuchung der zweiten Variante (**Vergleich Passivhaus mit dem Niedrigenergiehaus**) wird aufgezeigt, dass das Gebäude im Passivhausstandard eine bessere Ökobilanz erzielt, als dasselbe Gebäude im Niedrigenergiehausstandard. Jedoch muss beachtet werden, dass das NEH in dieser Studie schon sehr gut gedämmt ist und einen sehr hohen Baustandard aufweist. Nur beim Versauerungspotential erzielt das Passivhaus aufgrund der dickeren Dämmung und des größeren Anteils an Leitungen im Gebäude um ca. 3% schlechtere Ergebnisse als das Niedrigenergiehaus.

Beim Vergleich PH mit NEH gestalten sich Vergleiche mit einschlägiger Literatur als schwierig. Aufgrund von unterschiedlichen Annahmen und Modellierungen der Gebäudetypen in anderen Studien sind die Werte mit dieser Studie nicht optimal zu vergleichen.

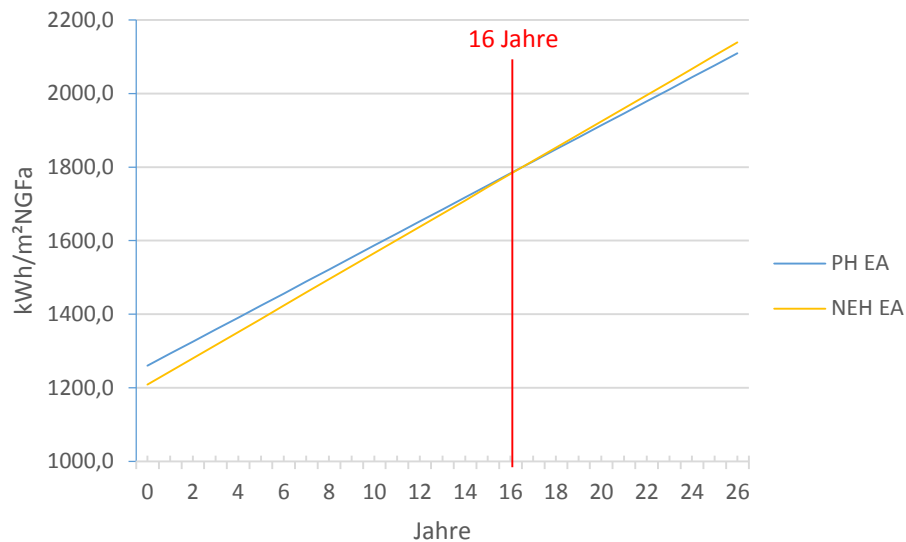


Abbildung 9.1: Break Even Point PH vs. NEH für Szenario 50 Jahre

In Abbildung 9.1 wird gezeigt, wann sich das Passivhaus gegenüber dem Niedrigenergiehaus bei Betrachtung des Primärenergieaufwands rentiert. Der Break Even Point für das Szenario 50 Jahre stellt sich nach 16 Jahren ein. Beim Öko-Indikator Treibhauspotential wird nach 19 Jahren der Break Even Point erreicht.

Zusammenfassend, performt das PH besser als das NEH. Dieser Unterschied ist jedoch in dieser Studie nicht sehr signifikant, da der Standard des modellierten NEH bereits sehr hoch ist. Eine Lebenszykluskosten und -benefits Berechnung wäre anzustreben, um eine ganzheitliche Bewertung zu erzielen. Dadurch können die Aspekte der Wirtschaftlichkeit als auch die Leistbarkeit im Zusammenhang mit der Ökobilanz evaluiert werden.

Der EEV im Passivhaus ist mit **61,33 kWh/m²NGFa (49,8 kWh/m²BGFa)** hoch im Vergleich zum errechneten EEB lt. Energieausweis. Der EEB im Energieausweis beträgt 35,25 kWh/m²BGF. Somit verbraucht die Wohnanlage 29% mehr Wärme als im Energieausweis festgelegt. Dadurch sind der Primärenergiebedarf um 14,4% und die Treibhausgasemissionen um 16,5% höher als im Energieausweis angegeben. Ein Grund dafür kann sein, dass die Verluste im Energieausweis oft zu optimistisch angesetzt sind. Reale Verluste sind in Wirklichkeit immer höher. Jedoch auch in der Studie von Treberspurg und Smutny (Treberspurg & Smutny, 2009) wurde ein Monitoring von Passivhauswohnanlagen in Wien durchgeführt. In dieser Studie lagen die Endenergieverbräuche der untersuchten Passivhäuser zwischen 30-40 kWh/m²BGF. Daraus kann man schließen, dass ein tatsächlicher Mehrenergieverbrauch in der Passivhaus-Wohnanlage Lodenareal besteht. Der höhere EEV kann mehrere Gründe haben. Die Bewohner der Wohnanlage heizen ihre Wohnungen zusätzlich um durchschnittlich +3° C auf

(lt. (Wagner, et al., 2012)). Außerdem kann sich ein zusätzlicher Heizwärmeverlust durch zusätzliches Fensterlüften der Nutzer einstellen.

Allgemein wird auf den hohen **Stromverbrauch** für Haushaltsanwendungen im Passivhaus aufmerksam gemacht. Das Verhältnis der Treibhauspotential-Emissionen der grauen vs. roten Energie inklusive dem Haushaltsstrom (AS+HS), bei einem Betrachtungszeitraum von 50 Jahren, beträgt **23% (GE) : 77% (RE)**. Das gleiche Verhältnis **ohne** den Haushaltsstrom aber beträgt **61 % (GE) : 39% (RE)**. Der Haushaltsstrom hat somit einen wesentlichen Einfluss auf den Gesamtenergieverbrauch und auf die Treibhausgasemissionen im Gebäude. Der Haushaltsstromverbrauch liegt im Einflussbereich der Wohnungsnutzer.

Im Sinne einer nachhaltigen Verringerung des Haushaltsstromverbrauchs sollte eine Bewusstseinssteigerung bei den Nutzern stattfinden und der Einsatz von energiesparenden Produkten ausgebaut werden. Es ist eine Anreizschaffung für eine energiesparende Nutzung notwendig. Da in Österreich vergleichsweise mit anderen EU-Ländern die Grundkosten (inkl. Steuer) der Stromversorgung hoch sind und der Strompreis selbst eher niedrig ausfällt, fehlen Anreize zum Sparen.

Eine solche Bewusstseinssteigerung bei den Bewohnern hinsichtlich des Stromverbrauchs könnte die Gründung von sogenannten **Energiegenossenschaften** erzielen. Dadurch haben die Beteiligten direkt die Möglichkeit etwas zum Klimaschutz beizutragen. Bei dieser Idee beteiligen sich die Bewohner einer lokalen oder politischen Einheit direkt oder indirekt finanziell an der Energieerzeugung oder -versorgung. Mit einer Energiegenossenschaft können sie gemeinschaftlich Energie erzeugen, Energie beziehen oder Energie verteilen und es wird dabei nach dem Kostendeckungsprinzip gearbeitet. Erwirtschaftete Erträge kommen den Mitgliedern zugute. Wird nun beispielsweise eine Solaranlage am Gebäude installiert, sind die Bewohner an den Erträgen beteiligt und können durch die Stromüberschüsse Gewinne durch Rückspeisung ins Netz erwirtschaften. Somit sind die Wohnungsnutzer direkt in den Prozess der Stromerzeugung und des Stromverbrauchs eingebunden und durch die Möglichkeit der Erwirtschaftung eines Gewinns durch Rückspeisung wird ein Anreiz zu Energieeinsparung geschaffen. (Fliegler & Lange, 2012) Gerade in Österreich stößt man bei Gründungen von (Bürger-)Energiegenossenschaften leider noch auf viele rechtliche Hürden die es zu überwinden gilt. Einige dieser Hürden in Österreich können die Sicherung von Einspeisetarifen, der Netzanschluss und die steuerlichen Hürden sein. (Wahlmüller, 2015)

Literaturverzeichnis

- Amtmann, M. et al., 2014. *Dämmstoffe richtig eingesetzt. Eignung, Anwendung und Umweltverträglichkeit von Dämmstoffen*. Wien: Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft.
- DIN 276-1, 2008. *Kosten im Bauwesen - Teil 1: Hochbau*. Berlin: Deutsches Institut für Normung.
- DIN EN ISO 14040, 2009. *Umweltmanagement - Ökobilanz - Grundsätze und Rahmenbedingungen (ISO 14040:2006)*. Berlin: Deutsches Institut für Normung.
- DIN EN ISO 14044, 2006. *Umweltmanagement - Ökobilanz - Anforderungen und Anleitungen (ISO 14044:2006)*. Berlin: Deutsches Institut für Normung.
- energie:bewusst Kärnten, 2010. *Zeitgemäß Sanieren. Vom Althaus zum Niedrigenergiehaus*. Klagenfurt: energie:bewusst Kärnten.
- Fliegler, B. & Lange, R., 2012. *Bürger machen Energie. In sieben Schritten zur Energiegenossenschaft. Energiegenossenschaften gründen*. Ministerium für Wirtschaft, Klimaschutz, Energie und Landesplanung Rheinland Pfalz.
- Gustavsson, L. & Joelsson, A., 2010. Life cycle primary energy analysis of residential buildings. *Energy and Buildings* 42 (2010) , pp. 210-220.
- Karabacsek, G., 2015. Vorwort. In: *50 Innovative Buildings of Austria 2015*. Wien: innovative_gebäude, p. 5.
- Kislinger, J., 2015. Vorwort. In: *50 Innovative Buildings of Austria 2015*. Wien: innovative_gebäude, p. 6.
- Klimatherm GmbH, 2009. *Passivhaus Lodenareal in Innsbruck*. Zirl: Klimatherm GmbH.
- König, H., Kohler, N., Kreißig, J. & Lützkendorf, T., 2009. *Lebenszyklusanalyse in der Gebäudeplanung. Grundlagen. Berechnung. Planungswerkzeuge*. München: Ed. Detail - Inst. für Internat. Architektur-Dokumentation.
- König, H. & Mandl, W., 2012. Wissen Wiki. [Online] Available at: www.wissenwiki.de/LEGEP [Zugriff im Oktober 2015].
- Kovacic, I., 2014. *Lebenszykluskosten- und Analyse*. TU Wien: Unveröffentlichte Lehrmittelunterlagen.
- Lang Consulting, 2015. *LANG consulting. Passivhäuser - Innovative Baukonzepte für Alt- und Neubau*. [Online] Available at: <http://www.langconsulting.at/index.php/de/das-passivhaus/geschichte-des-passivhaus> [Zugriff im Oktober 2015].
- Lückmann, R., 2008. *Baudetail-Atlas Energieeffiziente Gebäude - Passivhäuser. Energiesparende Konstruktionsdetails aktueller EnEV: innovative Lösungen und aktuelle Kennwerte von ausgewählten Projekten*. Kissing: WEKA.
- Mahdavi, A. & Doppelbauer, E.-M., 2010. A performance comparison of passive and low-energy buildings. *Energy and Buildings* 42 (2010), pp. 1314-1319.
- Neue Heimat Tirol, 2008. *Innsbruck - General-Eccher-Straße (IN145). Wohnanlage mit 189 Mietwohnungen. 2 Zimmerwohnungen*. Innsbruck: Neue Heimat Tirol.
- Neue Heimat Tirol, 2009. *Buch_Lodenareal_IS*. Innsbruck: Neue Heimat Tirol.

- OIB-Richtlinie 6, Erläuternde Bemerkungen, 2015. *Energieeinsparung und Wärmeschutz. OIB-Leitfaden Energietechnisches Verhalten von Gebäuden. OIB-330.6-010/15*. Wien: Österreichisches Institut für Bautechnik.
- OIB-Richtlinie 6, 2015. *Energieeinsparung und Wärmeschutz. OIB-330.6-009/15*. Wien: Österreichisches Institut für Bautechnik.
- ÖNORM B 1801-1, 2009. *Bauprojekt- und Objektmanagement Teil 1: Objekterrichtung*. Wien: Österreichisches Normungsinstitut.
- ÖNORM B 1801-2, 2011. *Bauprojekt- und Objektmanagement Teil 2: Objekt-Folgekosten*. Wien: Österreichisches Normungsinstitut.
- ÖNORM B 8110-1, 2011. *Wärmeschutz im Hochbau Teil 1: Deklaration des Wärmeschutzes von Niedrig- und Niedrigstenergiegebäuden - Heizwärmebedarf und Kühlbedarf*. Wien: Österreichisches Normungsinstitut (ON).
- ÖNORM H 5055, 2011. *Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden. Begleitende Dokumente zum Energieausweis*. Wien: Österreichisches Normungsinstitut.
- Passivhaus Institut, 2015. *passiv.de*. [Online] Available at: <http://passiv.de/> [Zugriff im Juli 2015].
- Ploss, M., 2015. *Energetische Bewertung hocheffizienter Gebäude. Nachweisverfahren und Anforderungsniveau für das Programm klima:aktiv Bauen und Sanieren*. Wien: ÖGUT GmbH - Österreichische Gesellschaft für Umwelt und Technik.
- Ramesh, T., Prakash, R. & Shukla, K., 2010. Life cycle energy analysis of buildings: An overview. *Energy and Buildings* 42 (2010), pp. 1592-1600.
- Richarz, C. & Schulz, C., 2011. *Energetische Sanierung. Grundlagen, Details, Beispiele*. München: Ed. Detail - Inst. für Internat. Architektur-Dokumentation.
- Schuß, M., 2004. *Life-Cycle-Analyse von Passivhäusern. Diplomarbeit. Technische Universität Wien*. Wien: TU Wien.
- Thormark, C., 2002. A low energy building in a life cycle – its embodied energy, energy need for operation and recycling potential. *Building and Environment* 37 (2002), pp. 429-435.
- Treiberspurg, M. & Smutny, R., 2009. *Nachhaltigkeits-Monitoring ausgewählter Passivhaus-Wohnanlagen in Wien*. Endbericht, Wien: Universität für Bodenkultur Wien (BOKU).
- Wagner, W. et al., 2012. *Forschungsprojekt Passivhauswohnanlage Lodenareal. Endbericht*. Gleisdorf: Energie Tirol.
- Wahlmüller, J., 2015. *Bürgerbeteiligungsmodelle bei erneuerbaren Energien in Österreich, Deutschland und Großbritannien. Diplomarbeit. Technische Universität Wien*. Wien: TU Wien.
- WEKA MEDIA, 2015. Weka Bausoftware. [Online] Available at: <http://www.weka-bausoftware.de/immobilien/leget-effizienz/leget.html> [Zugriff im Oktober 2015].
- Wind, G. & Heschl, C., 2008. *Graue Energie - ein wesentlicher Faktor zur Energieoptimierung von Gebäuden*, Eisenstadt, Pinkafeld: Studienzentrum Pinkafeld.

Abbildungsverzeichnis

Alle hier nicht eigens nachgewiesenen Abbildungen stammen von der Autorin.

Abbildung 1.1: Zusammensetzung von grauer und roter Energie im Forschungsprojekt und die daraus ausgewerteten Indikatoren der Ökobilanz	5
Abbildung 3.1: Luftaufnahme vom Wohnareal Lodenareal in Innsbruck; rot gekennzeichnet ist der in dem Forschungsprojekt betrachtete Wohnkomplex (Neue Heimat Tirol, 2009)	8
Abbildung 3.2: Grundriss Erdgeschoß des betrachteten Komplexes (Neue Heimat Tirol, 2008)	9
Abbildung 3.3: Plan einer Standard 2-Zimmerwohnung im Passivhauskomplex (Neue Heimat Tirol, 2008).....	10
Abbildung 4.1: Heizwärmeeinsparung eines Passivhauses gegenüber einem Niedrigenergiehaus (Passivhaus Institut, 2015)	12
Abbildung 4.2: Grundsätze für Passivhäuser (Passivhaus Institut, 2015)	14
Abbildung 4.3: Lebenszyklus eines Gebäudes, (S. Runkel, ATP sustain).....	15
Abbildung 4.4: Umweltwirkung des Treibhauspotentials, (S. Runkel, ATP sustain)	16
Abbildung 4.5: Umweltwirkung des Versauerungspotential, (S. Runkel, ATP sustain).....	16
Abbildung 4.6: Eingabemaske von LEGEP – Programmpunkt Projektbeschreibung	18
Abbildung 4.7: Ergebnismaske Programmpunkt Ökobilanzierung in LEGEP – Ergebnisse der Wirkungsbilanz.....	19
Abbildung 5.1: Studie über die Passivhausdichte in Wien 2009 (Treberspurg & Smutny, 2009)	21
Abbildung 5.2: Vergleich von Endenergieverbräuchen - Planwerte in grau und gemessene Verbrauchswerte in grün bei Passivhäusern und Niedrigenergiehäusern (Treberspurg & Smutny, 2009)	24
Abbildung 5.3: Vergleich von Verbräuchen - Mittelwerte von NEH und PH mit unterschiedlichen Baujahren - für Raum- und Warmwasser exkl. Strom für Pumpen und Ventilatoren (Treberspurg & Smutny, 2009)	25
Abbildung 6.1: Kostengruppengliederung nach DIN 276-1 links und nach ÖNORM 1801-1 rechts (I. Kovacic, TU Wien).....	27
Abbildung 6.2: folgende Bestandteile der grauen Energie und der roten Energie werden in den Phasen des Lebenszyklus des Gebäudes betrachtet	27

Abbildung 6.3: Gliederung der Auswertung der Ökobilanz vom Passivhaus Lodenareal	28
Abbildung 7.1: Lageskizze Lodenareal in Innsbruck, Tirol; rot gekennzeichnet ist der betrachtete Wohnkomplex für die Fallstudie (Neue Heimat Tirol, 2009)	33
Abbildung 7.2: Untersuchungsrahmen – bilanziertes Gebäude Haus A-E blau gekennzeichnet	34
Abbildung 7.3: Stiegenhaus A mit seinen drei Wohnungen in grün und den Balkonen in blau	35
Abbildung 7.4: Skizze zur Darstellung der räumlichen Systemgrenzen der Bilanzierung	36
Abbildung 7.5: modifizierte Geschosdecke unter Erdgeschoß - Links: Bodenaufbau unter EG real, Rechts: fiktiver Bodenaufbau unter EG, aus Anhang 1-2 Aufbauten Katalog.....	37
Abbildung 7.6: Lüftungsplan einer Standardwohnung im Passivhaus (Klimatherm GmbH, 2009, p. 22).....	38
Abbildung 7.7: Schnitt Außenwand Passivhaus-Wohnanlage Lodenareal –	41
Abbildung 7.8: Warmdach Passivhaus-Wohnanlage Lodenareal – Dämmstärke bis zu 46 cm (Klimatherm GmbH, 2009, p. 30).....	41
Abbildung 7.9: Aufbauten der Gebäudehülle – Links: Außenwandaufbau; Mitte: Dachaufbau; Rechts: Geschosdecke zu unkonditioniertem Untergeschoß, aus Anhang 1-2 Aufbauten Katalog	42
Abbildung 7.10: Leitungen der Fußbodenheizung im Fensterbereich (Klimatherm GmbH, 2009, p. 11)	43
Abbildung 7.11: erfasste Lüftungsleitungen für Variante A (Klimatherm GmbH, 2009, p. 21).....	44
Abbildung 8.1: Variante 1 – Passivhaus Ist-Zustand im Vergleich mit Variante A inkl. Rohre/Sanitär und mit der Optimierungsvariante Holzvariante B.....	46
Abbildung 8.2: Variante 2 – Modifikation des Ist-Zustands für einen Vergleich zwischen einem Passivhaus und einem Niedrigenergiehaus	47
Abbildung 8.3: Treibhauspotential von PH_{IST} – Gegenüberstellung von grauer Energie und roter Energie über einen Zeitraum von 20, 50 und 80 Jahren. Die rote Energie ist unterteilt in Wärme, Allgemeinstrom und Haushaltsstrom.	51
Abbildung 8.4: Primärenergiebedarf von PH_{IST} – Gegenüberstellung von grauer Energie und roter Energie über einen Zeitraum von 20, 50 und 80 Jahren. Die rote Energie ist unterteilt in Wärme, Allgemeinstrom und Haushaltsstrom.	52
Abbildung 8.5: graue Energie – Treibhauspotential über 50 Jahre für Variante A und PH_{IST}	56

Abbildung 8.6: graue Energie – Primärenergiebedarf über 50 Jahre Variante A und Basisvariante B	56
Abbildung 8.7: Einfluss der Leitungen am Treibhauspotential des gesamten Gebäudes über die Jahre	57
Abbildung 8.8: Einfluss der Leitungen am Versauerungspotential nach 20 Jahren	58
Abbildung 8.9: Einfluss der Leitungen am Primärenergiebedarf nach 20 Jahren	58
Abbildung 8.10: Grün gekennzeichnete Bauteile (Fassade und Balkone) sind in der Holzvariante B im Gegensatz zu PH _{IST} hinsichtlich ihrer Materialwahl verändert worden	60
Abbildung 8.11: angesetzte Außenwand- und Balkonaufbauten der Holzvariante B in grün umrandet.....	61
Abbildung 8.12: Treibhauspotential – graue vs. rote Energie – PH _{IST} und Holzvariante B für 20, 50 und 80 Jahre	63
Abbildung 8.13: Primärenergiebedarf – graue vs. rote Energie – PH _{IST} und Holzvariante B für 20, 50 und 80 Jahre	63
Abbildung 8.14: Versauerungspotential – graue vs. rote Energie – PH _{IST} und Holzvariante B für 20, 50 und 80 Jahre	63
Abbildung 8.15: Treibhauspotential – graue Energie – PH _{IST} und Holzvariante B für 20, 50 und 80 Jahre.....	64
Abbildung 8.16: Primärenergiebedarf – graue Energie – PH _{IST} und Holzvariante B für 20, 50 und 80 Jahre	64
Abbildung 8.17: Versauerungspotential – graue Energie – PH _{IST} und Holzvariante B für 20, 50 und 80 Jahre	64
Abbildung 8.18: Unterteilung des gesamten Primärenergiebedarfs in erneuerbaren und nicht erneuerbaren Anteil; Vergleich PH _{IST} mit Holzvariante B über 20, 50 und 80 Jahre...	65
Abbildung 8.19: Treibhauspotential von PH _{EA} – Gegenüberstellung von grauer Energie und roter Energie über einen Zeitraum von 20, 50 und 80 Jahren. Die Rote Energie ist unterteilt in Wärme, Allgemeinstrom und Haushaltsstrom.	73
Abbildung 8.20: Primärenergiebedarf von PH _{EA} – Gegenüberstellung von grauer Energie und roter Energie über einen Zeitraum von 20, 50 und 80 Jahren. Die Rote Energie ist unterteilt in Wärme, Allgemeinstrom und Haushaltsstrom.	74
Abbildung 8.21: Veränderungen in der Ökobilanz an PH _{EA} zur Erstellung der Variante NEH _{EA}	75

Abbildung 8.22: theoretische Vorgangsweise bei Berechnung des Allgemiestroms für NEH_{EA} .	76
Abbildung 8.23: Gegenüberstellung der Eingabewerte für die Ökobilanzierung von Basisvariante B und Variante NEH; PH_{EA} mit Zu- und Abluft und WRG und NEH_{EA} nur Abluft aus Bad/Küche ohne WRG	77
Abbildung 8.24: Treibhauspotential – graue vs. rote Energie – PH_{EA} und NEH_{EA} für 20,50 und 80 Jahre	79
Abbildung 8.25: Primärenergiebedarf – graue vs. rote Energie – PH_{EA} und NEH_{EA} für 20,50 und 80 Jahre	79
Abbildung 8.26: Versauerungspotential – graue vs. rote Energie – PH_{EA} und NEH_{EA} für 20,50 und 80 Jahre	79
Abbildung 8.27: Treibhauspotential – graue Energie – PH_{EA} und NEH_{EA} für 20, 50 und 80 Jahre	80
Abbildung 8.28: Primärenergiebedarf – graue Energie – PH_{EA} und NEH_{EA} für 20, 50 und 80 Jahre	80
Abbildung 8.29: Versauerungspotential – graue Energie – PH_{EA} und NEH_{EA} für 20, 50 und 80 Jahre	80
Abbildung 9.1: Break Even Point PH vs. NEH für Szenario 50 Jahre	85

Tabellenverzeichnis

Tabelle 7.2.1: erfasste Verbrauchswerte im Passivhaus-Wohnanlage Lodenareal Haus A-E bezogen auf NGFa.....	45
Tabelle 8.1.1: Ergebnisse der Ökobilanzierung von PH _{IST} – ohne Rohre und Sanitäranlagen Nutzung = Wärme + Allgemeinstrom über einen Bilanzierungszeitraum von 20, 50 und 80 Jahren.....	49
Tabelle 8.1.2: Ergebnisse der Ökobilanzierung von PH _{IST} – ohne Rohre und Sanitäranlagen Nutzung = Wärme + Allgemeinstrom + Haushaltsstrom über einen Bilanzierungszeitraum von 20, 50 und 80 Jahren.....	50
Tabelle 8.1.3: Gegenüberstellung der grauen zur roten Energie von PH _{IST} – Treibhauspotential	51
Tabelle 8.1.4: Gegenüberstellung der Grauen zur Roten Energie von PH _{IST} – vom Primärenergiebedarf.	52
Tabelle 8.1.5: Ergebnisse der Ökobilanzierung von Variante A – inklusive Rohre und Sanitäranlagen Nutzung = Wärme + Allgemeinstrom über einen Bilanzierungszeitraum von 20, 50 und 80 Jahren.....	55
Tabelle 8.1.6: Gegenüberstellung der Ergebnisse der grauen Energie von Variante A und PH _{IST} ; ausgewertet sind das Treibhauspotential und der Primärenergiebedarf nach 50 Jahren.....	59
Tabelle 8.1.7: Ergebnisse der Ökobilanzierung von Holzvariante B Nutzung = Wärme + Allgemeinstrom über einen Bilanzierungszeitraum von 20, 50 und 80 Jahren.....	62
Tabelle 8.1.8: Gegenüberstellung der Ergebnisse der Ökobilanz für PH _{IST} und Holzvariante B; verglichen wird die gesamte Energie = graue Energie + rote Energie in den Betrachtungszeiträumen 20, 50, und 80 Jahren. Der Delta-Wert zeigt die Ersparnis oder den Extraaufwand der Holzvariante auf.....	66
Tabelle 8.2.1: Werte aus dem Energieausweis des Wohnareals Lodenareal Haus A-E bezogen auf BGFa	67
Tabelle 8.2.2: Aufteilung des realen Verbrauchs in WWWB und HWB des Wohnareals Lodenareal Haus A-E bezogen auf BGFa	68
Tabelle 8.2.3: in PH _{EA} angesetzte Endenergiebedarfswerte für Wärme, Allgemeinstrom und Haushaltsstrom	70
Tabelle 8.2.4: Darstellung der Gliederung der Auswertung der Ergebnisse der roten Energie	70

Tabelle 8.2.5: Ergebnisse der Ökobilanzierung vom PH_{EA} inkl. Rohre/Sanitär Nutzung = Wärme + Allgemeinstrom über einen Bilanzierungszeitraum von 20, 50 und 80 Jahren.....	71
Tabelle 8.2.6: Ergebnisse der Ökobilanzierung vom PH_{EA} inkl. Rohre/Sanitär Nutzung = Wärme + Allgemeinstrom + Haushaltsstrom über einen Bilanzierungszeitraum von 20, 50 und 80 Jahren.....	72
Tabelle 8.2.7: Gegenüberstellung der grauen zur roten Energie von PH_{IST} vom Treibhauspotential	73
Tabelle 8.2.8: Gegenüberstellung der grauen zur roten Energie von PH_{EA} vom Primärenergiebedarf	74
Tabelle 8.2.9: Ergebnisse der Ökobilanzierung vom NEH_{EA} inkl. Sanitäranlagen und 70% der Rohre von PH_{EA} Nutzung = Wärme + Allgemeinstrom über einen Bilanzierungszeitraum von 20, 50 und 80 Jahren.....	78
Tabelle 8.2.10: Einsparung an schädlichen Umwelteinflüssen durch Reduzieren der Dämmung und Anpassen der Rohre von PH_{EA} zu NEH_{EA}	81
Tabelle 8.2.11: Ergebnisse der Ökobilanz von Gesamtaufwand = graue Energie + rote Energie; Vergleich der Umweltwirkungen von PH_{EA} zu NEH_{EA}	82

Anhang

Anhang 1 Planung

Anhang 1-1 Übersichtspläne IN145

Anhang 1-2 Aufbauten Katalog

Anhang 1-3 Details

Anhang 2 Energieausweis und PHPP

Anhang 2-1 Energieausweis Haus A-E

Anhang 2-2 Passivhausnachweis Haus A-E

Anhang 3 Haustechnikplanung

Anhang 3-1 Ausschnitt Grundriss Haustechnikplan (Klimatherm)

Anhang 3-2 Ausschnitt Schnitt Haustechnikplan (Klimatherm)

Anhang 3-3 Zählerlaufplan

Anhang 4 Bauteiltermittlung

Anhang 4-1 Materialkennwerte

Anhang 4-2 Haustechnikkenwerte

Anhang 5 Verbrauchswerte für Rote Energie

Anhang 5-1 Verbrauchswerte PH_{IST}

Anhang 5-2 Ökobilanzierung Rote Energie PH_{IST}

Anhang 1

PLANUNG

Anhang 1-1 Übersichtspläne IN145

Anhang 1-2 Aufbauten Katalog

Anhang 1-3 Details



IN 145 - Wohnbebauung Lodenareal Lageplan

Architekturwerkstatt din a4
Ziviltechniker
GmbH

Museumstrasse 23/2
A 6020 Innsbruck

tel + 43 (0)512 560 563
fax + 43 (0)512 560 563-10

neue heimat tirol
gemeinnützige wohnungs- und siedlungsgesellschaft
gesmbh
gumpfstrasse 47 6023 innsbruck
Tel. +43 512 330 - 0 Fax +43 0512 0330 - 369



architekten@din-a4.at
www.din-a4.at

din a4



IN 145 - Wohnbebauung Lodenareal Untergeschoss - Tiefgarage

Architekturwerkstatt din a4
Ziviltechniker
GmbH

Museumstrasse 23/2
A 6020 Innsbruck

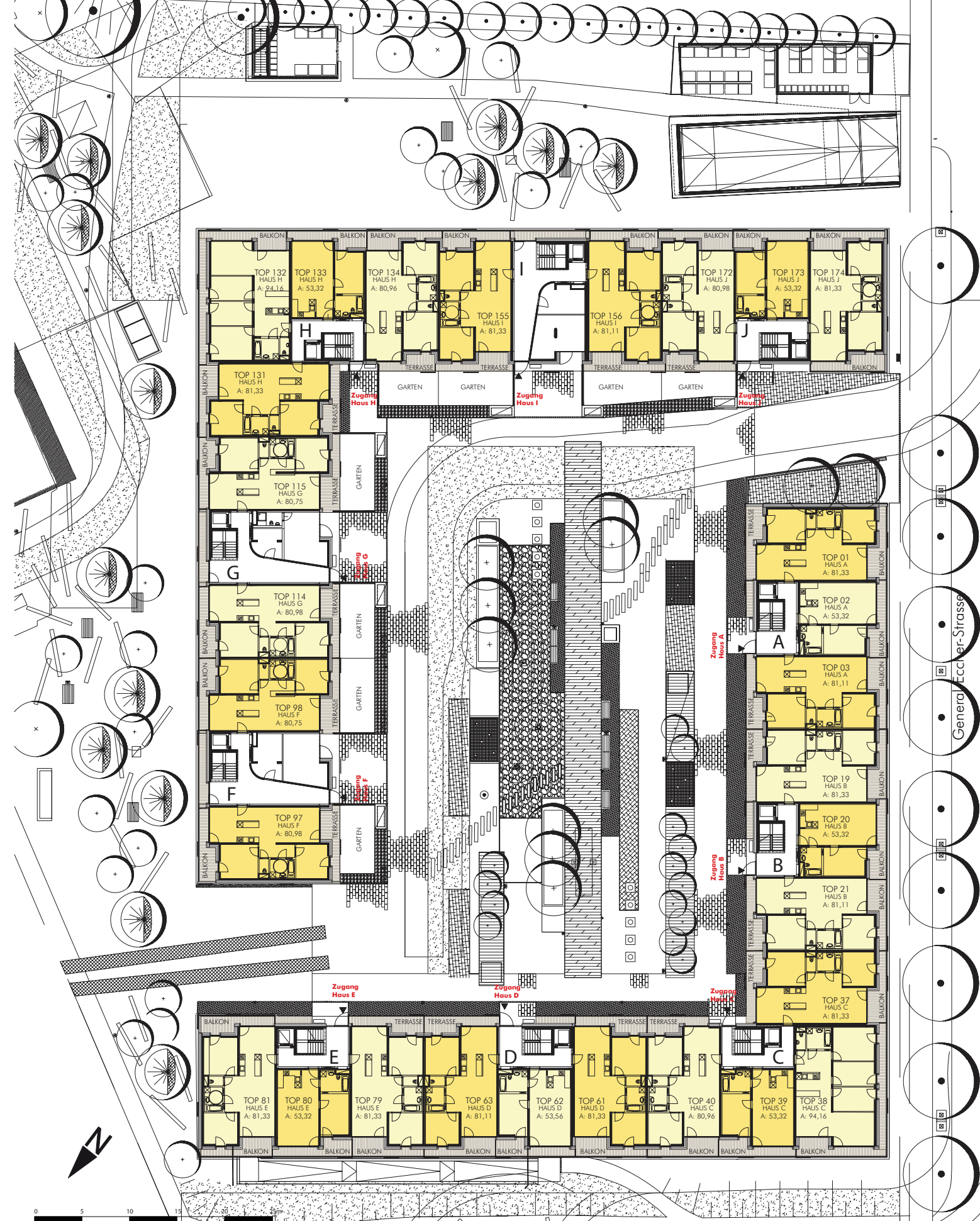
tel + 43 (0)512 560 563
fax + 43 (0)512 560 563-10

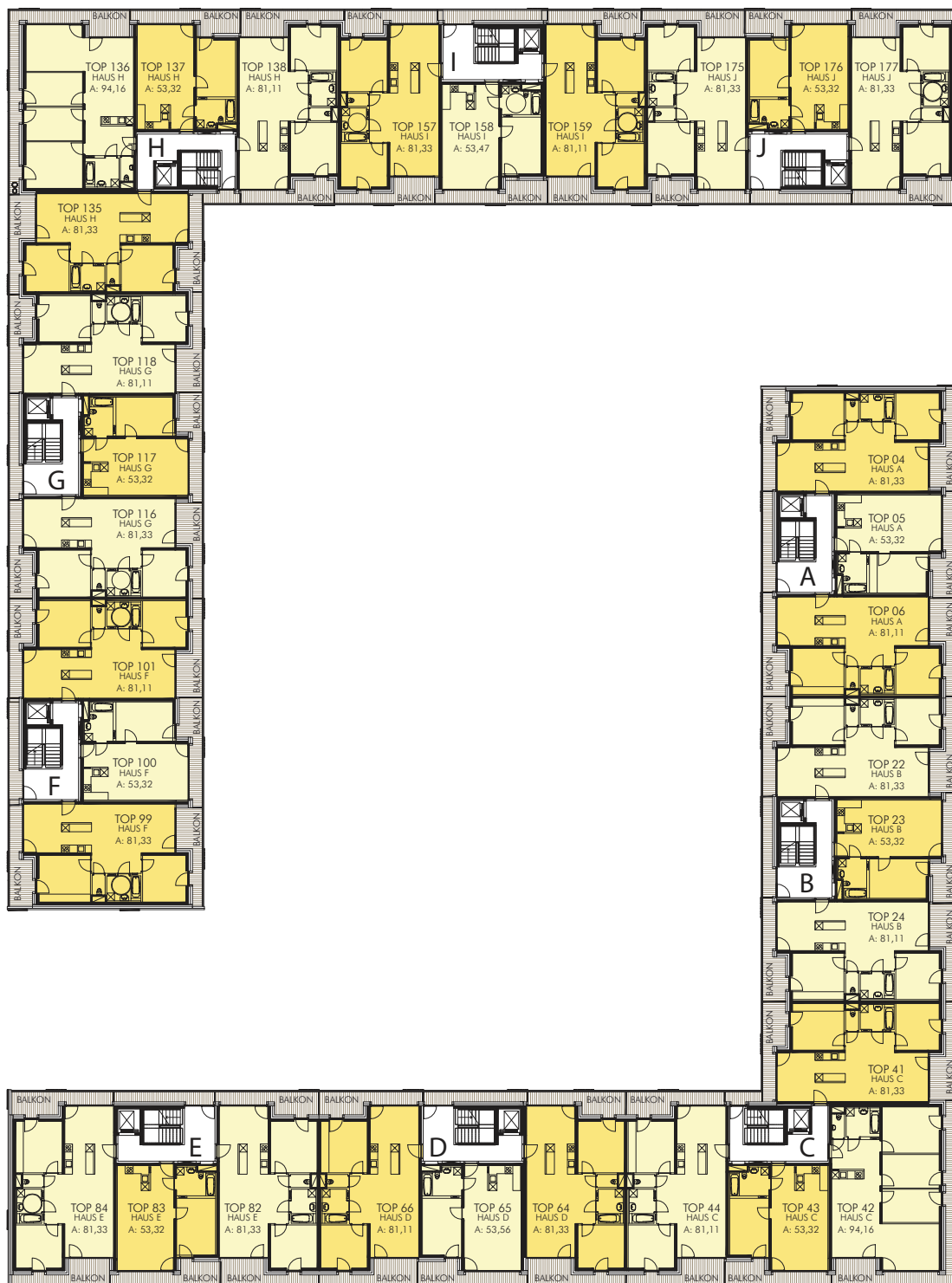
neue heimat tirol
gemeinnützige wohnungs- und siedlungsgesellschaft
gesmbh
gumpfstraße 47 6023 innsbruck
Tel. +43 512 330 - 0 Fax +4305120330 - 369



din a4

architekten@din-a4.at
www.din-a4.at





General-Eccher-Strasse

IN 145 - Wohnbebauung Lodenareal 1. Obergeschoss

neue heimat tirol

gemeinnützige wohnungs- und siedlungsgesellschaft
gesmbh
gumpfstraße 47 6023 innsbruck
Tel.+43 512 330 - 0 Fax +4305120330 - 369



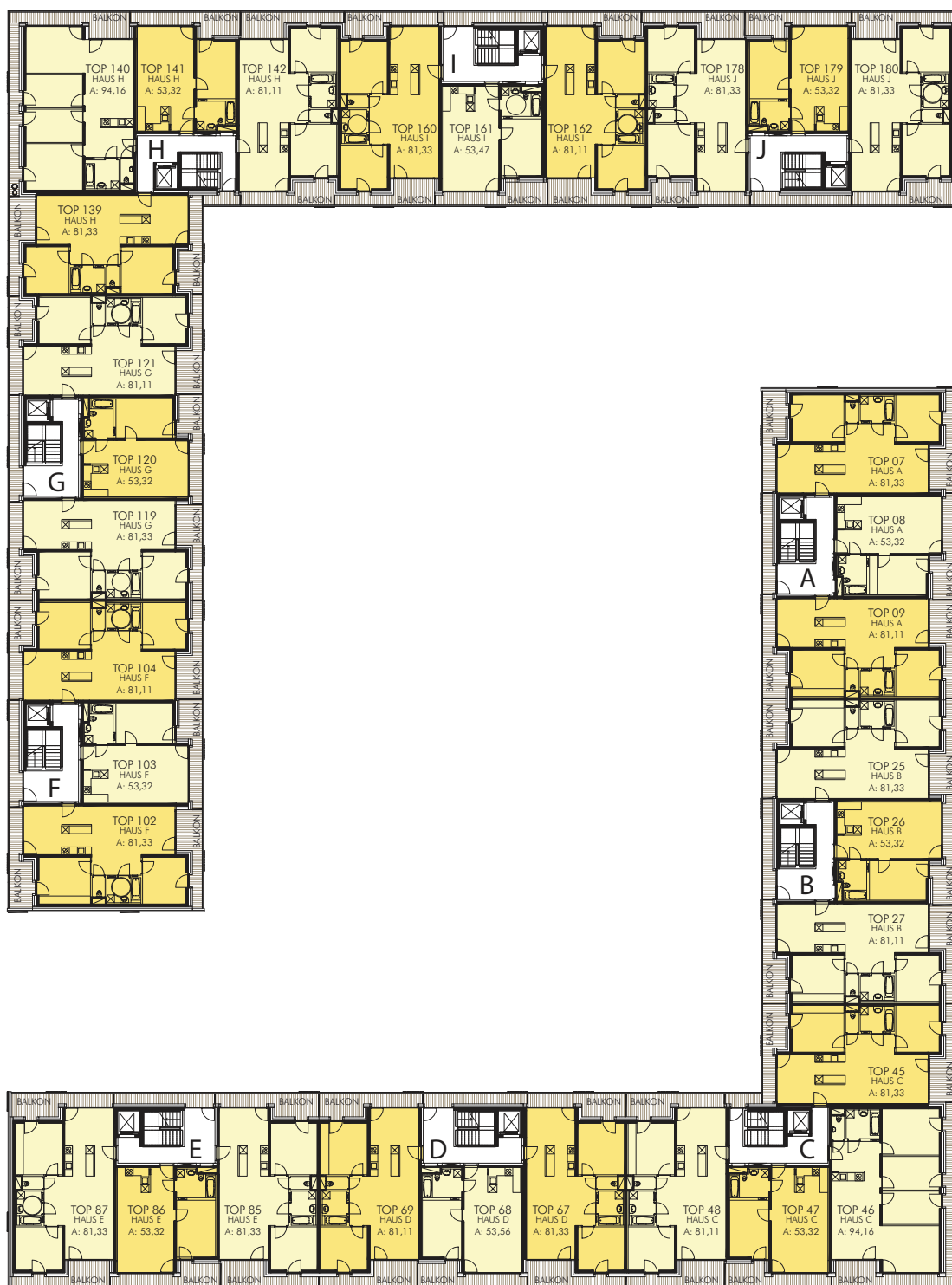
Architekturwerkstatt din a4
Ziviltechniker
GmbH

Museumstrasse 23/2
A 6020 Innsbruck

tel + 43 (0)512 560 563
fax + 43 (0)512 560 563-10

architekten@din-a4.at
www.din-a4.at

din a4



General-Eccher-Strasse

IN 145 - Wohnbebauung Lodenareal 2. Obergeschoss

neue heimat tirol
gemeinnützige wohnungs- und siedlungsgesellschaft
gesmbh
gumpfstraße 47 6023 innsbruck
Tel.+43 512 330 - 0 Fax +4305120330 - 369



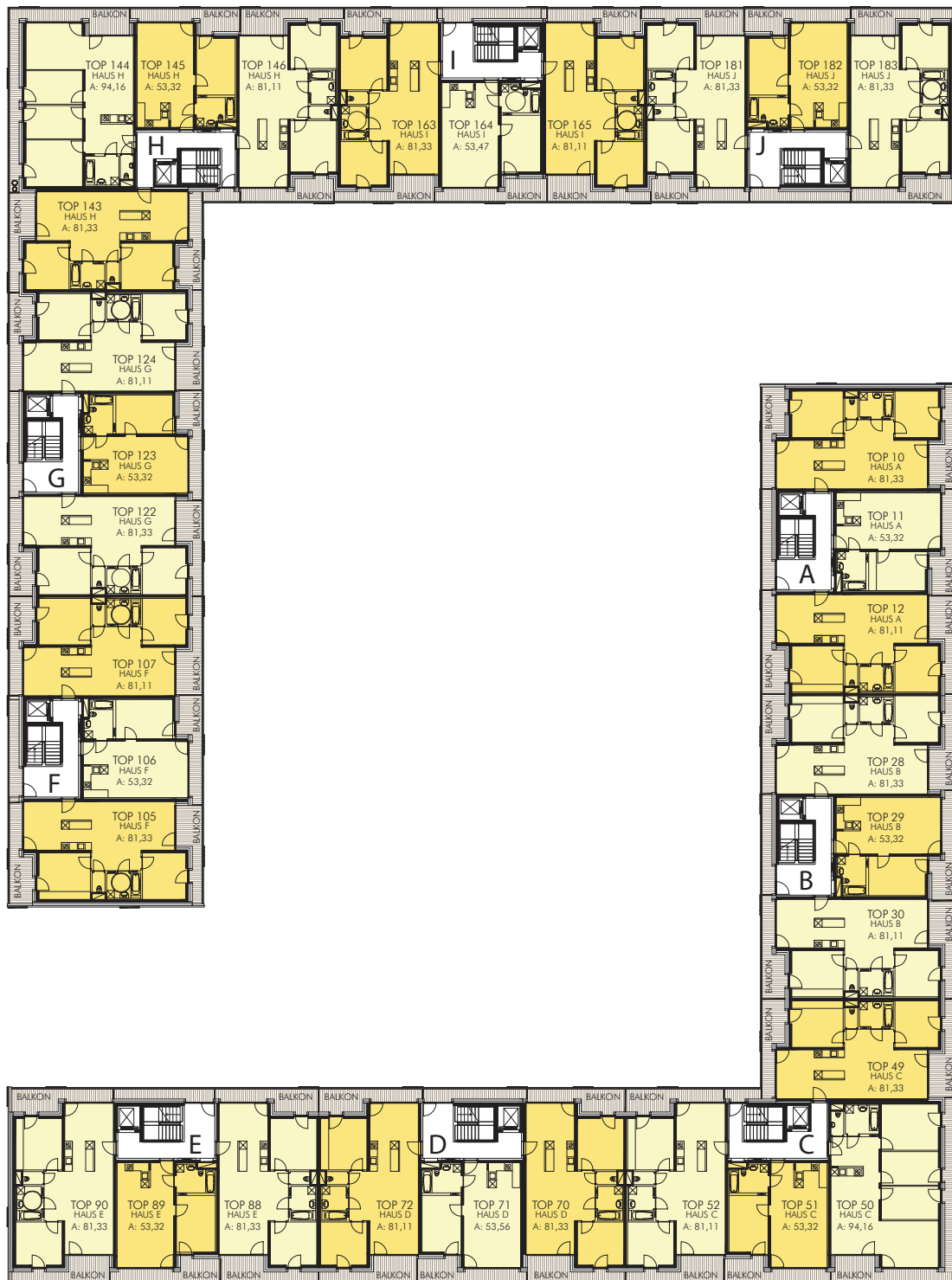
Architekturwerkstatt din a4
Ziviltechniker
GmbH

Museumstrasse 23/2
A 6020 Innsbruck

tel + 43 (0)512 560 563
fax + 43 (0)512 560 563-10

architekten@din-a4.at
www.din-a4.at

din a4



General-Eccher-Strasse

IN 145 - Wohnbebauung Lodenareal 3. Obergeschoss

neue heimat tirol
gemeinnützige wohnungs- und siedlungsgesellschaft
gesmbh
gumpfstraße 47 6023 innsbruck
Tel.+43 512 330 - 0 Fax +4305120330 - 369



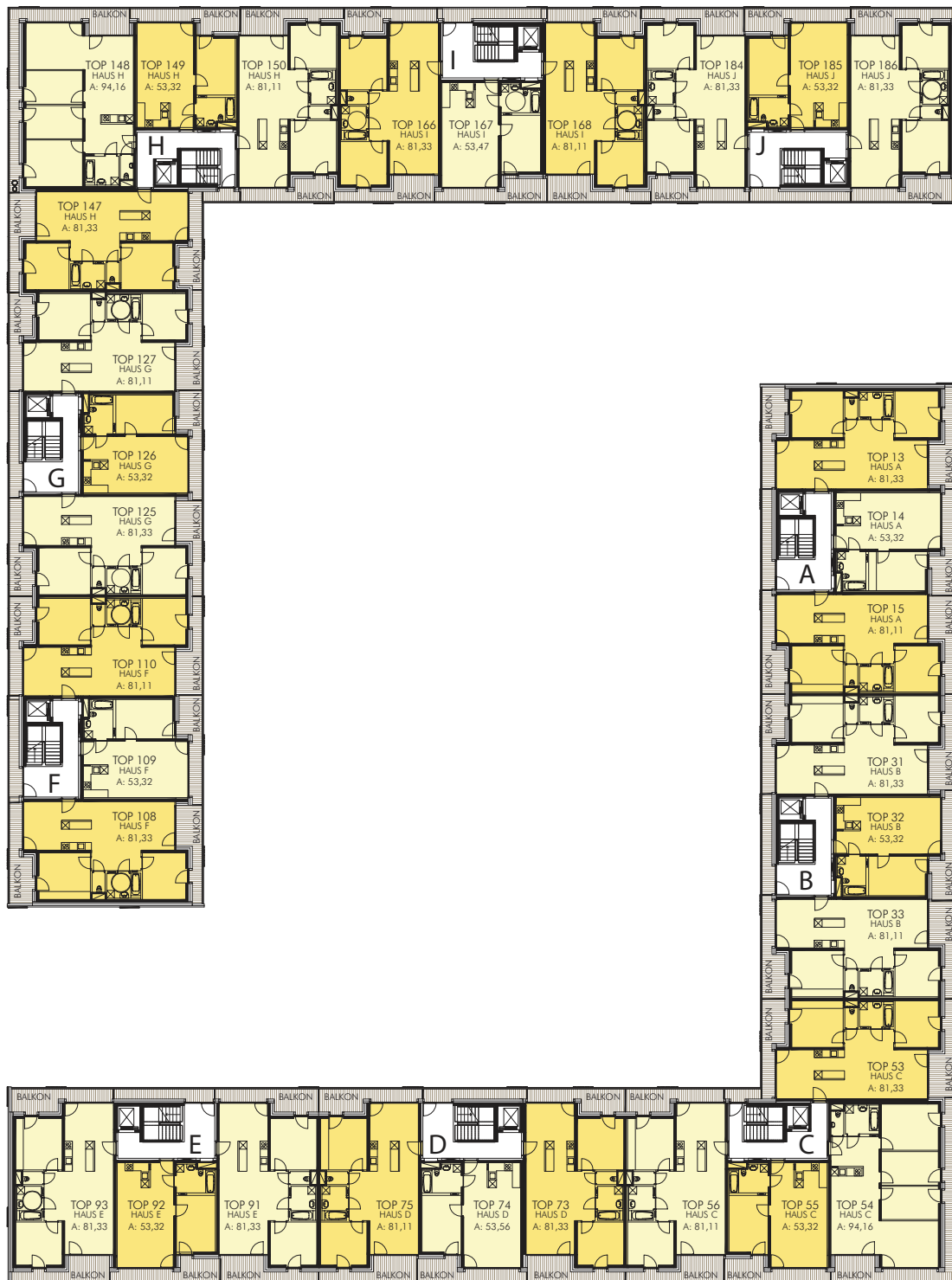
Architekturwerkstatt din a4
Ziviltechniker
GmbH

Museumstrasse 23/2
A 6020 Innsbruck

tel + 43 (0)512 560 563
fax + 43 (0)512 560 563-10

architekten@din-a4.at
www.din-a4.at

din a4



General-Eccher-Strasse

IN 145 - Wohnbebauung Lodenareal 4. Obergeschoss

neue heimat tirol

gemeinnützige wohnungs- und siedlungsgesellschaft
gesmbh
gumpfstraße 47 6023 innsbruck
Tel.+43 512 330 - 0 Fax +4305120330 - 369



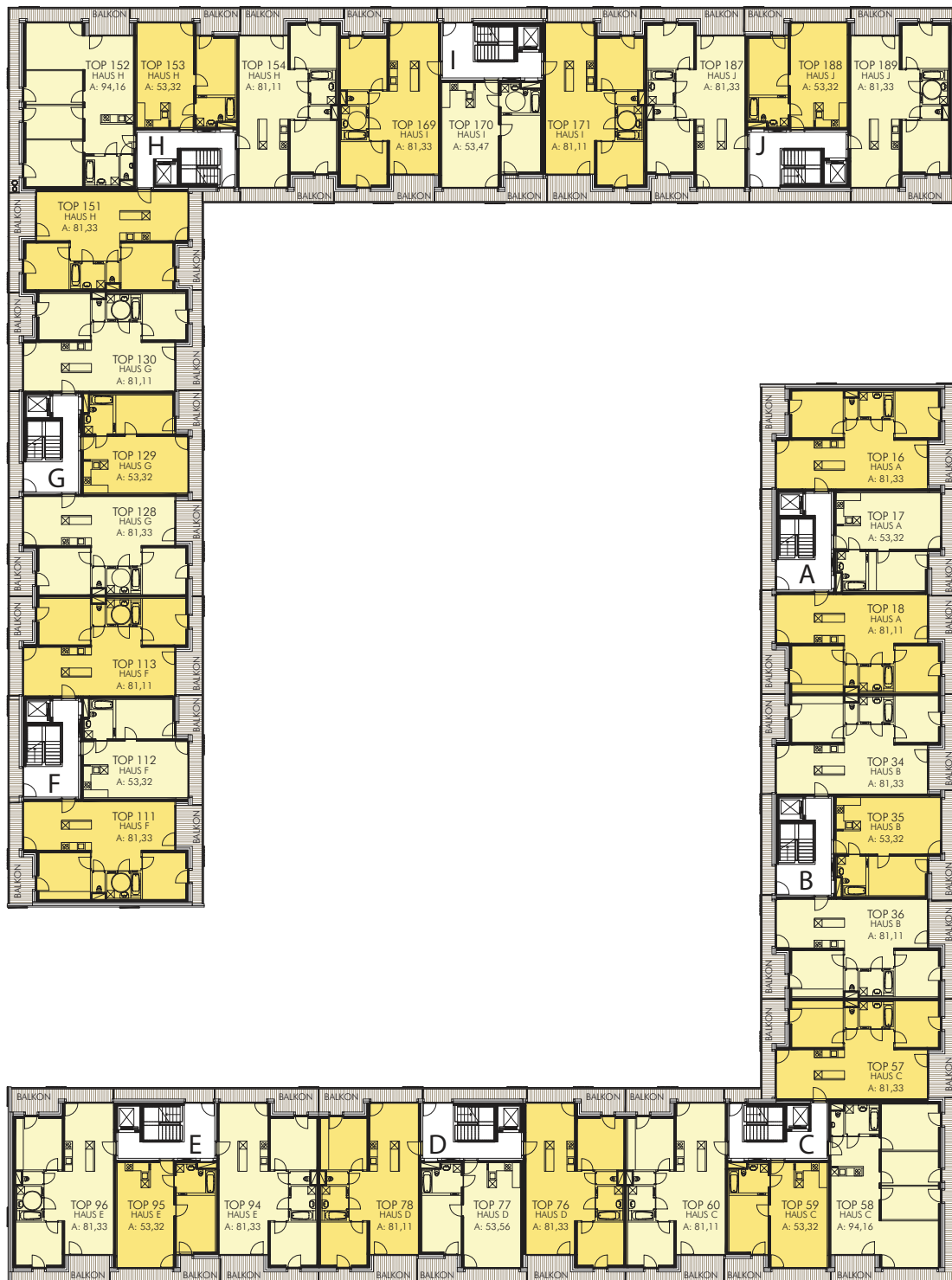
Architekturwerkstatt din a4
Ziviltechniker
GmbH

Museumstrasse 23/2
A 6020 Innsbruck

tel + 43 (0)512 560 563
fax + 43 (0)512 560 563-10

architekten@din-a4.at
www.din-a4.at

din a4



General-Eccher-Strasse

IN 145 - Wohnbebauung Lodenareal 5. Obergeschoss

neue heimat tirol
gemeinnützige wohnungs- und siedlungsgesellschaft
gesmbh
gumpfstraße 47 6023 innsbruck
Tel.+43 512 330 - 0 Fax +4305120330 - 369



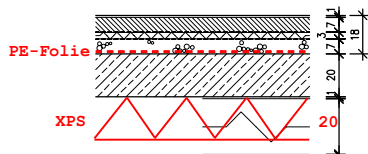
Architekturwerkstatt din a4
Ziviltechniker
GmbH

Museumstrasse 23/2
A 6020 Innsbruck

tel + 43 (0)512 560 563
fax + 43 (0)512 560 563-10

architekten@din-a4.at
www.din-a4.at

din a4

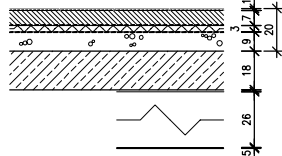


B01

WOHNZIMMER
SCHLAFEN

GESAMT : 18CM
KLEBEPARKETT 1CM
HEIZESTRICH 7CM
1x PE-FOLIE
TSD-EPS-T 3 CM, $\lambda = 0.038$ [W/mk]] (SOLL=0.040)
PE-FOLIE, 2x KREUZWEISE OD. 1x VERKLEBT
POLYSTYROL SCHÜTTUNG 7CM, $\lambda = 0.045$
STB-DECKE 20CM
DECKENSPACHTELUNG

BZW.: UNTER EG-DECKE:
MINERALWOLLE-LAMELLENPLATTEN 26CM
 $\lambda = 0.040$ [W/mk]]
ANSTRICH ODER PUTZ

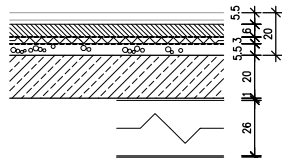


B02

BAD/WC

GESAMT: 20CM
FLIESEN IM DÜNNBETT 1 CM
F-ISOL. BESCHICHTUNG; BEANSPRUCHUNGSGRUPPE W3
HEIZESTRICH 7.0CM
1x PE-FOLIE
TSD-EPS-T 3 CM, $\lambda = 0.038$ [W/mk]]
(SOLL=0.040)
PE-FOLIE, 2x KREUZWEISE OD. 1x VERKLEBT
POLYSTYROL SCHÜTTUNG 9CM, $\lambda = 0.045$
STB-DECKE 18 CM
DECKENSPACHTELUNG

BZW.: UNTER EG-DECKE:
MINERALWOLLE-LAMELLENPLATTEN 26CM
 $\lambda = 0.040$ [W/mk]]
ANSTRICH ODER PUTZ



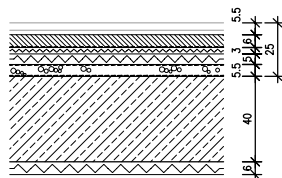
B03

ERSCHIESSUNG
HAUSMEISTER
KWA
TROCKENRAUM

GESAMT: 20CM
TERRAZZO 5.5CM
ESTRICH 6CM
1x PE-FOLIE
TSD-EPS-T 3 CM, $\lambda = 0.038$ [W/mk]]
(SOLL=0.040)
PE-FOLIE, 2x KREUZWEISE OD. 1x VERKLEBT
POLYSTYROL SCHÜTTUNG 5.5CM, $\lambda = 0.045$
STB-DECKE 20CM
DECKENSPACHTELUNG

BZW.: IM TROCKENRAUM EG:
F-ISOL. BESCHICHTUNG
BEANSPRUCHUNGSGRUPPE W3

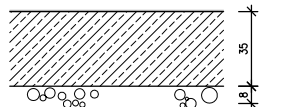
BZW.: UNTER EG-DECKE:
MINERALWOLLE-LAMELLENPLATTEN 26CM
 $\lambda = 0.040$ [W/mk]]
ANSTRICH ODER PUTZ



B03A

ERSCHIESSUNG UG

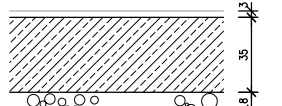
GESAMT: 25CM
TERRAZZO 5.5CM
ESTRICH 6CM
1x PE-FOLIE
TSD-EPS-T 3CM, $\lambda = 0.038$ [W/mk]]
EPS-WÄRMEDÄMMPL., 5CM, $\lambda = 0.038$ [W/mk]]
PE-FOLIE, 2x KREUZWEISE OD. 1x VERKLEBT
POLYSTYROL SCHÜTTUNG 5.5CM, $\lambda = 0.045$
DAMPFSPERRE EKV-4
FUNDAMENTPLATTE 40CM (LT. STATIK)
FLOORMATE 700 SL-A, 6CM, $\lambda = 0.036$ [W/mk]]



B04

KELLERRÄUME
ELO, KWA

VERSIEGELUNG (MONOFINISH)
FUNDAMENTPLATTE 35CM (LT. STATIK)
SAUBERKEITSSCHICHT 8CM

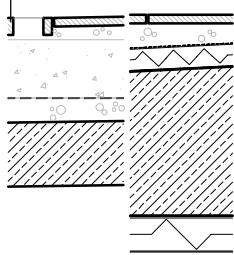


B05

TIEFGARAGE

FEINASPHALT 3CM
FUNDAMENTPLATTE 35CM (LT. STATIK)
SAUBERKEITSSCHICHT 8CM

RASENGITTERSTEIN 40x60x8CM
BEI PRIVATGÄRTEN

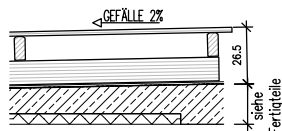


B06

TERRASSE

BZW.
TERRASSENPLATTEN 4CM
SAND-SPLITT-GEMISCH
TRAGSCHICHT SCHOTTER 0/45,
BITUMENABDICHTUNG, 2-LAGIG
8-10cm PUR-DÄMMPLATTE, BESCHICHTUNG:
REINALUMINIUMFOLIE
ZB.: STEINOTHAN 107, $\lambda = 0.025$ (W/mk)
DAMPFBREMSE, VOLLFLÄCHIG VERKLEBT
STB-UNTERZUG 67-72CM
MINERALWOLLE-LAMELLENPLATTEN 16CM
 $\lambda = 0.040$ [W/mk]]
ANSTRICH ODER PUTZ

TERRASSENPLATTEN 4CM
IM GEFÄLLE 2%
SAND-SPLITT-GEMISCH 3-4.5CM,
TRAGSCHICHT SCHOTTER, ca. 30.5CM
DRÄNAGE 8/32, 10CM
STB-DECKE IM GEFÄLLE 1.61%, 30CM



B07

BALKON

HOLZROST 2CM
HOLZLATTUNG UND KONTERLATTUNG
UNTERLAGE (WASSERFÜHRENDE SCHICHT)
STB-FERTIGTEIL
TEKTALAN SD, 5CM MITBETONIERT,
GESTRICHEN IN PUTZFARBE:
NCS 5902-B99G

Planinhalt

BAUTEILKATALOG: BODEN

Maßstab

1 : 25

Planformat

DIN A3

Projekt

GESCHOSSWOHNBAU LODENAREAL

Projektnr.

05187

Verfasser

ARCH

Phase

DB

Bauteil

-

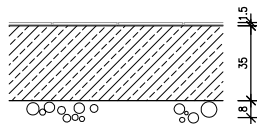
Plannummer

00-00

Datum [J-M-T]

080729

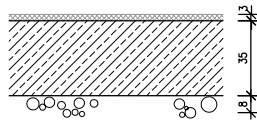
Diese Zeichnung ist das geistige Eigentum der Architekturwerkstatt din a4 und unterliegt dem Urheberrecht. Eine Vervielfältigung und Aushandigung an dritte Personen oder Überlassung an Konkurrenzfirmen ist untersagt. Naturmaße nehmen und Koten überprüfen.



B08

**TROCKENRAUM
HEIZRAUM
TECHNIK**

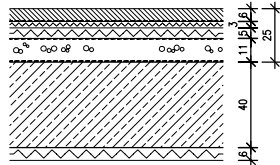
FLIESEN GEKLEBT 1.5CM
FUNDAMENTPLATTE 35CM (LT. STATIK)
SAUBERKEITSSCHICHT 8CM



B09

FAHRRADRAUM

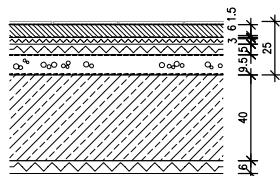
GUSSASPHALT 3CM
FUNDAMENTPLATTE 35CM (LT. STATIK)
SAUBERKEITSSCHICHT 8CM



B10

**LÜFTUNGSGERÄT
ELO**

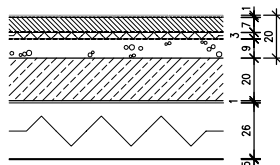
GESAMT: 25CM
VERSIEGELUNG (MONOFINISH)
ESTRICH 6CM
1x PE-FOLIE
TSD-EPS-T 3 CM, $\lambda = 0.038$ [W/mK]
EPS-WÄRMEDÄMPL., 5CM, $\lambda = 0.038$ [W/mK]
PE-FOLIE, 2x KREUZWEISE OD. 1x VERKLEBT
POLYSTYROL SCHÜTTUNG 11CM, $\lambda = 0.045$
DAMPFSPERRE EKV-4
FUNDAMENTPLATTE 40CM (LT. STATIK)
FLOORMATE 6CM, $\lambda = 0.036$ [W/mK]



B11

TROCKENRAUM

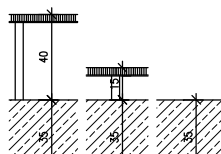
GESAMT: 25CM
FLIESEN GEKLEBT 1.5CM
F-ISOL. BESCHICHTUNG, BEANSPRUCHUNGSGRUPPE W3
ESTRICH 6CM
1x PE-FOLIE
TSD-EPS-T 3 CM, $\lambda = 0.038$ [W/mK]
EPS-WÄRMEDÄMPL., 5CM, $\lambda = 0.038$ [W/mK]
PE-FOLIE, 2x KREUZWEISE OD. 1x VERKLEBT
POLYSTYROL SCHÜTTUNG 9.5CM, $\lambda = 0.045$
DAMPFSPERRE EKV-4
FUNDAMENTPLATTE 40CM (LT. STATIK)
FLOORMATE 6CM, $\lambda = 0.036$ [W/mK]



B12

HAUSWEISTERBAD

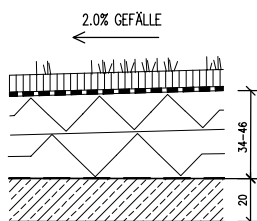
GESAMT: 20CM
FLIESEN IM DÜNNBETT 1 CM
F-ISOL. BESCHICHTUNG, BEANSPRUCHUNGSGRUPPE W3
HEIZESTRICH 7.0CM
1x PE-FOLIE
TSD-EPS-T 3 CM, $\lambda = 0.038$ [W/mK]
(SOLL=0.040)
PE-FOLIE, 2x KREUZWEISE OD. 1x VERKLEBT
POLYSTYROL SCHÜTTUNG 9CM, $\lambda = 0.045$
STB-DECKE 20CM
MINERALWOLLE-LAMELLENPLATTEN 26CM
 $\lambda = 0.040$ [W/mK]
ANSTRICH ODER PUTZ



B13

**PELLETSRAUM
RAMPE**

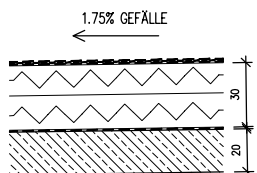
GITTERROST ————— BZW.: GITTERROST 31/9MM
FUNDAMENTPLATTE 35CM (LT. STATIK)
SAUBERKEITSSCHICHT 8CM
TEILS IM GEFÄLLE
(IM PELLETSRAUM
KEIN GITTERROST)



D01

**GRÜNDACH
ÜBER 5.OG**

EXTENSIVE BEGRÜNUNG,
UMLAUFENDER KIESSTREIFEN
SPEICHERMATTE, NOVADRAIN 4+1
BITUMENABDICHTUNG 2-LAGIG BZW. 3-LAGIG, WURZELFEST
HITZESCHILD RP 350 LOSE
EPS-GEFÄLLEDÄMPLATTEN (W25) VON 34 BIS 46 CM
 $\lambda = 0.036$ [W/mK]
DAMPFSPERRE
VOLLFL. VERKLEBT
STB-DECKE 20CM
DECKENSPACHTELUNG



D02

LUFTÜBERFAHRT

BITUMENABDICHTUNG 2-LAGIG BZW. 3-LAGIG, WURZELFEST,
LETZTE LAGE BESCHIEFERT
HITZESCHILD RP 350 LOSE
EPS-DÄMPL. (W25) 14+16CM
 $\lambda = 0.036$ [W/mK]
DAMPFSPERRE
STB-DECKE 20CM IM GEFÄLLE 1.75%

Planinhalt

BAUTEILKATALOG: BODEN UND DACH

Maßstab
1 : 25

Planformat
DIN A3

Projekt

GESCHOSSWOHNBAU LODENAREAL

Projektnr.

05187

Verfasser

ARCH

Phase

DB

Bauteil

-

Plannummer

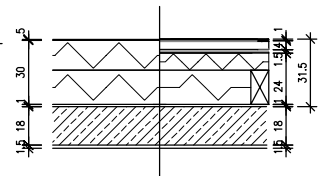
00-01

Datum [J-M-T]

080729

Diese Zeichnung ist das geistige Eigentum der Architekturwerkstatt din a4 und unterliegt dem Urheberrecht. Eine Vervielfältigung und Aushändigung an dritte Personen oder Überlassung an Konkurrenzfirmen ist untersagt. Naturmaße nehmen und Koten überprüfen.

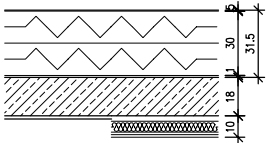
ALLE VERPUTZTEN FLÄCHEN NACH
ABSPRACHE MIT BAULEITUNG!



W01
AUSSEN WDVS
BZW. SCREEN

METALLIC-BESCHICHTUNG
STOLIT MP FEINBESCHICHTUNG
STOLIT OBERPUTZ CA. 1.5MM
FARBE: LT ÖBA
UNTERPUTZ ZEMENTFREI 3MM
EPS DÄMML. 30CM, $\lambda = 0.032$ [W/mK]
ZB. STO-DÄMMLATTE TOP 32, EVTL. 2-LAGIG
STB-WAND 18CM
PUTZ 1,5CM

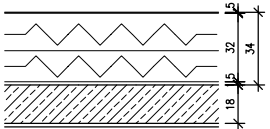
BZW.: SCREEN
ALUFORMROHRAHMEN 40/40/3mm -
AUF LATTUNG KONTERLATTUNG MONTIERT
PUTZ
EPS DÄMML. 24CM
LATTUNG: ca 8/8,5 - KONTERLATTUNG: ca 16/8,5



W01-A
AUSSEN WDVS

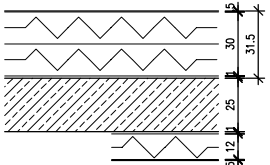
STOSILCO 1,5 MM K
FARBE: LT ÖBA
UNTERPUTZ 5MM
EPS DÄMML. 30CM, $\lambda = 0.032$ [W/mK]
ZB. STO-DÄMMLATTE TOP 32, EVTL. 2-LAGIG
STB-WAND 18CM
PUTZ 1,5CM

BZW.: STEINWOLLE (F 30)



W01-B
AUSSEN WDVS

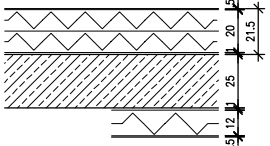
STOSILCO 1,5 MM K
FARBE: LT ÖBA
UNTERPUTZ 5MM
EPS DÄMML. 32CM, $\lambda = 0.032$ [W/mK]
ZB. STO-DÄMMLATTE TOP 32, EVTL. 2-LAGIG
STB-WAND 18CM
PUTZ 1,5CM



W02
SOCKELBEREICH

STOSILCO 1,5 MM K
FARBE: LT ÖBA
UNTERPUTZ 5MM
XPS DÄMML. 30 (14+16)CM, $\lambda_{\text{sol}} = 0.040$ [W/mK]
ZB. AUTOMATEN-DÄMMLATTE, STEINODUR PSN LD
($\lambda = 0.035$ [W/mK])
STB-WAND 25CM

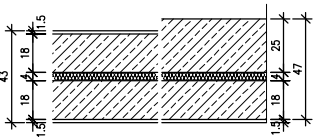
BZW.: BIS 1M UNTER DECKE EG:
MINERALWOLLE-LAMELLENPLATTEN 12CM
 $\lambda = 0.040$ [W/mK]
PUTZ 0,5CM



W03
SOCKELBEREICH

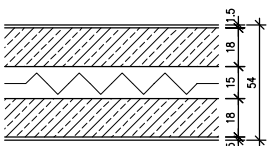
METALLIC-BESCHICHTUNG
STOLIT MP FEINBESCHICHTUNG
STOLIT OBERPUTZ CA. 1.5MM
FARBE: LT ÖBA
UNTERPUTZ ZEMENTFREI 3MM
XPS DÄMML. 20 (10+10)CM, $\lambda_{\text{sol}} = 0.040$ [W/mK]
ZB. AUTOMATEN-DÄMMLATTE, STEINODUR PSN LD
($\lambda = 0.035$ [W/mK])
STB-WAND 25CM

BZW.: BIS 1M UNTER DECKE EG:
MINERALWOLLE-LAMELLENPLATTEN 12CM
 $\lambda = 0.040$ [W/mK]
PUTZ 0,5CM



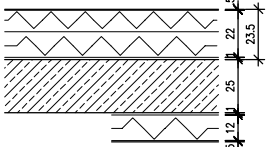
W04
AUSSEN/INNEN
BAUTEILFUGE

PUTZ 1,5CM
STB-WAND 18CM BZW. 25CM
TRENNLAGE: WEICHFASERPLATTE 4CM
STB-WAND 18CM
PUTZ 1,5CM



W05
INNEN
BAUTEILFUGE

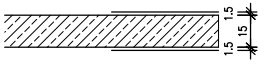
PUTZ 1,5CM
STB-WAND 18CM
TRENNLAGE: DÄMMEINLAGE 15CM
STB-WAND 18CM
PUTZ 1,5CM



W06
SOCKELBEREICH

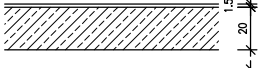
STOSILCO 1,5 MM K
FARBE: LT ÖBA
UNTERPUTZ 5MM
XPS DÄMML. 22 (12+10)CM, $\lambda_{\text{sol}} = 0.040$ [W/mK]
ZB. AUTOMATEN-DÄMMLATTE, STEINODUR PSN LD
($\lambda = 0.035$ [W/mK])
STB-WAND 25CM

BZW.: BIS 1M UNTER DECKE EG:
MINERALWOLLE-LAMELLENPLATTEN 12CM
 $\lambda = 0.040$ [W/mK]
PUTZ 0,5CM



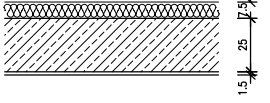
W07
INNEN

PUTZ 1,5CM
STAHLBETON 15 CM
PUTZ 1,5CM



W08
INNEN

PUTZ 1,5CM
STAHLBETON 20CM



W09
INNEN

TEKTALAN SD 7.5CM
STAHLBETON 25CM
PUTZ 1,5CM

Planinhalt
BAUTEILKATALOG: WÄNDE

Maßstab
1 : 25

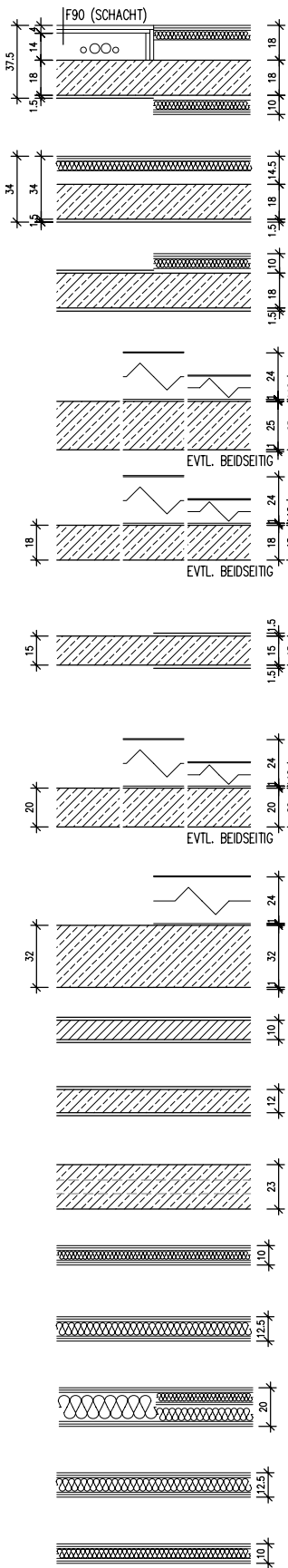
Planformat
DIN A3

Projekt
GESCHOSSWOHNBAU LODENAREAL

Projektnr.	Verfasser	Phase	Bauteil	Plannummer	Datum [J-M-T]
05187	ARCH	DB	-	00-02	080729

Diese Zeichnung ist das geistige Eigentum der Architekturwerkstatt din a4 und unterliegt dem Urheberrecht. Eine Vervielfältigung und Aushändigung an dritte Personen oder Überlassung an Konkurrenzfirmen ist untersagt. Naturmaße nehmen und Koten überprüfen.

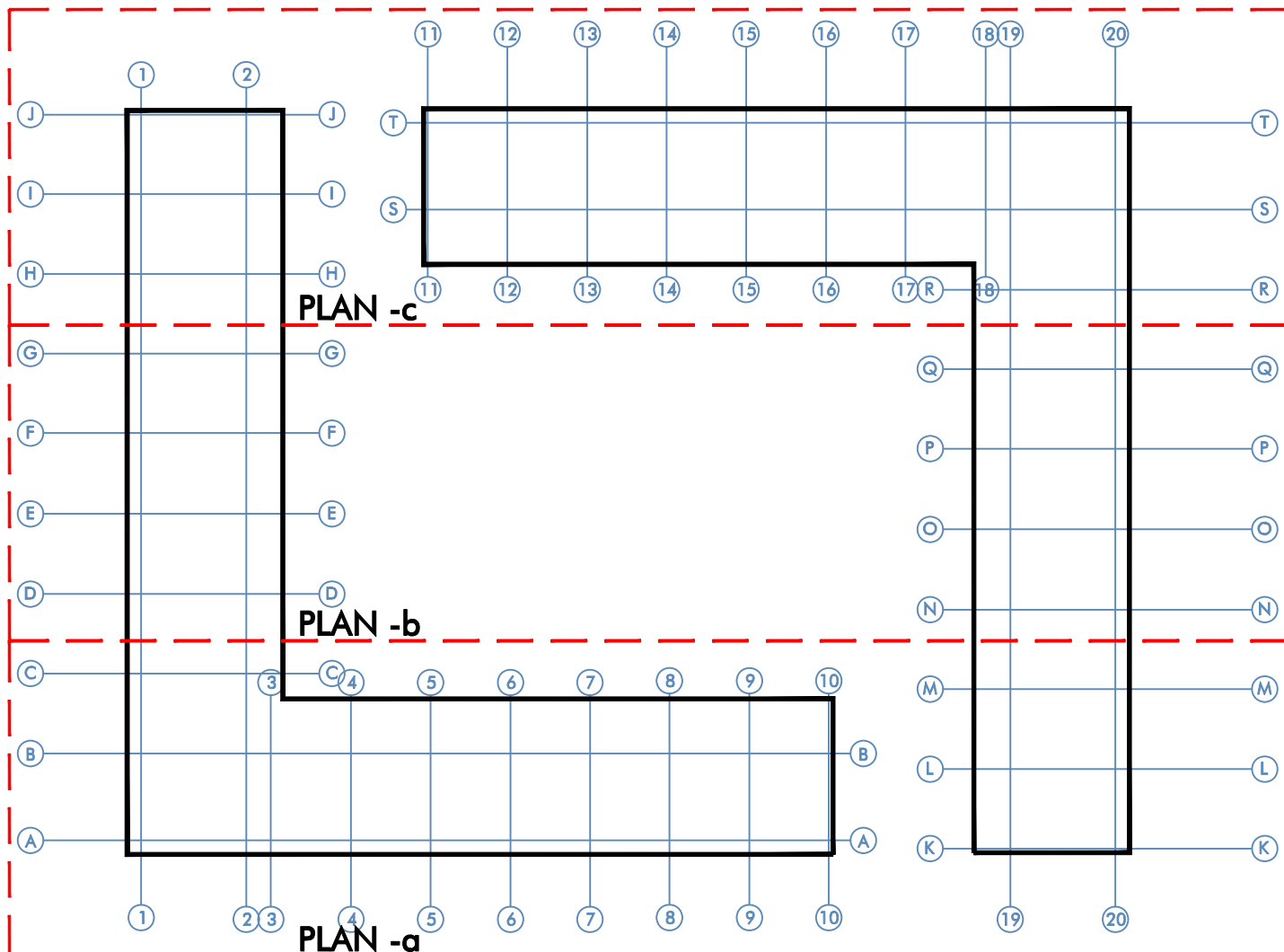
ALLE VERPUTZTEN FLÄCHEN NACH
ABSPRACHE MIT BAULEITUNG!



W10 INNEN	GKB 2x1,25CM METALLSTÄNDER+MINERALWOLLE 5CM LUFTRAUM 10.5CM STAHLBETON 18 CM PUTZ 1,5CM	BZW. 2x2 CM GKF (FEUERSCHUTZPLATTE, F90)
W10-A INNEN	GKB 2x1,25CM METALLSTÄNDER+MINERALWOLLE 5CM LUFTRAUM 7CM STAHLBETON 18 CM PUTZ 1,5CM	BZW. METALLSTÄNDER+ MINERALWOLLE 5CM GKB 2x1,25CM
W11 INNEN	PUTZ 1,5CM STAHLBETON 18 CM PUTZ 1,5CM	BZW. 2x GKB 1.25CM METALLSTÄNDER+MINERALWOLLE 5.CM LUFTRAUM 2.5CM
W12 INNEN (UG) AUSSEN (UG)	INNEN: STB-WAND 25CM AUSSEN: WU-BETON 25CM	PUTZ MINERALWOLLE-LAMELLENPLATTEN 24CM $\lambda = 0.040 [W/mK]$ EVTL. BEIDSEITIG BIS 1M UNTER DECKE EG: MINERALWOLLE-LAMELLENPLATTEN 12CM $\lambda = 0.040 [W/mK]$ PUTZ
W13 INNEN (UG)	STB-WAND 18CM	EVTL. BEIDSEITIG BIS 1M UNTER DECKE EG: MINERALWOLLE-LAMELLENPLATTEN 12CM BZW. 24CM $\lambda = 0.040 [W/mK]$ PUTZ
W14 INNEN (UG)	STB-WAND 15CM	BZW. PUTZ
W15 INNEN (UG)	STB-WAND 20CM	BZW. PUTZ BZW.: PUTZ MINERALWOLLE-LAMELLENPLATTEN 24CM $\lambda = 0.040 [W/mK]$ EVTL. BEIDSEITIG BIS 1M UNTER DECKE EG: MINERALWOLLE-LAMELLENPLATTEN 12CM $\lambda = 0.040 [W/mK]$ PUTZ
W16 INNEN (UG)	STB-WAND 32CM	BZW.: PUTZ MINERALWOLLE-LAMELLENPLATTEN 24CM $\lambda = 0.040 [W/mK]$
W17 INNEN (UG)	PUTZ ZIEGEL 10CM PUTZ	
W18 TREPPENBRÜSTUNG	PUTZ STB-WAND 12CM, PUTZ	SIEHE TS 117
W19 TREPPENAUCE	STB-WAND 23CM, GESPACHTELT	SIEHE TS 118/119
W20 INNEN	2x GKB 1,25CM METALLSTÄNDER - MINERALWOLLE 5CM 2x GKB 1.25CM	
W21 INNEN	2x GKB 1,25CM METALLSTÄNDER - MINERALWOLLE 7.5CM 2x GKB 1.25CM	MITTELLAGE LT. HLS UND ELO ANGABEN BZW.: METALLSTÄNDER - MINERALWOLLE 5CM TRENNLAGE GIPSKARTON 1.25CM LUFTRAUM 1.25CM METALLSTÄNDER - MINERALWOLLE 7.5CM
W22 INNEN	2x GKB 1,25CM METALLSTÄNDER - MINERALWOLLE 15CM 2x GKB 1.25CM	
W23	INSTALLATIONSBLOCK F90, D=12,5CM	BZW. 2x GKF 1,25CM (FEUERSCHUTZPLATTE F90) METALLSTÄNDER - MINERALWOLLE 7.5CM 2x GKF 1.25CM (FEUERSCHUTZPLATTE F90)
W24	INSTALLATIONSBLOCK F90, D=10CM	BZW. 2x GKF 1,25CM (FEUERSCHUTZPLATTE F90) METALLSTÄNDER - MINERALWOLLE 5CM 2x GKF 1.25CM (FEUERSCHUTZPLATTE F90)

Planinhalt		Maßstab		Planformat	
BAUTEILKATALOG: WÄNDE		1 : 25		DIN A3	
Projekt	Projektnr.	Verfasser	Phase	Bauteil	Plannummer
GESCHOSSWOHNBAU LODENAREAL	05187	ARCH	DB	-	00-03
				Datum [J-M-T]	080313

Diese Zeichnung ist das geistige Eigentum der Architekturwerkstatt din a4 und unterliegt dem Urheberrecht. Eine Vervielfältigung und Aushändigung an dritte Personen oder Überlassung an Konkurrenzfirmen ist untersagt. Naturmaße nehmen und Koten überprüfen.



Planinhalt

ÜBERSICHTSPLAN FÜR UG

Maßstab

*

Planformat

DIN A4

Projekt

GESCHOSSWOHNBAU LODENAREAL

Projektnr.

05187

Verfasser

ARCH

Phase

DB

Bauteil

Plannummer

00-04

Datum [J-M-T]

080219

Diese Zeichnung ist das geistige Eigentum der Architekturwerkstatt din a4 und unterliegt dem Urheberrecht. Eine Vervielfältigung und Aushändigung an dritte Personen oder Überlassung an Konkurrenzfirmen ist untersagt. Naturmaße nehmen und Koten überprüfen.

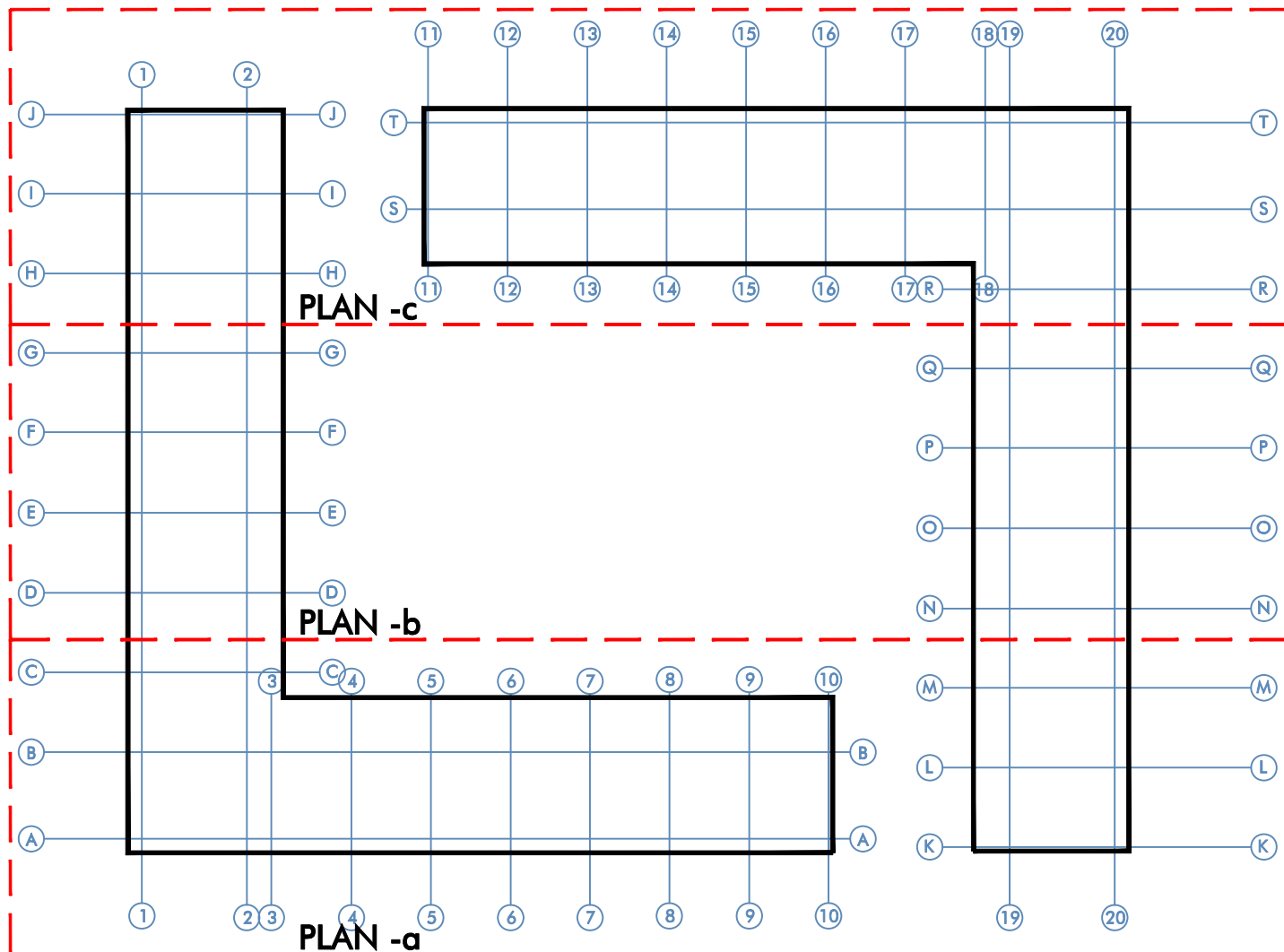
Architekturwerkstatt din a4
Ziviltechniker GmbH

Museumstrasse 23/2
A 6020 Innsbruck

tel + 43 (0)512 560 563
fax + 43 (0)512 560 563-10

architekten@din-a4.at
www.din-a4.at

din a4



Planinhalt

ÜBERSICHTSPLAN FÜR EG

Maßstab

*

Planformat

DIN A4

Projekt

GESCHOSSWOHNBAU LODENAREAL

Projektnr.

05187

Verfasser

ARCH

Phase

DB

Bauteil

*

Plannummer

00-05

Datum [J-M-T]

080219

Diese Zeichnung ist das geistige Eigentum der Architekturwerkstatt din a4 und unterliegt dem Urheberrecht. Eine Vervielfältigung und Aushändigung an dritte Personen oder Überlassung an Konkurrenzfirmen ist untersagt. Naturmaße nehmen und Koten überprüfen.

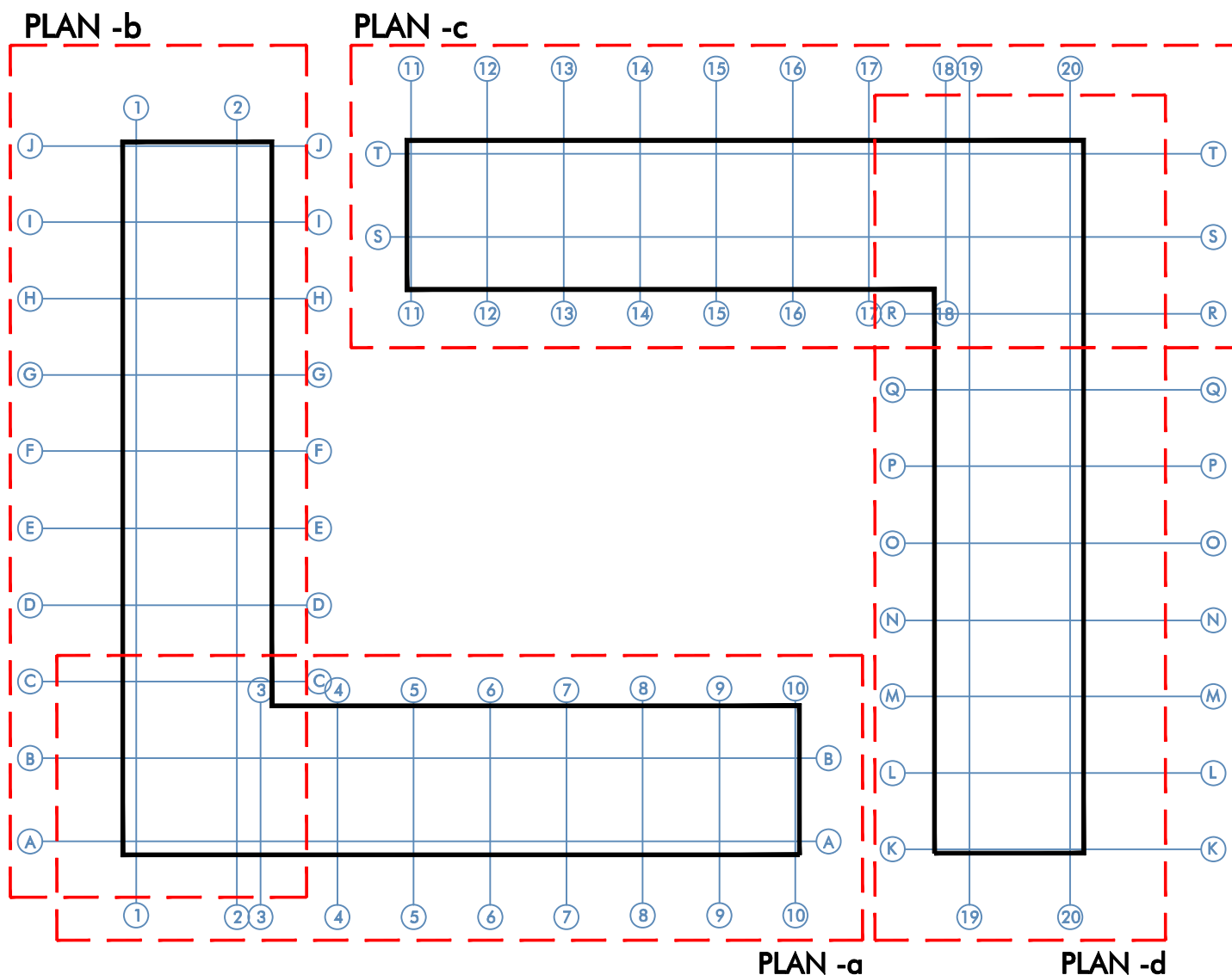
Architekturwerkstatt din a4
Ziviltechniker GmbH

Museumstrasse 23/2
A 6020 Innsbruck

tel + 43 (0)512 560 563
fax + 43 (0)512 560 563-10

architekten@din-a4.at
www.din-a4.at

din a4



Planinhalt

ÜBERSICHTSPLAN FÜR OG + DG

Maßstab

*

Planformat

DIN A4

Projekt

GESCHOSSWOHNBAU LODENAREAL

Projektnr.

05187

Verfasser

ARCH

Phase

DB

Bauteil

*

Plannummer

00-06

Datum [J-M-T]

080219

Diese Zeichnung ist das geistige Eigentum der Architekturwerkstatt din a4 und unterliegt dem Urheberrecht. Eine Vervielfältigung und Aushändigung an dritte Personen oder Überlassung an Konkurrenzfirmen ist untersagt. Naturmaße nehmen und Koten überprüfen.

Architekturwerkstatt din a4
Ziviltechniker GmbH

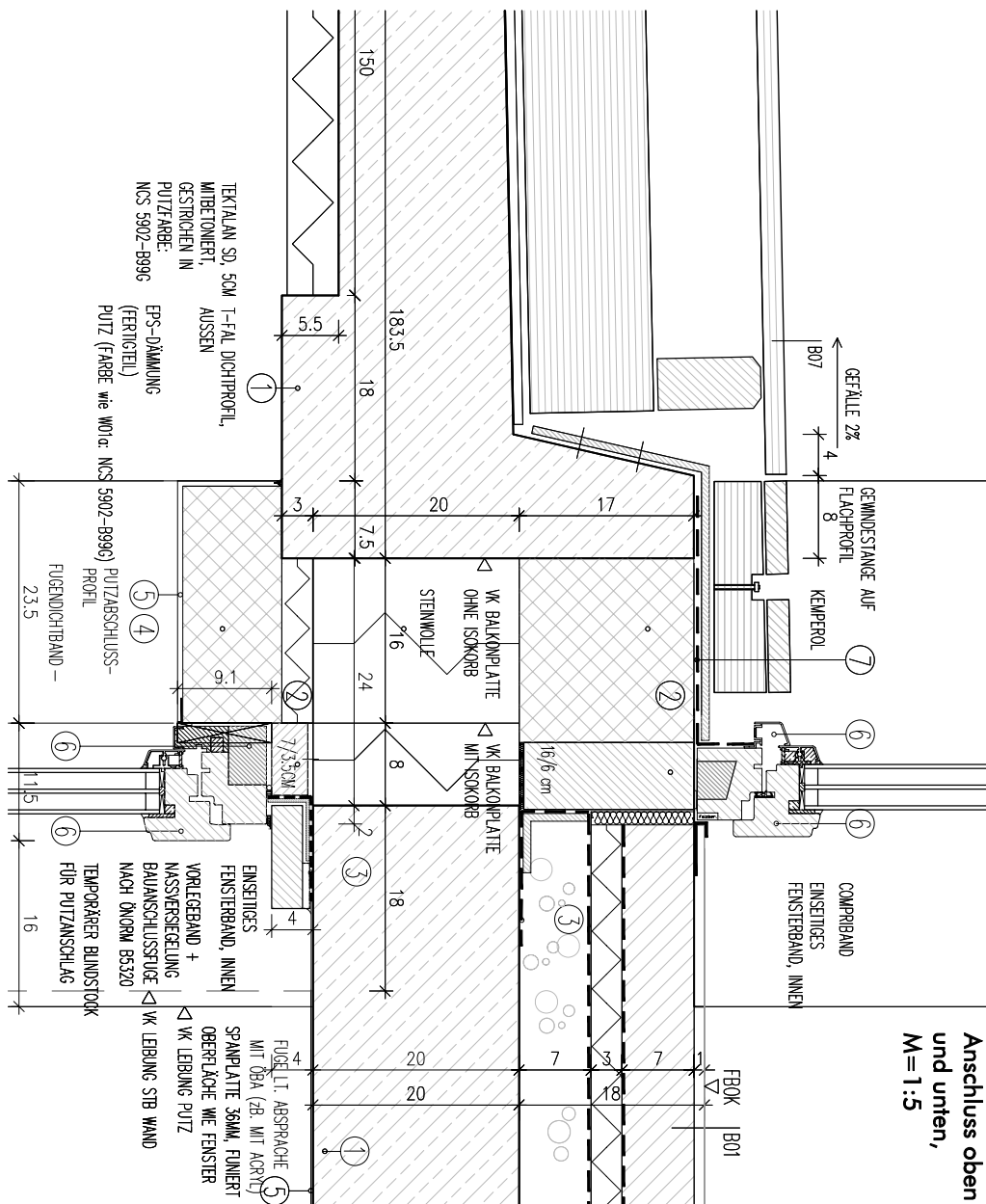
Museumstrasse 23/2
A 6020 Innsbruck

tel + 43 (0)512 560 563
fax + 43 (0)512 560 563-10

architekten@din-a4.at
www.din-a4.at

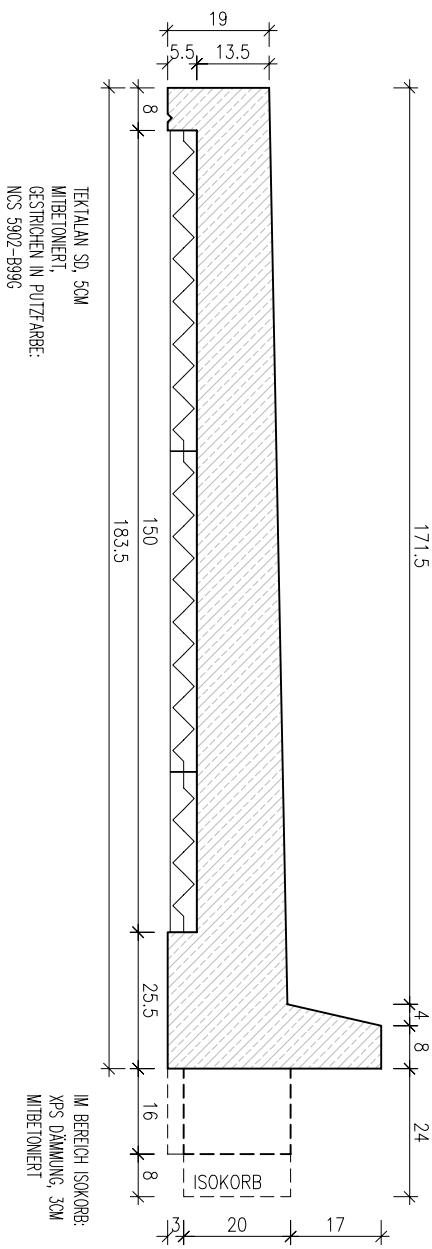
din a4

Anschluss oben
und unten,
M=1:5



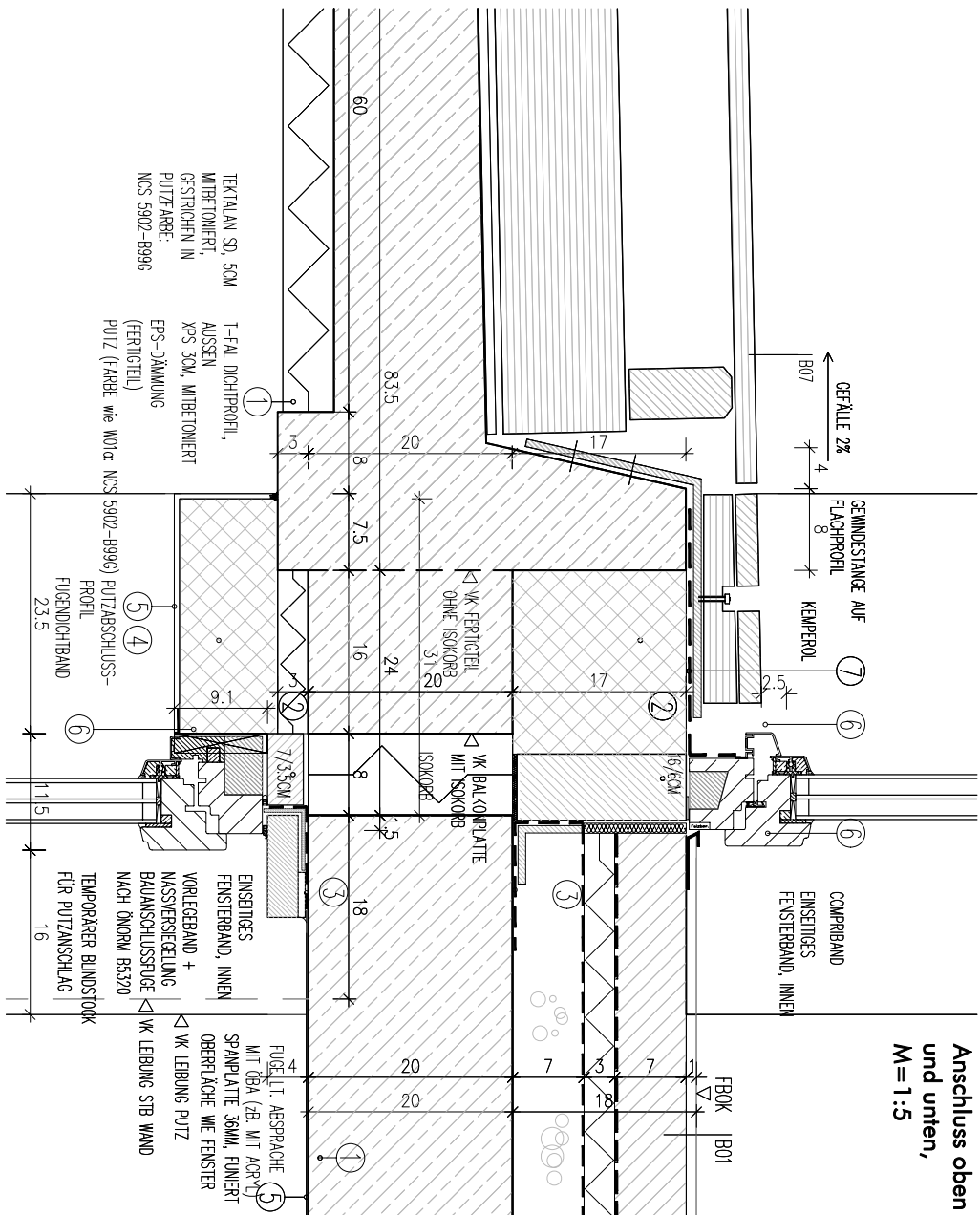
- 1 BAUFIRMA
- 2 BAUTSCHLER - BLINDSTOCK
- 3 BAUTSCHLER - ABKLEBUNG
- 4 BAUFIRMA OD. VERPUTZER - VOLWÄRMESCHUTZ
- 5 BAUFIRMA OD. VERPUTZER - SPACHTELUNG/PUTZ
- 6 BAUTSCHLER - FENSTER
- 7 SCHWARZDECKER - ABDICHTUNG

Betonfertigteil,
ohne Isokorb, M=1:10



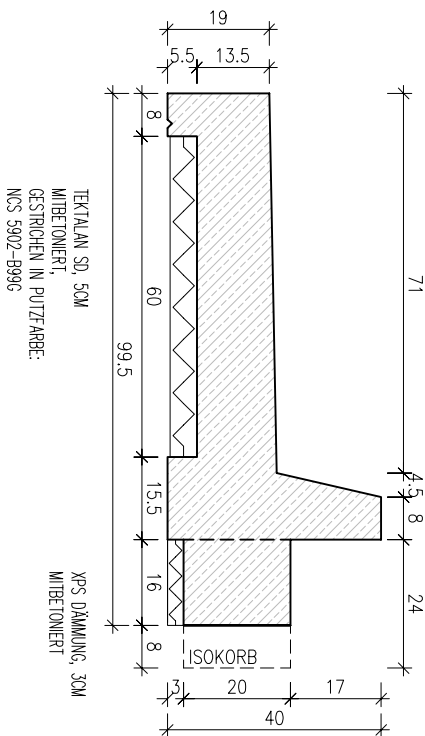
Planinhalt					Maßstab		Planformat	
ALU-2-HOLZFENSTER ÜBERDÄMMT- Anschluss oben und unten (Flügel), Breiter Balkon					1:5+1:10		DIN A3	
Projekt		Projektnr.	Verfasser	Phase	Bauteil	Plannummer	Datum [J-M-T]	
WB LODENAREAL		05187	ARCH	DB	A	25-01	080626	

Diese Zeichnung ist das geistige Eigentum der Architekturwerkstatt din a4 und unterliegt dem Urheberrecht. Eine Vervielfältigung und Aushändigung an dritte Personen oder Überlassung an Konkurrenzfirmen ist untersagt. Naturmaße nehmen und Koten überprüfen.



- ① BAUFIRMA
- ② BAUTSCHLER - BLINDSTOCK
- ③ BAUTSCHLER - ABKLEBUNG
- ④ BAUFIRMA OD. VERPUTZER - VOLLWÄRMESCHUTZ
- ⑤ BAUFIRMA OD. VERPUTZER - SPACHTELUNG/PUTZ
- ⑥ BAUTSCHLER - FENSTER
- ⑦ SCHWARZDECKER - ABDICHTUNG

Betonfertigteil, mit Isokorb, M=1:10



Planinhalt
ALU-2-HOLZFENSTER ÜBERDÄMMT- Anschluss oben und unten (Flügel), Schmäler Balkon

Maßstab
1:5+1:10

Planformat
DIN A3

Projekt
WB LODENAREAL

Projektnr.
05187

Verfasser
ARCH

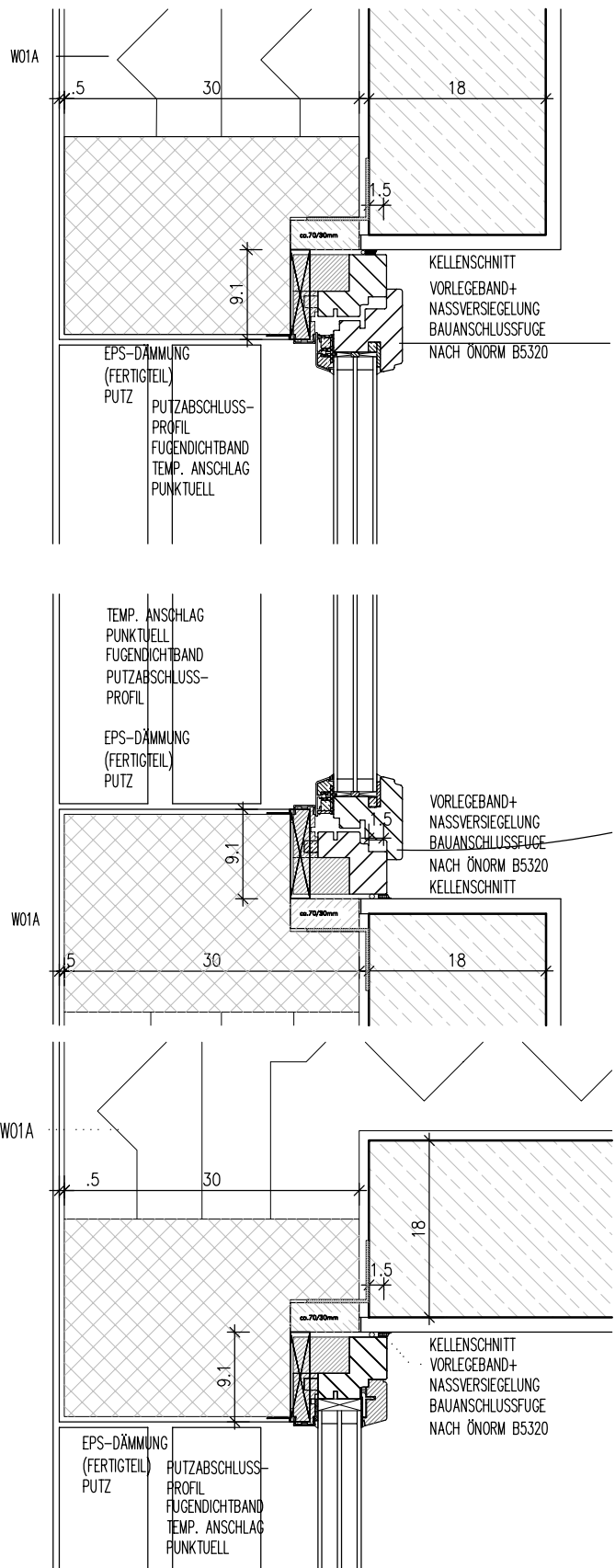
Phase
DB

Bauteil
A

Plannummer
25-02

Datum [J-M-T]
080626

Diese Zeichnung ist das geistige Eigentum der Architekturwerkstatt din a4 und unterliegt dem Urheberrecht. Eine Vervielfältigung und Aushändigung an dritte Personen oder Überlassung an Konkurrenzfirmen ist untersagt. Naturmaße nehmen und Koten überprüfen.



Planinhalt

ALU-2-HOLZFENSTER ÜBERDÄMMT - FLÜGEL+FIXVERGLASUNG; Varianten seitlich

Maßstab

1:5

Planformat

DIN A3

Projekt

WB LODENAREAL

Projektnr.

05187

Verfasser

ARCH

Phase

DB

Bauteil

A

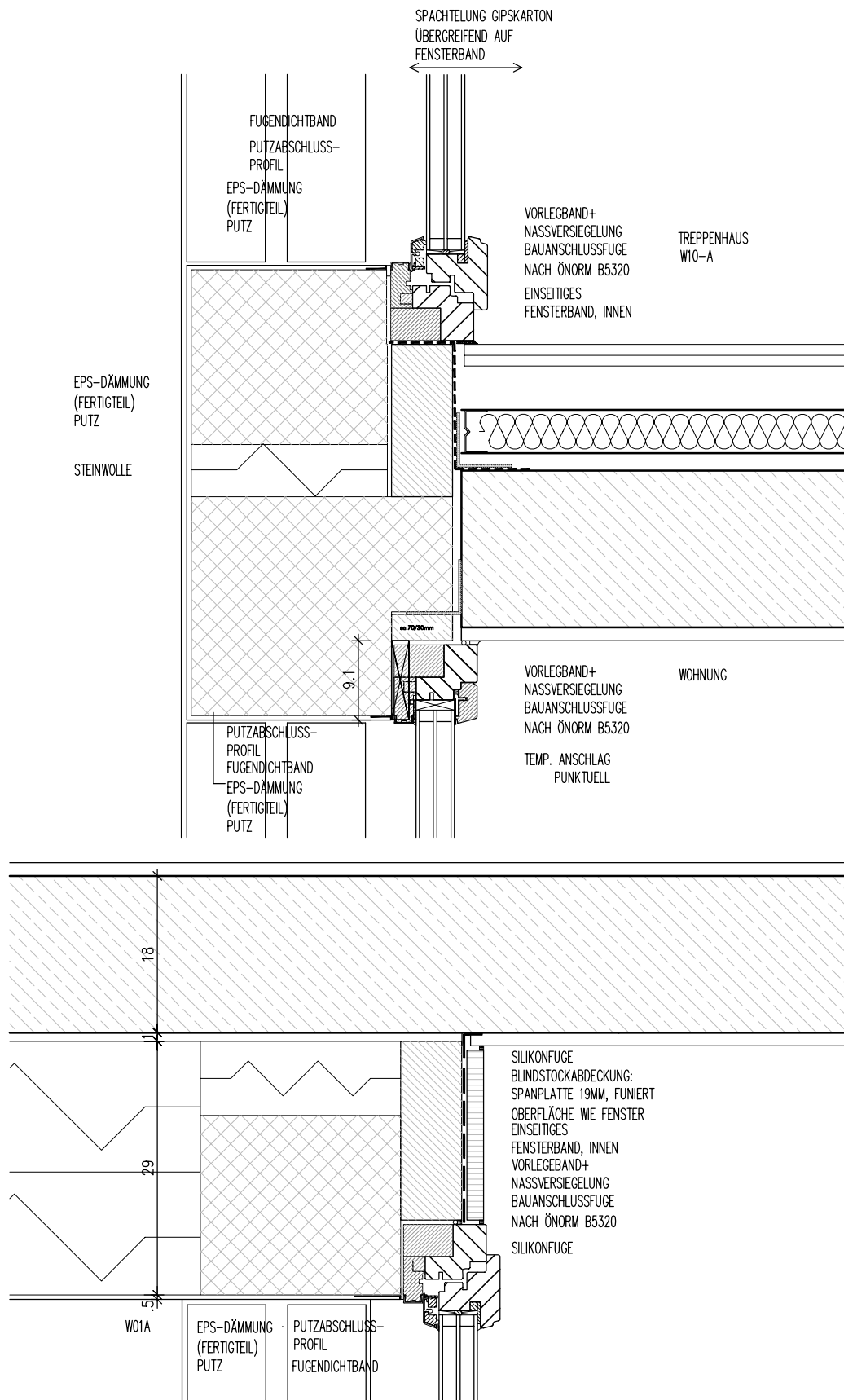
Plannummer

25-03

Datum [J-M-T]

080626

Diese Zeichnung ist das geistige Eigentum der Architekturwerkstatt din a4 und unterliegt dem Urheberrecht. Eine Vervielfältigung und Aushandigung an dritte Personen oder Überlassung an Konkurrenzfirmen ist untersagt. Naturmaße nehmen und Koten überprüfen.



Planinhalt

ALU-2-HOLZFENSTER ÜBERDÄMMT - FLÜGEL+FIXVERGLASUNG, Varianten seitlich

Maßstab

1:5

Planformat

DIN A3

Projekt

WB LODENAREAL

Projektnr.

05187

Verfasser

ARCH

Phase

DB

Bauteil

A

Plannummer

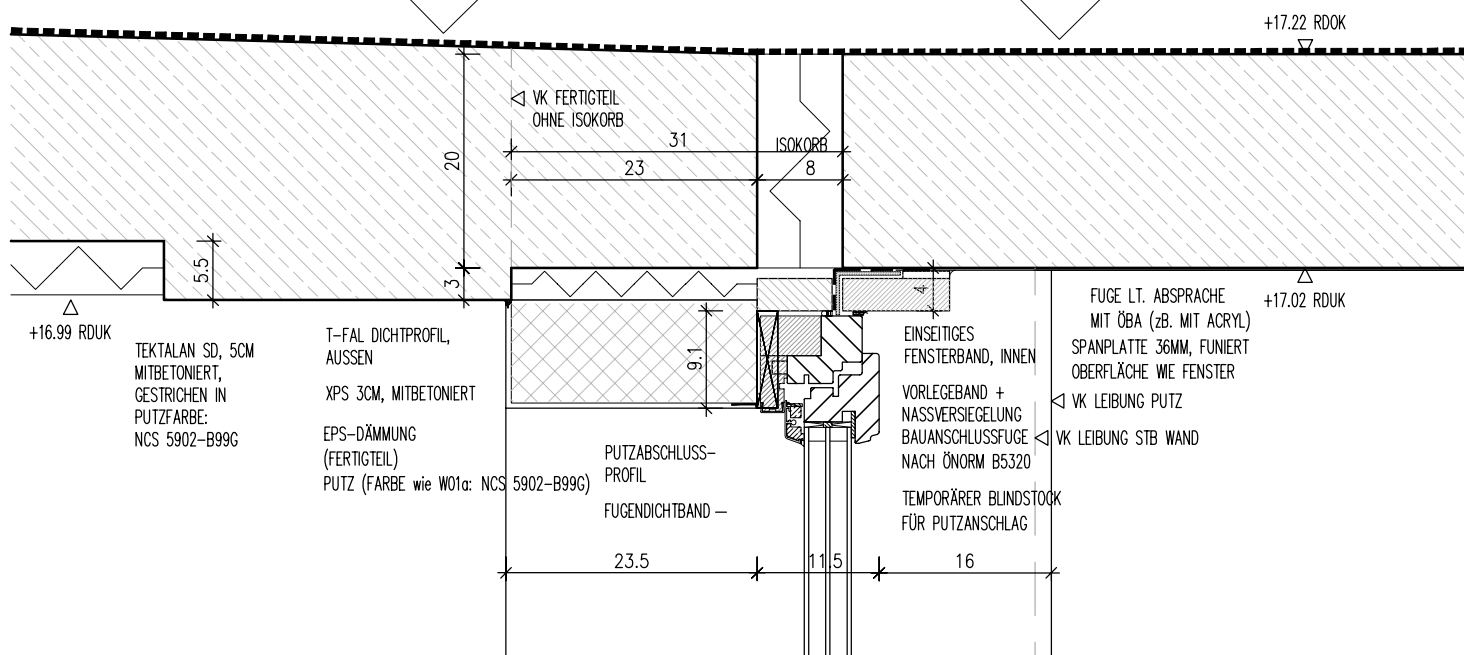
25-04

Datum [J-M-T]

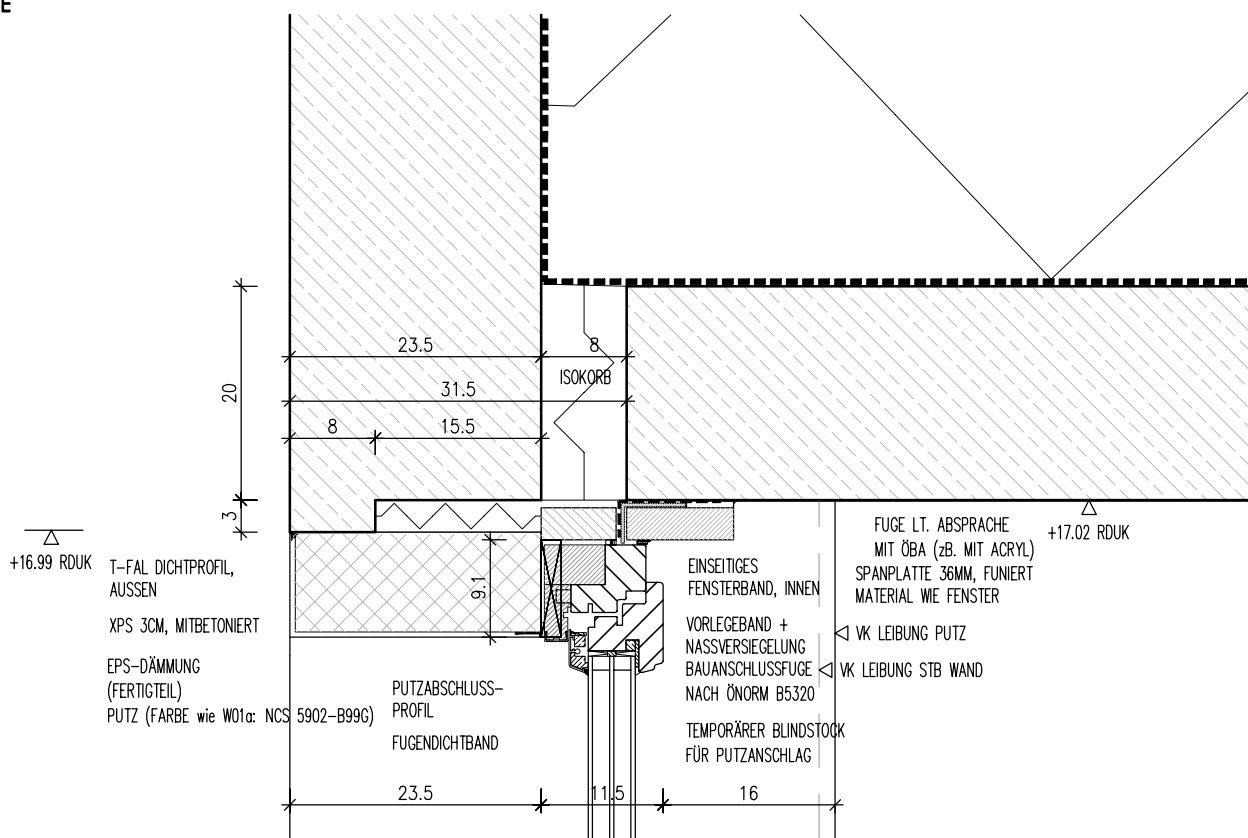
080626

Diese Zeichnung ist das geistige Eigentum der Architekturwerkstatt din a4 und unterliegt dem Urheberrecht. Eine Vervielfältigung und Aushändigung an dritte Personen oder Überlassung an Konkurrenzfirmen ist untersagt. Naturmaße nehmen und Koten überprüfen.

FASSADE HINTEN



FASSADE VORNE



Planinhalt

ALU-2-HOLZFENSTERANSCHLUSS OBEN, DACHBEREICH

Maßstab

1:10

Planformat

DIN A3

Projekt

WB LODENAREAL

Projektnr.

05187

Verfasser

ARCH

Phase

DB

Bauteil

A

Plannummer

25-05

Datum [J-M-T]

080626

Diese Zeichnung ist das geistige Eigentum der Architekturwerkstatt din a4 und unterliegt dem Urheberrecht. Eine Vervielfältigung und Aushändigung an dritte Personen oder Überlassung an Konkurrenzfirmen ist untersagt. Naturmaße nehmen und Koten überprüfen.

Anhang 2

ENERGIEAUSWEIS UND PHPP

Anhang 2-1 Energieausweis Haus A-E

Anhang 2-2 Passivhausnachweis Haus A-E

Energieausweis für Wohngebäude

gemäß Önorm H 5055
und Richtlinie 2002/91/EG

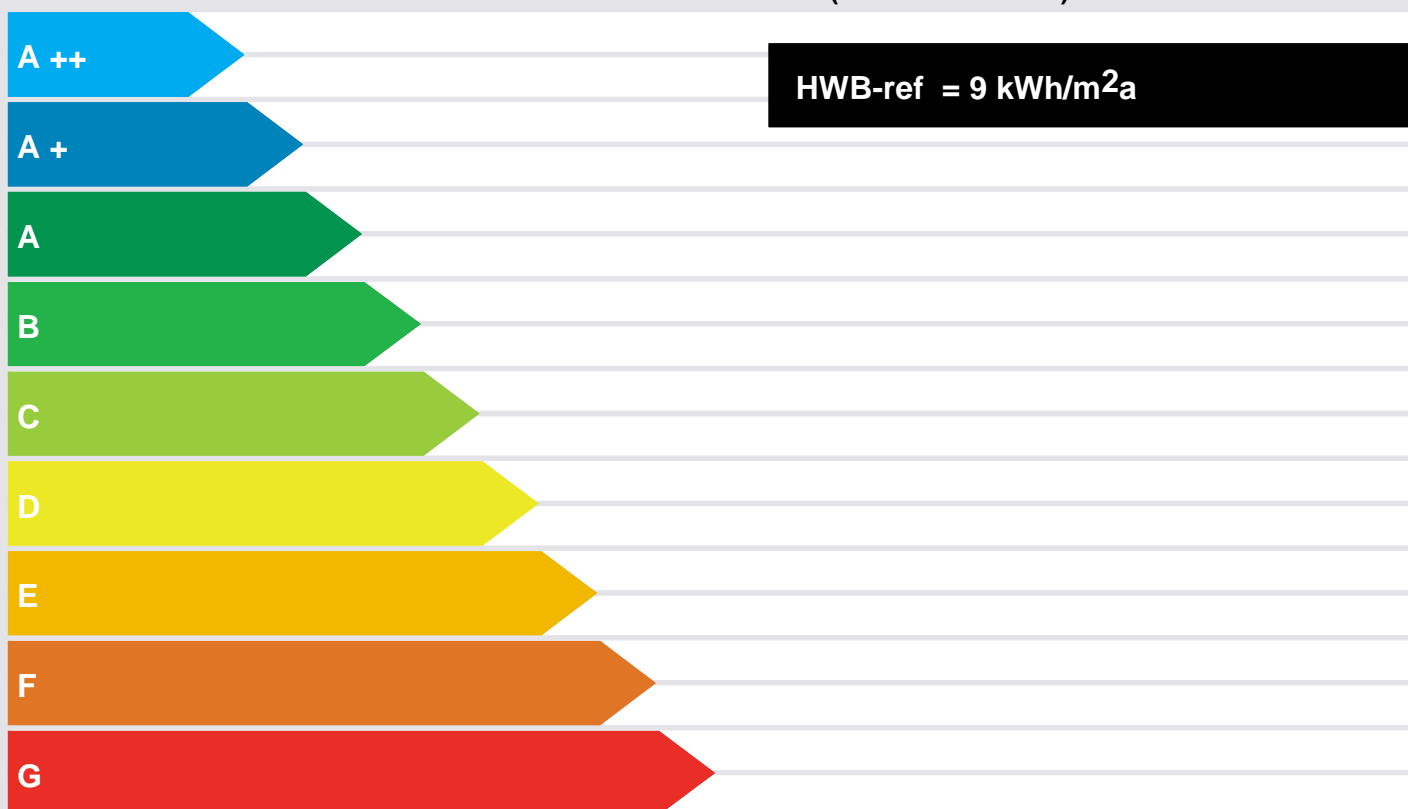
OIB
Österreichisches Institut für Bautechnik



GEBÄUDE

Gebäudeart	Mehrfamilienhaus	Erbaut	2007 bis 2009
Gebäudezone	MFH, IN 145 Haus A-E	Katastralgemeinde	Innsbruck
Straße	General-Eccher-Straße 15 - 23	KG-Nummer	81113
PLZ/Ort	6020 Innsbruck	Einlagezahl	1737
Eigentümer	Neue Heimat Tirol 6020 Innsbruck, Gumpstraße 47,	Grundstücksnummer	1234/11

SPEZIFISCHER HEIZWÄRMEBEDARF BEI 3400 HEIZGRADTAGEN (REFERENZKLIMA)



ERSTELLT

ErstellerIn	Gstrein	Organisation	Klimatherm - techn. Büro
ErstellerIn-Nr.	74	Ausstellungsdatum	12.09.2009
GWR-Zahl		Gültigkeitsdatum	12.09.2019
Geschäftszahl		Unterschrift	

Energieausweis für Wohngebäude

gemäß Önorm H 5055
und Richtlinie 2002/91/EG

OIB
Oesterreichisches Institut für Bautechnik



GEBÄUDEDATEN

Brutto-Grundfläche	9.082,01 m ²
beheiztes Brutto-Volumen	29.221,7 m ³
charakteristische Länge (l _c)	3,20 m
Kompaktheit (A/V)	0,31 1/m
mittlerer U-Wert (U _m)	0,31 W/m ² K
LEK-Wert	18

KLIMADATEN

Klimaregion	NF
Seehöhe	571 m
Heizgradtage	4026 Kd
Heiztage	117 d
Norm-Außentemperatur	-10,8 °C
mittlere Innentemperatur	20 °C

WÄRME- UND ENERGIEBEDARF

	Referenzklima		Standortklima		Anforderungen	
	zonenbezogen	spezifisch	zonenbezogen	spezifisch		
HWB	79.067 kWh/a	8,71 kWh/m ² a	92.480 kWh/a	10,18 kWh/m ² a		
WWWB			116.023 kWh/a	12,78 kWh/m ² a		
HTEB-RH			33.883 kWh/a	3,73 kWh/m ² a		
HTEB-WW			34.267 kWh/a	3,77 kWh/m ² a		
HTEB			223.564 kWh/a	24,62 kWh/m ² a		
HEB			320.108 kWh/a	35,25 kWh/m ² a		
EEB			320.108 kWh/a	35,25 kWh/m ² a		
PEB						
CO ₂						

ERLÄUTERUNGEN

Heizwärmebedarf (HWB):

Vom Heizsystem in die Räume abgegebenen Wärmemenge die benötigt wird, um während der Heizsaison bei einer standardisierten Nutzung eine Temperatur von 20°C zu halten.

Heiztechnikenergiebedarf (HTEB):

Energiemenge die bei der Wärmeerzeugung und -verteilung verloren geht.

Endenergiebedarf (EEB):

Energiemenge die dem Energiesystem des Gebäudes für Heizung und Warmwasserversorgung inklusive notwendiger Energiemengen für die Hilfsbetriebe bei einer typischen Standardnutzung zugeführt werden muss.

HeizWärmeBedarf nach OIB - Richtlinie 6 (Ausgabe 1.1.2008)

Programmsoftware: ECOTECH

Version: 3.1.580

Förderungsgeber:	Datum: 25.06.2012
Bauherber:	Berechner: Gstrein
Bauherber:	Berechner: Klimatherm - techn. Büro
Bauvorhaben: Loden IN 145 Haus A-E	Berechner:
	Stempel Planer:

Gebäudedaten:	Klimadaten:
Gebäudeart:	Mehrfamilienhaus
Kategorie:	Wohngebäude
Wohnnutzfläche (NF):	7282,00 [m²]
BruttoGrundfläche (BGF):	9082,01 [m²]
Bruttovolumen (VB):	29221,71 [m³]
Gebäudekompaktheit:	kontrollierte Wohnraumlüftung:
Oberflächen / Volumen	A / V = 0,31 [1/m]
charakteristische Länge	lc = 3,20 [m]
	Wärmerückgewinnungsgrad (WRG) 75,00 [%]
	Luftwechsel n ₅₀ < 0,60 [1/n]
	Norm Außentemperatur -15 [°C]
	Innentemperatur 20 [°C]
	Heizgradtage 3400 [Kd]
	Heiztage 212 [Tage]
	Förderung Standort

Bauteile	Energiedurchlassgrad g-Wert	A [m²]	Korr.-fakt. f	U-Wert (k-Wert) [W/m²K]	U-Wert TBV [W/m²K]	Anforderung-TBO	Anteil an den Gesamtverlusten %
Fenster: AF 1a , Fenster und Balkontür	0,51	701,72	1,00	0,85 / 0,85	1,40	erfüllt	23,03
Fenster: AF 1a , Fenster und Balkontür	0,51	368,92	1,00	0,85 / 0,85	1,40	erfüllt	12,11
Fenster: AF 1b, Treppenhaus - 1,0 x 1	0,51	75,00	1,00	0,85 / 0,85	1,40	erfüllt	2,46
Tür: AT1	0,52	5,89	1,00	1,70 / 1,70	1,70	erfüllt	0,39
Fenster: AF 1a , Fenster und Balkontür	0,51	352,30	1,00	0,85 / 0,85	1,40	erfüllt	11,56
Fenster: AF 1b, Treppenhaus - 1,0 x 1	0,51	94,35	1,00	0,85 / 0,85	1,40	erfüllt	3,10
Tür: AT1	0,52	8,84	1,00	1,70 / 1,70	1,70	erfüllt	0,58
Fenster: AF 1a , Fenster und Balkontür	0,51	554,60	1,00	0,85 / 0,85	1,40	erfüllt	18,20
Dachfenster: AF 1c, Dachausstieg - 1,	0,20	1,00	1,00	1,50 / 1,50	1,70	erfüllt	0,06
AW:Nordwest, BT 3a, EG bis 5.OG lt. Aufstellung		834,81	1,00	0,10	0,35	erfüllt	3,22
AW:Nordost, BT 3a, EG bis 5.OG lt. Aufstellung		791,07	1,00	0,10	0,35	erfüllt	3,05
AW:Nordost, BT 3c, EG bis 5.OG lt. Aufstellung		224,11	1,00	0,15	0,35	erfüllt	1,30
AW:Süddost, BT 3a, EG bis 5.OG lt. Aufstellung		825,56	1,00	0,10	0,35	erfüllt	3,19
AW:Süddost, BT 3c, EG bis 5.OG lt. Aufstellung		224,11	1,00	0,15	0,35	erfüllt	1,30
AW:Südwest, BT 3a, EG bis 5.OG lt. Aufstellung		923,60	1,00	0,10	0,35	erfüllt	3,57
Flachdach:Flachdach BT 6 nicht HL, lt. BGF EG		1567,86	1,00	0,09	0,20	erfüllt	5,45
Decke über Aussenluft:Fußboden über Außenluft/TG, BT 11, Westen lt. Aufs		250,03	1,45	0,11	0,20	erfüllt	1,54
Keller/Decke: Fußboden zu Keller, BT 14, wie BGF EG lt. Aufst.		1318,83	1,02	0,11	0,40	erfüllt	5,70

Hüllfläche = 9122,60

Heizwärmebedarf (HWB):	
Anforderung an den Heizwärmebedarf nach Tiroler Bauordnung (TBO) 2008	HWB _{BGF} = 47,23 [kWh/m²a]
Anforderung an den Heizwärmebedarf nach Wohnbauförderungsrichtlinien 2007	HWB _{BGF} = 25,80 [kWh/m²a]
Anforderung an den Heizwärmebedarf nach Wohnbauförderungsrichtlinien 2010	HWB _{BGF} = 20,74 [kWh/m²a]
Anforderung an den Heizwärmebedarf nach Wohnbauförderungsrichtlinien 2012	HWB _{BGF} = 14,99 [kWh/m²a]
Spezifischer HeizWärmeBedarf (HWB) pro m² BGF für den jeweiligen Standort	Q _H /BGF = 10,18 [kWh/m²a]
Spezifischer Heizwärmebedarf (HWB) pro m² BGF für die Förderung	Q _H /BGF = 8,71 [kWh/m²a]
Anforderung Wohnbauförderung 2007	erfüllt
Abweichung des spez. Heizwärmebedarfs von der Anforderung Wohnbauförderung 2007	-66,25 %
Anforderung Wohnbauförderung 2010	erfüllt
Abweichung des spez. Heizwärmebedarfs von der Anforderung Wohnbauförderung 2010	-58,02 %
Anforderung Wohnbauförderung 2012	erfüllt
Abweichung des spez. Heizwärmebedarfs von der Anforderung Wohnbauförderung 2012	-41,93 %

Heizenergiebedarf (HEB):						
Art der Heizung: Nah-/Fernwärme, W	Einsatz einer Solaranlage:	Ja	Teilsolare Raumheizung:	Ja	m² Kollektorfläche:	267,00
Anforderung an den Heizenergiebedarf nach Tiroler Bauordnung (TBO) 2008					HWB _{BGF} =	41,67 [kWh/m²a]
Spezifischer Heizenergiebedarf (HEB) pro m² BGF					HWB _{BGF} =	35,25 [kWh/m²a]
Der Heizenergiebedarf (HEB) erfasst den Gesamtwärmebedarf des Gebäudes. Er beinhaltet sowohl den Energiebedarf für die Beheizung des Gebäudes (HWB), die Erzeugung des Warmwassers (WWWB) sowie für den Betrieb des Heizsystems (HTEB).						

Energiekennzahlen

Projekt: **Loden IN 145 Haus A-E**

Datum: 25. Juni 2012

Blatt 1

HWB Referenzklima	8,71	kWh/m²a
HWB Standort	10,18	kWh/m²a
BGF (beheizt)	9.082,01	m²
Oberfläche (A)	9.122,61	m²
Bruttorauminhalt (V)	29.221,71	m³
A/V	0,31	1/m

Gebäudedaten (U-Werte, Heizlast)

Projekt: **Loden IN 145 Haus A-E**

Datum: 25. Juni 2012

Blatt 2

Gebäudekennndaten					
Norm-Außentemperatur:	-10,8 °C	V _B	29221,71 m ³	I _c	3,20 m
Berechnungs-Raumtemperatur:	20 °C	A _B	9122,61 m ²	U _m	0,31 [W/m ² K]
Standort: 6020 Innsbruck		BGF	9082,01 m ²	Durchschnittl. Geschoßhöhe	3,22 m

Bauteile	Fläche A [m ²]	Wärmed.- koeffiz. U - Wert [W/(m ² ·K)]	Leitwerte [W/K]
Außenwand	3823,27	0,11	404,74
Dach	1567,86	0,09	141,11
Fenster u. Türen	2162,62	0,86	1851,40
Decke zu unbeheiztem Keller	1318,83	0,11	147,71
Decke über Durchfahrt	250,03	0,11	40,00
Wärmebrücken (vereinfacht nach OIB)			243,83
Summe OBEN-Bauteile	1567,86		
Summe UNTEN-Bauteile	1568,86		
Summe Außenwandflächen	3823,27		
Fensteranteil in Aussenwänden 35,9 %	2146,89		
Summe		[W/K]	2833,59
Spez. Transmissionswärmeverlust		[W/m ³ K]	0,10
Gebäude-Heizlast		[kW]	113,387
Spez. Heizlast P _T		[W/m ² BGF]	12,485

Die berechnete Heizlast kann für die Auslegung des Wärmeerzeugers herangezogen werden. Für die exakte Dimensionierung der Heizungsanlage ist die ÖNORM H 7500 bzw. EN ISO 12831 anzuwenden.

Globalstrahlungssummen

Projekt: **Loden IN 145 Haus A-E**
Beiblatt: **1 a**

Datum: 25. Juni 2012 Blatt 3

Standardisierte Klimadaten: (Referenzklima)

Monatliche mittlere Außentemperaturen und monatliche mittlere Globalstrahlungssummen in kWh/m².

	°C	Hori- zontal	Süd	Südost	Ost	Nordost	Nord	Nordwes t	West	Südwest	Dauer [Tage]
Jänner	-1,5	107,24	142,67	115,02	70,24	49,61	47,20	49,61	70,24	115,02	31
Februar	0,7	185,11	216,58	178,16	115,70	81,43	75,89	81,43	115,70	178,16	28
März	4,8	300,24	282,20	247,68	187,63	126,11	102,10	126,11	187,63	247,68	31
April	9,6	406,12	284,26	278,17	243,65	182,74	142,13	182,74	243,65	278,17	30
Mai	14,2	552,10	314,68	329,87	317,45	252,58	198,76	252,58	317,45	329,87	31
Juni	17,3	558,79	279,40	310,14	318,53	266,83	212,36	266,83	318,53	310,14	30
Juli	19,1	578,09	294,84	330,95	335,30	273,13	213,88	273,13	335,30	330,95	31
August	18,6	498,60	314,10	322,85	294,16	215,64	159,55	215,64	294,16	322,85	31
September	15,0	356,29	295,70	269,89	217,33	155,88	128,27	155,88	217,33	269,89	30
Oktober	9,6	231,66	252,50	212,54	147,10	96,73	85,72	96,73	147,10	212,54	31
November	4,2	113,26	150,66	120,06	72,50	50,11	47,56	50,11	72,50	120,06	30
Dezember	0,2	80,39	123,80	96,88	52,67	35,78	34,56	35,78	52,67	96,88	31

Standortbezogene Klimadaten: (Innsbruck)

Monatliche mittlere Außentemperaturen und monatliche mittlere Globalstrahlungssummen in kWh/m².

	°C	Hori- zontal	Süd	Südost	Ost	Nordost	Nord	Nordwes t	West	Südwest	Dauer [Tage]
Jänner	-2,7	116,57	179,52	139,89	76,94	48,96	45,46	48,96	76,94	139,89	31
Februar	-0,9	190,28	239,75	194,08	119,87	76,11	68,50	76,11	119,87	194,08	28
März	2,9	311,67	299,20	261,80	196,35	127,78	102,85	127,78	196,35	261,80	31
April	7,1	409,09	286,36	282,27	245,45	184,09	143,18	184,09	245,45	282,27	30
Mai	11,7	529,98	291,49	312,69	307,39	243,79	190,79	243,79	307,39	312,69	31
Juni	14,8	517,18	253,42	289,62	294,79	248,25	196,53	248,25	294,79	289,62	30
Juli	16,6	546,08	278,50	311,27	316,73	256,66	202,05	256,66	316,73	311,27	31
August	16,0	492,10	305,10	319,86	295,26	221,44	162,39	221,44	295,26	319,86	31
September	13,0	368,78	306,08	280,27	228,64	162,26	132,76	162,26	228,64	280,27	30
Oktober	8,1	240,31	276,36	230,70	153,80	96,13	81,71	96,13	153,80	230,70	31
November	2,5	130,54	193,20	151,43	84,85	53,52	50,91	53,52	84,85	151,43	30
Dezember	-1,6	89,02	151,33	116,61	59,64	37,39	35,61	37,39	59,64	116,61	31

Wärmebedarf Standort

Projekt: **Loden IN 145 Haus A-E**

Datum: 25. Juni 2012

Blatt 4

Monatliche Berechnung des Wärmebedarfs:

Standort Innsbruck
Klimaregion NF
Seehöhe 571 m
LT 2.833,59 W/K
LV 847,81 W/K
Innentemperatur 20 °C
t_Heiz,d 24 h/d
q_ihn 3,75 W/m²
BGF 9.082,01 m²
C 584.434,10 Wh/K

Monate	Trans.- verluste [kWh/a]	Lüft.- verluste [kWh/a]	Wärme- verluste [kWh/a]	Innere Gewinne [kWh/a]	Solare Gewinne [kWh/a]	Gesamt- gewinne [kWh/a]	Gewinn/ verlust Verhältn.	Nutz.- grad	Bedarf [kWh/a]
Jan	47.795	14.300	62.095	20.271	12.423	32.695	0,53	1,00	29.414,7
Feb	39.715	11.883	51.598	18.309	17.831	36.140	0,70	0,99	15.682,5
Mar	36.123	10.808	46.930	20.271	25.874	46.145	0,98	0,92	4.309,2
Apr	26.303	7.870	34.173	19.617	31.256	50.873	1,49	0,67	146,7
Mai	17.472	5.228	22.699	20.271	37.516	57.787	2,55	0,39	0,5
Jun	10.683	3.196	13.879	19.617	36.375	55.993	4,03	0,25	0,0
Jul	7.242	2.167	9.409	20.271	38.359	58.630	6,23	0,16	0,0
Aug	8.366	2.503	10.869	20.271	36.350	56.621	5,21	0,19	0,0
Sep	14.189	4.245	18.435	19.617	29.546	49.163	2,67	0,37	0,3
Okt	25.069	7.500	32.569	20.271	21.605	41.876	1,29	0,77	489,4
Nov	35.782	10.706	46.488	19.617	13.487	33.104	0,71	0,99	13.621,9
Dez	45.554	13.630	59.184	20.271	10.108	30.379	0,51	1,00	28.815,1
Summe	314.292	94.036	408.328	238.675	310.729	549.405	1,35	0,57	92.480

Monate	0e [°C]	T [h]	a [-]
Jan	-2,67	158,75	10,92
Feb	-0,86	158,75	10,92
Mar	2,87	158,75	10,92
Apr	7,11	158,75	10,92
Mai	11,71	158,75	10,92
Jun	14,76	158,75	10,92
Jul	16,56	158,75	10,92
Aug	16,03	158,75	10,92
Sep	13,05	158,75	10,92
Okt	8,11	158,75	10,92
Nov	2,46	158,75	10,92
Dez	-1,61	158,75	10,92

Der flächenbezogene Heizwärmebedarf beträgt:

10,18

[kWh/(m²a)]

Wärmebedarf Referenzstandort

Projekt: **Loden IN 145 Haus A-E**

Datum: 25. Juni 2012

Blatt 5

Monatliche Berechnung des Wärmebedarfs:

Standort	Referenzklima	
Klimaregion	NF	
Seehöhe	0	m
LT	2.828,68	W/K
LV	847,81	W/K
Innentemperatur	20	°C
t_Heiz,d	24	h/d
q_ihn	3,75	W/m²
BGF	9.082,01	m²
C	584.434,10	Wh/K

Monate	Trans.- verluste [kWh/a]	Lüft.- verluste [kWh/a]	Wärme- verluste [kWh/a]	Innere Gewinne [kWh/a]	Solare Gewinne [kWh/a]	Gesamt- gewinne [kWh/a]	Gewinn/ verlust Verhältn.	Nutz.- grad	Bedarf [kWh/a]
Jan	45.311	13.580	58.891	20.271	10.893	31.164	0,53	1,00	27.740,9
Feb	36.630	10.979	47.608	18.309	17.207	35.516	0,75	0,99	12.470,1
Mar	31.968	9.581	41.549	20.271	24.857	45.128	1,09	0,87	2.129,2
Apr	21.140	6.336	27.477	19.617	30.898	50.515	1,84	0,54	16,1
Mai	12.206	3.658	15.865	20.271	39.243	59.514	3,75	0,27	0,0
Jun	5.438	1.630	7.068	19.617	39.025	58.642	8,30	0,12	0,0
Jul	1.852	555	2.407	20.271	40.802	61.073	25,37	0,04	0,0
Aug	3.031	908	3.939	20.271	36.119	56.390	14,32	0,07	0,0
Sep	10.122	3.034	13.156	19.617	28.425	48.042	3,65	0,27	0,0
Okt	21.803	6.535	28.338	20.271	20.497	40.768	1,44	0,69	164,0
Nov	32.261	9.669	41.930	19.617	11.250	30.867	0,74	0,99	11.356,4
Dez	41.691	12.496	54.186	20.271	8.740	29.011	0,54	1,00	25.190,2
Summe	263.452	78.962	342.414	238.675	307.953	546.628	1,60	0,48	79.067

Monate	0e [°C]	T [h]	a [-]
Jan	-1,53	158,97	10,94
Feb	0,73	158,97	10,94
Mar	4,81	158,97	10,94
Apr	9,62	158,97	10,94
Mai	14,20	158,97	10,94
Jun	17,33	158,97	10,94
Jul	19,12	158,97	10,94
Aug	18,56	158,97	10,94
Sep	15,03	158,97	10,94
Okt	9,64	158,97	10,94
Nov	4,16	158,97	10,94
Dez	0,19	158,97	10,94

Der flächenbezogene Heizwärmebedarf beträgt:

8,71

[kWh/(m²a)]

Transmissionsverluste

Projekt: **Loden IN 145 Haus A-E**

Datum: 25. Juni 2012

Blatt 6

Le Verluste zu Außenluft

Bezeichnung	A [m²]	U [W/m²K]	f _{ih} [-]	F _{FH} [-]	A*U*f _{ih} *F _{FH} [W/K]
Nordwest, BT 3a, EG bis 5.OG lt. Aufstellung	834,81	0,10	1,000	1,000	83,48
AF 1a , Fenster und Balkontüren- 1,0 x 1,0	701,72	0,85	1,000	1,000	596,46
Nordost, BT 3a, EG bis 5.OG lt. Aufstellung	791,07	0,10	1,000	1,000	79,11
AF 1a , Fenster und Balkontüren- 1,0 x 1,0	368,92	0,85	1,000	1,000	313,58
AF 1b, Treppenhaus - 1,0 x 1,0	75,00	0,85	1,000	1,000	63,75
AT1	5,89	1,70	1,000	1,000	10,01
Nordost, BT 3c, EG bis 5.OG lt. Aufstellung	224,11	0,15	1,000	1,000	33,62
Süddost, BT 3a, EG bis 5.OG lt. Aufstellung	825,56	0,10	1,000	1,000	82,56
AF 1a , Fenster und Balkontüren- 1,0 x 1,0	352,30	0,85	1,000	1,000	299,46
AF 1b, Treppenhaus - 1,0 x 1,0	94,35	0,85	1,000	1,000	80,20
AT1	8,84	1,70	1,000	1,000	15,03
Süddost, BT 3c, EG bis 5.OG lt. Aufstellung	224,11	0,15	1,000	1,000	33,62
Südwest, BT 3a, EG bis 5.OG lt. Aufstellung	923,60	0,10	1,000	1,000	92,36
AF 1a , Fenster und Balkontüren- 1,0 x 1,0	554,60	0,85	1,000	1,000	471,41
Flachdach BT 6 nicht HL, lt. BGF EG	1.567,86	0,09	1,000	1,000	141,11
AF 1c, Dachausstieg - 1,0 x 1,0	1,00	1,50	1,000	1,000	1,50
Fußboden über Außenluft/TG, BT 11, Westen lt. Aufs	250,03	0,11	1,000	1,492	41,03
Summe	7.803,78				2.438,27

Lg Verluste zu Erdreich oder zu unkonditioniertem Keller

Bezeichnung	A [m²]	U [W/m²K]	f _{ih} [-]	F _{FH} [-]	A*U*f _{ih} *F _{FH} [W/K]
Fußboden zu Keller, BT 14, wie BGF EG lt. Aufst.	1.318,83	0,11	0,700	1,492	151,49
Summe	1.318,83				151,49

Leitwerte

Hüllfläche AB	9.122,61	m²
Leitwert für Bauteile, die an Außenluft grenzen L _e	2.438,27	W/K
Leitwert für Bauteile, die an unbeheizte Räume grenzen L _u	0,00	W/K
Leitwert für bodenberührte Bauteile und Bauteile, die an unkonditionierte Keller grenzen L _g	151,49	W/K
Leitwert der Gebäudehülle L _r	2.833,59	W/K
Leitwertzuschlag für Wärmebrücken (vereinfacht)	243,83	W/K
Leitwertzuschlag für Wärmebrücken (detailliert lt. Baukörper) (informativ)	0,00	W/K
Lüftungsleitwert L _v	847,81	W/K

Heizlast

Innentemperatur T _i	20,0	°C
Normaußentemperatur T _{Ne}	-10,8	°C
Temperaturdifferenz delta T	30,8	°C
Heizlast P _{tot}	113,387	W
Flächenbez. Heizlast P ₁	12,5	W/m²

Lüftungsverluste

Projekt: **Loden IN 145 Haus A-E**
Beiblatt: **2 c**

Datum: 25. Juni 2012 Blatt 7

Lüftungsverluste Wohngebäude - mechanische Lüftung

Brutto-Grundfläche $BGF [m^2]$	9082,01
Energetisch wirksames Luftvolumen $V_v [m^3]$	18890,58
Falschlufrate (Infiltrationsrate) $n_x [1/h]$	0,04
Wärmebereitstellungsgrad des Lüftungsgerätes mit Wärmerückgewinnung $\eta_{WRG} [-]$	0,75
Wärmebereitstellungsgrad des Erdwärmetauschers $\eta_{EWT} [-]$	0,08
Wärmebereitstellungsgrad des Gesamtsystems $\eta_{Vges} [-]$	0,77
Luftvolumenstrom $v_v [m^3/h]$	2493,56
Wärmekapazität der Luft $\rho_L \cdot c_{p,L} [Wh/(m^3 \cdot K)]$	0,34
Lüftungsleitwert $L_v [W/K]$	847,81

Der Lüftungs-Leitwert L_v wird gemäß ÖNORM B 8110-6:2007 wie folgt ermittelt:

$$L_v = c_{p,L} \cdot \rho_L \cdot v_v \dots \text{ in W/K}$$

Der Luftvolumenstrom v_v ist mit $v_v = [0,4 \cdot (1 - \eta_{Vges}) + n_x] \cdot V_v = 2493,56 \text{ m}^3/h$ anzusetzen.

Bauteil - Dokumentation

Wärmeübertragung durch Bauteile (U-Wert) nach EN ISO 6946

Projekt: **Loden IN 145 Haus A-E**

Datum: 25. Juni 2012

Blatt 8

3a Außenwand ohne HL

Verwendung : Außenwand

U	OI3	Nr	Bezeichnung	d[m]	Lambda	d/Lambda
<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	1	STO Silco K/R/MP	0,002	0,750	0,003
<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	2	STO Armat Classic	0,004	0,700	0,006
<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	3	STO Polystyrol Hartschaumplatte EPS-F Klima 032	0,300	0,032	9,375
<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	4	Kleber und Luft	0,010	Ø 0,644	Ø 0,016
		4a	STO Levell Uni	25 %	0,870	-
		4b	STO Levell Uni	25 %	0,870	-
		4c	Lotrecht S.zahl=0.3	50 %	0,417	-
<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	5	Stahlbeton 2400	0,180	2,300	0,078
<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	6	Kalk-KZM Mörtel	0,010	0,810	0,012
Rse+Rsi = 0,17 Bauteil-Dicke [m]: 0,506				U-Wert [W/(m²K)]: 0,10		

☒ wird in der U-Wert Berechnung / OI3 Berechnung berücksichtigt

3c Außenwand mit HL

Verwendung : Außenwand mit Hinterlüftung

U	OI3	Nr	Bezeichnung	d[m]	Lambda	d/Lambda
<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	1	Luftschicht - Hinterl. und Fassdenplatte ^{1) 2) 3)}	0,040	Ø,190	Ø,214
<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	2	TYVEK Soft Antireflex	0,002	0,000	0,000
<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	3	Lambdapor zw. Lattung	0,080	Ø 0,041	Ø 1,931
		3a	STO Polystyrol Hartschaumplatte EPS-F Klima 032	46 %	0,032	-
		3b	STO Polystyrol Hartschaumplatte EPS-F Klima 032	46 %	0,032	-
		3c	Weichholz normal	8 %	0,150	-
<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	4	Lambdapor zw. Lattung	0,160	Ø 0,041	Ø 3,861
		4a	STO Polystyrol Hartschaumplatte EPS-F Klima 032	46 %	0,032	-
		4b	STO Polystyrol Hartschaumplatte EPS-F Klima 032	46 %	0,032	-
		4c	Weichholz normal	8 %	0,150	-
<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	5	Stahlbeton 2400 ²⁾	0,180	1,000	0,180
<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	6	Innenputz ¹⁾	0,010	1,000	0,010
Rse+Rsi = 0,26 Bauteil-Dicke [m]: 0,472				U-Wert [W/(m²K)]: 0,15		

☒ wird in der U-Wert Berechnung / OI3 Berechnung berücksichtigt

☐ wird in der U-Wert Berechnung / OI3 Berechnung nicht berücksichtigt

1) Diese Baustoffe stammen aus dem benutzereigenen Baustoffkatalog!

2) Für diese Baustoffe wurden die ECOTECH-Baustoffdaten vom Benutzer individuell abgeändert!

3) Diese Schicht wird nicht in die Berechnung des U-Wertes mit einbezogen.

Trenndecke beheizt - beheizt

Verwendung : Trenndecke

U	OI3	Nr	Bezeichnung	d[m]	Lambda	d/Lambda
<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	1	5.3 Parkett, Dielung ²⁾	0,010	0,800	0,013
<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	2	1.202.06 Estrichbeton	0,070	1,400	0,050
<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	3	7.2.5.2 Polyethylen-Folien Dicke d >=0,1 mm	0,001	1,000	0,001
<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	4	1.302.06 Polystyrol-Hartsch. 20 ²⁾	0,030	0,044	0,682
<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	5	7.2.5.2 Polyethylen-Folien Dicke d >=0,1 mm	0,001	1,000	0,001
<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	6	Gebundene Schüttung Lambda 0,06 ¹⁾	0,070	0,060	1,167
<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	7	Stahlbeton 2400	0,200	2,300	0,087
<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	8	Spachtelung ^{1) 2)}	0,002	1,000	0,002
Rse+Rsi = 0,26 Bauteil-Dicke [m]: 0,384				U-Wert [W/(m²K)]: 0,44		

☒ wird in der U-Wert Berechnung / OI3 Berechnung berücksichtigt

1) Diese Baustoffe stammen aus dem benutzereigenen Baustoffkatalog!

2) Für diese Baustoffe wurden die ECOTECH-Baustoffdaten vom Benutzer individuell abgeändert!

11 Decke gegen Außenluft/TG

Verwendung : Decke über Außenluft (Durchfahrten, Erker, ..)

U	OI3	Nr	Bezeichnung	d[m]	Lambda	d/Lambda
<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	1	5.3 Parkett, Dielung ²⁾	0,010	0,800	0,013
<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	2	1.202.06 Estrichbeton	0,070	1,400	0,050
<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	3	7.2.5.2 Polyethylen-Folien Dicke d >=0,1 mm	0,001	1,000	0,001
<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	4	1.302.06 Polystyrol-Hartsch. 20 ²⁾	0,030	0,044	0,682
<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	5	7.2.5.2 Polyethylen-Folien Dicke d >=0,1 mm	0,001	1,000	0,001
<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	6	gebundene Schüttung lambda 0,05 ²⁾	0,070	0,050	1,397
<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	7	Stahlbeton 2400	0,200	2,300	0,087
<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	8	Planarock	0,260	0,041	6,341
Rse+Rsi = 0,21 Bauteil-Dicke [m]: 0,642				U-Wert [W/(m²K)]: 0,11		

☒ wird in der U-Wert Berechnung / OI3 Berechnung berücksichtigt

2) Für diese Baustoffe wurden die ECOTECH-Baustoffdaten vom Benutzer individuell abgeändert!

Bauteil - Dokumentation

Wärmeübertragung durch Bauteile (U-Wert) nach EN ISO 6946

Projekt: **Loden IN 145 Haus A-E**

Datum: 25. Juni 2012

Blatt 9

14 Decke gegen Keller

Verwendung : Decke mit Wärmestrom nach unten

U	Ol3	Nr	Bezeichnung	d[m]	Lambda	d/Lambda
<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	1	5.3 Parkett, Dielung ²⁾	0,010	0,800	0,013
<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	2	1.202.06 Estrichbeton	0,070	1,400	0,050
<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	3	7.2.5.2 Polyethylen-Folien Dicke d >=0,1 mm	0,001	1,000	0,001
<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	4	1.302.06 Polystyrol-Hartsch. 20 ²⁾	0,030	0,044	0,682
<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	5	7.2.5.2 Polyethylen-Folien Dicke d >=0,1 mm	0,001	1,000	0,001
<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	6	gebundene Schüttung lambda 0,05 ²⁾	0,070	0,050	1,397
<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	7	Stahlbeton 2400	0,200	2,300	0,087
<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	8	Planarock	0,260	0,041	6,341

Rse+Rsi = 0,34 Bauteil-Dicke [m]: 0,642 U-Wert [W/(m²K)]: 0,11

☒ wird in der U-Wert Berechnung / Ol3 Berechnung berücksichtigt

²⁾ Für diese Baustoffe wurden die ECOTECH-Baustoffdaten vom Benutzer individuell abgeändert!

6 Flachdach

Verwendung : Dach ohne Hinterlüftung

U	Ol3	Nr	Bezeichnung	d[m]	Lambda	d/Lambda
<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	1	Vlies, Dachbegrünung oder Kies ^{1) 2) 3)}	0,055	0,190	0,289
<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	2	7.2.2 Bitumen	0,015	0,170	0,088
<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	3	Lambdapor 031 EPS ^{1) 2)}	0,360	0,032	11,250
<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	4	Dampfsperre ²⁾	0,003	0,200	0,014
<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	5	Haftgrund ²⁾	0,001	0,700	0,002
<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	6	Stahlbeton ²⁾	0,200	2,300	0,087
<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	7	Innenspachtelmasse ²⁾	0,002	0,700	0,003

Rse+Rsi = 0,14 Bauteil-Dicke [m]: 0,636 U-Wert [W/(m²K)]: 0,09

☒ wird in der U-Wert Berechnung / Ol3 Berechnung berücksichtigt

☐ wird in der U-Wert Berechnung / Ol3 Berechnung nicht berücksichtigt

¹⁾ Diese Baustoffe stammen aus dem benutzereigenen Baustoffkatalog!

²⁾ Für diese Baustoffe wurden die ECOTECH-Baustoffdaten vom Benutzer individuell abgeändert!

³⁾ Diese Schicht wird nicht in die Berechnung des U-Wertes mit einbezogen.

Passivhaus Nachweis



Objekt:	BV Lodenareal: din a4, Haus A		
Standort und Klima:	Innsbruck		Innsbruck Alpsolar
Straße:	In 144 Lodenareal		
Straße:	Österreich		
PLZ/Ort:	A-6020 Innsbruck		
Land:	Österreich		
Objekt-Typ:	Geschosswohnungsbau		
Bauherr(en):	Neue Heimat Tirol		
Adresse:	Gumpstr. 47, A-6023 Innsbruck		
Architekten Haus A - D:	Architekturwerkstatt din a4		
	Museumstraße 23, A-6020 Innsbruck		
Architekten Haus E - F :	Architekturwerkstatt din a4		
	Museumstraße 23, A-6020 Innsbruck		
Haustechnik:	Klimatherm		
	Solstenstraße 3, A-6170 Zirl		
PHPP, WB, QS:	Herz & Lang GmbH		
	Ritzensonnenhalb 5a, D-87480 Weitnau		
Tragwerksplanung:	Dipl.-Ing. Gerhard Neuner		
	Ulmenstraße 39, A-6064 Rum/Innsbruck		
Baujahr:	2008		

Kennwerte mit Bezug auf Energiebezugsfläche											
Bauteil:	A	B	C	D	E	Summe		Innentemperatur:	20,0	°C	
Energiebezugsfläche:	1391,55	1389,70	1960,33	1392,33	1388,35	7522,2	m²	Interne Wärmequellen:	2,1	W/m²	
Raumluftvolumen:	3478,88	3474,24	4900,82	3480,82	3470,87	18805,6	m³				
Zahl WE:	18	18	24	18	18	96					
Personenzahl:	39,8	39,7	56,0	39,8	39,7	214,9					
	Verwendet: Nachweis: Monatsverfahren					Mittelwerte gewichtet		PH-Zertifikat:		Erfüllt?	
Energiekennwert Heizwärme:	13,72	12,31	14,08	14,10	16,46	14	kWh/(m²a)	15	kWh/(m²a)	✓	
Drucktest-Ergebnis ZIELWERT:	0,22	0,21	0,24	0,25	0,17	0,22	h⁻¹	0,6	h⁻¹	✓	
Primärenergie-Kennwert (WW, Heizung, Hilfs- u. Haushalts-Strom):	104,89	104,28	103,23	104,94	106,11	105	kWh/(m²a)	120	kWh/(m²a)	✓	
Primärenergie-Kennwert (WW, Heizung und Hilfsstrom):	29,09	28,45	28,56	29,15	30,26	29	kWh/(m²a)				
Primärenergie-Kennwert Einsparung durch solar erzeugten Strom:							kWh/(m²a)				
Heizlast:	9,37	8,86	8,92	9,18	9,57	9,2	W/m²				

Übertemperaturhäufigkeit: 7,5% 8,5% 6,1% 2,6% 1,5% 5% über 25 °C

Kennwert mit Bezug auf Nutzfläche nach EnEV											
Umbautes Volumen V _u :	5661	5572	7623	5584	5636	30074,4	m³				
Nutzfläche nach EnEV:	1811,4	1782,9	2439,3	1786,8	1803,4	9623,8	m²				
Primärenergie-Kennwert (WW, Heizung und Hilfsstrom):	22,3	22,2	23,0	22,7	23,3	23	kWh/(m²a)	40	kWh/(m²a)	Anforderung: Erfüllt? ✓	

Die Bauteile A bis E werden zusammenhängend errichtet jedoch getrennt nach dem Verfahren PHPP auf Basis der Kennwerte der Gebäude berechnet. Hier werden deshalb die flächengewichteten Mittelwerte dargestellt. Die Berechnungen mit PHPP liegen bei.

Ausgestellt am:

Darmstadt, den 21.12.2007

gezeichnet:

Dipl.-Ing. (FH) Martin Such

Dipl.-Ing. (FH) R. Bouhmar

überarbeitet am 18.09.09 durch Herz & Lang GmbH

Anhang 3

HAUSTECHNIKPLANUNG

Anhang 3-1 Ausschnitt Grundriss Haustechnikplan (Klimatherm)

Anhang 3-2 Ausschnitt Schnitt Haustechnikplan (Klimatherm)

Anhang 3-3 Zählerlaufplan

7
3
9
10
A
B

6-8 Balkon
10,24 m² / 7,7 m
Bsp7-FERTIGTEIL

BTA0 Balkon T
10,24 m² / 7,7 m
Bsp7-FERTIGTEIL

4-8 Balkon
10,24 m² / 6,6 m
Bsp7-FERTIGTEIL

Heizkreis Nr. 5
20°C
FUSSBODENHEIZUNG
1 RZ VA 20
2,1 m² / 27 m

Heizkreis Nr. 4
19°C
FUSSBODENHEIZUNG
1 RZ VA 20
4,4 m² / 38 m

2a
Heizkreis Nr. 6
24°C
FUSSBODENHEIZUNG
1 HK VA 20
5 m² / 42 m

Heizkreis Nr. 1
20°C
FUSSBODENHEIZUNG
1 RZ VA 20
4,4 m² / 38 m

Heizkreis Nr. 2
20°C
FUSSBODENHEIZUNG
1 RZ VA 20
3 m² / 32 m

Heizkreis Nr. 3
24°C
FUSSBODENHEIZUNG
1 HK VA Wohnen-Essen-Küche
3,4 m² / 34 m

Heizkreis Nr. 2
20°C
FUSSBODENHEIZUNG
1 RZ VA 20
4,9 m² / 42 m

Heizkreis Nr. 2
20°C
FUSSBODENHEIZUNG
1 RZ VA 20
2 m² / 27 m

Heizkreis Nr. 1
20°C
FUSSBODENHEIZUNG
1 RZ VA 20
5,7 m² / 46 m

Heizkreis Nr. 5
20°C
FUSSBODENHEIZUNG
1 RZ VA 20
4,9 m² / 42 m

Heizkreis Nr. 4
20°C
FUSSBODENHEIZUNG
1 RZ VA 20
3 m² / 32 m

Heizkreis Nr. 3
24°C
FUSSBODENHEIZUNG
1 HK VA 20
3,4 m² / 34 m

6-3 Schlafen
13,99 m² / 4,93 m
Bsp7-FERTIGTEIL

TYP 2
Top 6
W. 75 m³/h
max. 33,92

Top 5
W. 60 m³/h
max. 75 m³/h

TYP 2
Top 4
W. 75 m³/h
max. 95 m³/h

4-3 Schlafen
14,11 m² / 4,99 m
Bsp7-FERTIGTEIL

6-5 Kind
11,77 m² / 3,90 m
Bsp7-FERTIGTEIL

5-3 Schlafen
13,60 m² / 4,66 m
Bsp7-FERTIGTEIL

4-1 Wohnen-Essen-Küche
48,89 m² / 33,82 m
Bsp7-FERTIGTEIL

4-5 Kind
11,87 m² / 3,96 m
Bsp7-FERTIGTEIL

6-7 Balkon
10,24 m² / 9,07 m
Bsp7-FERTIGTEIL

5-7 Balkon
10,24 m² / 9,78 m
Bsp7-FERTIGTEIL

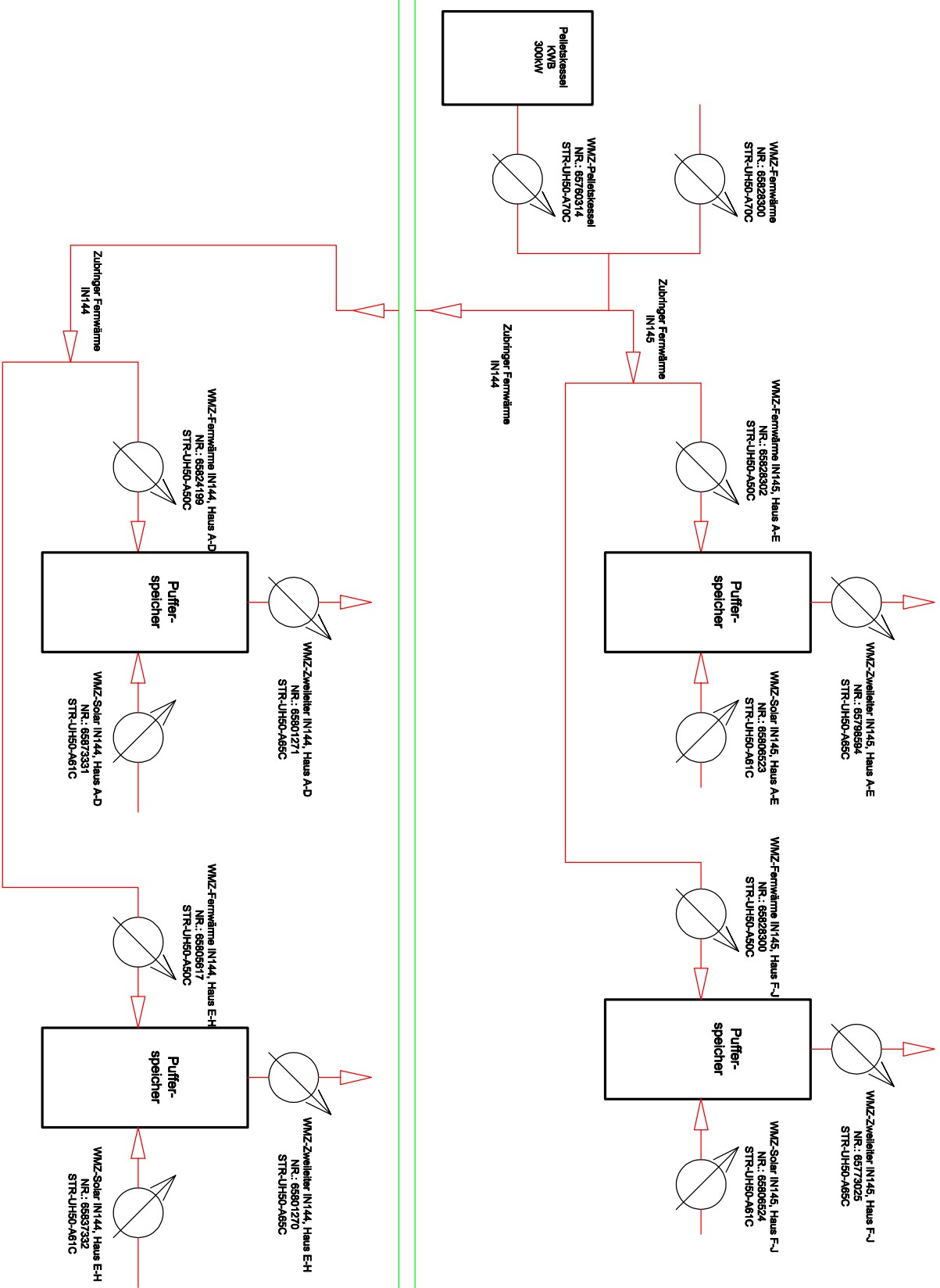
4-7 Balkon
10,24 m² / 9,88 m
Bsp7-FERTIGTEIL

BAO-WC-ABSENKUNGEN

This figure displays a typical cross-section of a bridge deck across multiple spans, labeled 11 through 16. The diagram illustrates the reinforcement layout, including top and bottom bars, stirrups, and diaphragms. Key components shown include:

- Span Labels:** Spans are numbered 11, 12, 13, 14, 15, and 16.
- Reinforcement Details:** Top bars (e.g., #12, #14), bottom bars (e.g., #12, #14), and stirrups (e.g., #4) are detailed for each span.
- Diaphragms:** Diaphragms are shown at the ends of the spans, with reinforcement details like #4 bars and stirrups.
- Dimensions:** Various dimensions are provided, such as 12'0" for span length, 10'0" for diaphragm width, and 18" for bar spacing.
- Notes:** Notes specify materials and construction requirements, such as "Use 60ksi steel," "Use 40ksi concrete," and "Use 40ksi epoxy." Notes also mention "See Section 6-10" and "See Section 6-11".

IN145



IN144

Anhang 4

Bauteiltermittlung

Anhang 4-1 Materialkennwerte

Anhang 4-2 Haustechnikkennwerte

ÖKO-Bilanzierung Lodenareal

BÖDEN UND DECKEN

Geschoßdecken Obergeschoße 1-5 d=20	d [cm]	ρ [kg/m³]	A [m²]	Produkt
Stahlbeton Geschoßdecken Haus A-D	20	2400	7088,5	Stahlbeton C25/30 XC1
Spachtelung	0,05	1350	7088,5	BAUMIT Klima Spachtel
Geschoßdecke EG fiktive Fundamentplatte d=40	d [cm]	ρ [kg/m³]	A [m²]	Produkt
Stahlbeton Geschoßdecke EG Haus A-D	20	2400	1417,7	Stahlbeton C25/30 XC1
XPS-Dämmung	20	40	1417,7	BITBAU DÖRR, Floormate E500-A (XPS-G50)
Sauberkeitsschicht	8	0	1417,7	Stahlbeton C12/15
Frostschürze	80	0	1417,7	
Geschoßdecke UG (STGH konditioniert) d=40	d [cm]	ρ [kg/m³]	A [m²]	Produkt
Fundamentplatte 40cm	40	2400	350,13	Stahlbeton C25/30 XC1
Floormate	8	40	350,13	BITBAU DÖRR, Floormate E500-A (XPS-G50)
B01 (Wohnzimmer, Schlafen)	d [cm]	ρ [kg/m³]	A [m²]	Produkt
Klebeparkett	0,8	0	6400,06	Fertigparkett geklebt, Eiche natur
Estrichbeton	7	2000	6400,06	BAUMIT , Zementestrich E-225
PE-Folie	0,1	600	6400,06	ISOCELL FH Vliesdampfbremse
TSd-EPS-T	3,3	11	6400,06	STEINBACHER, Steinokust EPS-T650
PE-Folie 2x kreuzweise OD. 1x verklebt	0,2	600	6400,06	ISOCELL FH Vliesdampfbremse
Polystyrol Schüttung	7	80	6400,06	RÖFIX 831, Gebundene EPS Schüttung
STB-Decke	20	2400	-	Stahlbeton C25/30 XC1
Spachtelung	0,05	1350	-	BAUMIT Klima Spachtel
B02 (Bad,WC)	d [cm]	ρ [kg/m³]	A [m²]	Produkt
Fliesen im Dünnbett	1	2000	613,33	Steinzeugfliesen mit Fliesenkleber
F-Isol Beschichtung; Beanspruchungsgruppe W3	0,2	2000	613,33	Fließbeschichtung
Estrichbeton	7	2000	613,33	BAUMIT , Zementestrich E-225
PE-Folie	0,1	600	613,33	ISOCELL FH Vliesdampfbremse
TSd-EPS-T	3,3	11	613,33	STEINBACHER, Steinokust EPS-T650
PE-Folie 2x kreuzweise OD. 1x verklebt	0,2	600	613,33	ISOCELL FH Vliesdampfbremse
Polystyrol Schüttung	7	80	613,33	RÖFIX 831, Gebundene EPS Schüttung
STB-Decke	20	2400	-	Stahlbeton C25/30 XC1
Spachtelung	0,05	1350	-	BAUMIT Klima Spachtel
B03 (Erschließung, Hausmeister, Kiwa, Trockenraum)	d [cm]	ρ [kg/m³]	A [m²]	Produkt
Terazzo	3	2600	555,9	Kunststeinbelag im Dünnbettmörtel verlegt
Estrichbeton	7	2000	555,9	BAUMIT , Zementestrich E-225
PE-Folie	0,1	600	555,9	ISOCELL FH Vliesdampfbremse
TSd-EPS-T	3,3	11	555,9	STEINBACHER, Steinokust EPS-T650
PE-Folie 2x kreuzweise OD. 1x verklebt	0,2	600	555,9	ISOCELL FH Vliesdampfbremse
Polystyrol Schüttung	7	80	555,9	RÖFIX 831, Gebundene EPS Schüttung
STB-Decke	20	2400	-	Stahlbeton C25/30 XC1
Spachtelung	0,05	1350	-	BAUMIT Klima Spachtel
B03A (Erschließung UG)	d [cm]	ρ [kg/m³]	A [m²]	Produkt
Terazzo	3	2600	171,8	Kunststeinbelag im Dünnbettmörtel verlegt
Estrichbeton	7	2000	171,8	BAUMIT , Zementestrich E-225
PE-Folie	0,1	600	171,8	ISOCELL FH Vliesdampfbremse
TSd-EPS-T	3,3	11	171,8	STEINBACHER, Steinokust EPS-T650
EPS-Wärmedämmplatte	5	25	171,8	Fa. STEINBACHER, Steinopor 700 EPS W25
PE-Folie	0,2	600	171,8	ISOCELL FH Vliesdampfbremse
Polystyrol Schüttung	5,5	80	171,8	RÖFIX 831, Gebundene EPS Schüttung
Dampfsperre EKV-40	0,3	1,1	171,8	BITBAU DÖRR, Dampfsperre E-ALGV-5K
Fundamentplatte	40	2400	-	Stahlbeton C25/30 XC1
Floormate 700 SL-A	8	40	-	BITBAU DÖRR, Floormate E500-A (XPS-G50)
B07 (Balkon)	d [cm]	ρ [kg/m³]	A [m²]	Produkt
Lärchenholzrost	2,6	0	2195,75	Sibirische Lärche, imprägniert mit Holzschutzmittel
Holzlattung und Konterlattung	5	0	2195,75	Sibirische Lärche unbehandelt
Unterlage (Wasserführende Schicht)	0	0	2195,75	BITBAU DÖRR, Kunststoffbitumen Elastomer mit Glasgewebeeinlage, E-GG-4
STB-Fertigteil	30	0	2195,75	Stahlbeton 2400
Tektalan SD mitbetoniert	5	0	2195,75	HERAKLITH Tektalan SD
Gestrichen in Putzfarbe: NCS 5902-B99G	0	0	2195,75	
B10 (Lüftungsgerät, ELO)	d [cm]	ρ [kg/m³]	A [m²]	Produkt
Vergelung (Monofish) auf Epoxidharzbasis	0	1250	75,38	STOPOX WL 100 auf Epoxidharzbasis
Estrich	6	2000	75,38	BAUMIT , Zementestrich E-225
1x PE-Folie	0,1	600	75,38	ISOCELL FH Vliesdampfbremse
TSd-EPS-T	3,3	11	75,38	STEINBACHER, Steinokust EPS-T650
EPS-Wärmedämmplatte	5	25	75,38	Fa. STEINBACHER, Steinopor 700 EPS W25
PE-Folie 2xkreuzweise od. 1x verklebt	0,2	600	75,38	ISOCELL FH Vliesdampfbremse
Polystyrol Schüttung	11	80	75,38	RÖFIX 831, Gebundene EPS Schüttung
Dampfsperre EKV-4	0,1	1,1	75,38	BITBAU DÖRR, Dampfsperre E-ALGV-5K
Fundamentplatte	40	2400	-	Stahlbeton C25/30 XC1
Floormate	8	40	-	BITBAU DÖRR, Floormate E500-A (XPS-G50)

	d [cm]	ρ [kg/m³]	A [m²]	Produkt
D01 Kiesdach über 5.OG				
Kies	14	0	789,27	Rundkies 16/32
Speichermatte, Novadrain 4+1	0	0	789,27	BITBAU DÖRR, NOPHADRAIN® 4+1 high
Bitumenabdichtung 2-lagig bzw. 3-lagig, wurzelfest	1,5	1,1	789,27	BITBAU DÖRR, Elastomer E-KV-4
Hitzeschild RP 350 Lose	0	0	789,27	BITBAU DÖRR, RP350
EPS-Gefälledämmplatten W25	34-46	25	789,27	Fa. STEINBACHER, Steinopor 700 EPS W25
Dampfsperre vollfl. Verklebt	0,3	1,1	789,27	BITBAU DÖRR, Dampfsperre E-ALGV-5K
STB-Decke	20	2400	-	Stahlbeton C25/30 XC1
Spachtelung	0,05	1350	-	BAUMIT Klima Spachtel
D01 (Gründach über 5.OG	d [cm]	ρ [kg/m³]	A [m²]	Produkt
Extensive Begrünung	0	0	679,18	BITBAU DÖRR, Substrat mit Begrünung Mineralische Gemisch mit Sedumplanzen
Speichermatte, Novadrain 4+1	0	0	679,18	BITBAU DÖRR, NOPHADRAIN® 4+1 high
Bitumenabdichtung 2-lagig bzw. 3-lagig, wurzelfest	1,5	1,1	679,18	BITBAU DÖRR, Elastomer E-KV-4-K, wurzelfest
Hitzeschild RP 350 Lose	0	0	679,18	BITBAU DÖRR, RP350
EPS-Gefälledämmplatten W25	34-46	25	679,18	Fa. STEINBACHER, Steinopor 700 EPS W25
Dampfsperre vollfl. Verklebt	0,3	1,1	679,18	BITBAU DÖRR, Dampfsperre E-ALGV-5K
STB-Decke	20	2400	-	Stahlbeton C25/30 XC1
Spachtelung	0,05	1350	-	BAUMIT Klima Spachtel
D02 (Liftüberfahrt)	d [cm]	ρ [kg/m³]	A [m²]	Produkt
Bitumenabdichtung 2-lagig bzw. 3-lagig, wurzelfest	1,5	0	21,69	BITBAU DÖRR, Elastomer E-KV-4
Hitzeschild RP 350 Lose	0	0	21,69	BITBAU DÖRR, RP350
EPS-Dämmplatte W25	14	25	21,69	Fa. STEINBACHER, Steinopor 700 EPS W25
EPS-Dämmplatte W25	16	25	21,69	Fa. STEINBACHER, Steinopor 700 EPS W25
Dampfsperre vollfl. Verklebt	0,3	1,1	21,69	BITBAU DÖRR, Dampfsperre E-ALGV-5K
STB Decke im Gefälle 1,75%	20	2400	21,69	Stahlbeton C25/30 XC1
abgehängte Decke Belüftung	d [cm]	ρ [kg/m³]	A [m²]	Produkt
1x GKF Platte	2,5	0	1491,72	System Rigips 12,5mm GKB
Fertigteile Dach	d [cm]	ρ [kg/m³]	A [m²]	Produkt
Fertigteilplatten Attikabereich	18	0	391,96	C25/30 XC4 XF1
Isokorb	d [cm]	ρ [kg/m³]	l _{fm} [m]	Produkt
Schöck Isokorb	8	73,475	1590,05	Schöck Isokorb KXT50
Fertigteiltreppen OG	d [cm]	ρ [kg/m³]	A [m²]	Produkt
STB	0	0	73,64m³	C25/30 XC1
Terazzo	5,5	0	248,2515	Natursteinbelag, weich
Fertigteiltreppen UG	d [cm]	ρ [kg/m³]	A [m²]	Produkt
STB	0	0	12,27m³	C25/30 XC1
Terazzo	5,5	2600	41,37525	Natursteinbelag, weich
Ortbetontreppen STGH UG	d [cm]	ρ [kg/m³]	A [m²]	Produkt
STB	0	0	6,50m³	C25/30 XC1
Terazzo	5,5	2600	19,49m²	Natursteinbelag, weich
Balkonaustritt	d [cm]	ρ [kg/m³]	l _{fm} [m]	Produkt
Lärchenholzroste ca.20cm Streifen	20	0	1590,05	Lärchenholzrost mit gekantetem Stahlblech 3mm
Kemperol	0	0	1590,05	KEMPEROL - Abdichtung

WÄNDE				
W01 (Außenwand hinterlüftet ALCUBOND)	d [cm]	ρ [kg/m³]	A [m²]	Produkt
ALCUBOND Fassadenplatten	0,04	0	440	ALCUBOND A2 Fassadenbekleidung, Aluminium
TYVEK Soft Antireflex (Mikrofaservlies)	0,15	400	440	TYVEK Soft Antireflex
Lambdapor 92% zw. Lattung 8%	8	0	440	Weichholz normal dazw. STO Polystyrol
Lambdapor 92% zw. Lattung 8%	16	0	440	Hartschaumplatte EPS-F Klima 032
STB-Wand	18	0	440	Weichholz normal dazw. STO Polystyrol
Spachtelung	0,05	1350	440	Hartschaumplatte EPS-F Klima 032
				Stahlbeton C25/30
				BAUMIT Klima Spachtel
W01-A (Aussen WDVS)	d [cm]	ρ [kg/m³]	A [m²]	Produkt
Oberputz STO Silco	0,2	0	2809,388	STO Silco K 1,5mm
Armierung STO Armat Classic	0,4	0	2809,388	STO Armat Classic
EPS-Dämmplatte (STO-Dämmplatte 2 lagig)	30	0	2809,388	STO ThermVario EPS-F Klima 32 verklebt und verdübelt
Mineralischer Klebe- und Armierungsmörtel	1	1600	2809,388	STO Levell Uni, Klebe und Spachtelmassen
STB-Wand	18	0	2809,388	Stahlbeton C25/30
Spachtelung	0,05	1350	2809,388	BAUMIT Klima Spachtel
W04 (Außen/Innen Bauteilfuge)	d [cm]	ρ [kg/m³]	A [m²]	Produkt
Spachtelung	0,05	1350	559,548	BAUMIT Klima Spachtel
STB-Wand	18 oder 25	0	559,548	Stahlbeton C25/30
Trennlage: Weichfaserplatte	4	0	559,548	Polystyrol EPS 2x2cm mit Klebemörtel
STB-Wand	18	0	559,548	Stahlbeton C25/30
Spachtelung	0,05	1350	559,548	BAUMIT Klima Spachtel
W05 (Innen Bauteilfuge)	d [cm]	ρ [kg/m³]	A [m²]	Produkt
Spachtelung	0,05	1350	85,86	BAUMIT Klima Spachtel
STB Wand	18	0	85,86	Stahlbeton C25/30
Trennlage: Dämmeinlage	15	0	85,86	
STB Wand	18	0	85,86	Stahlbeton C25/30
Spachtelung	0,05	1350	85,86	BAUMIT Klima Spachtel
W07 (innen)	d [cm]	ρ [kg/m³]	A [m²]	Produkt
Spachtelung	0,05	1350	36,4	BAUMIT Klima Spachtel
Stahlbeton	15	0	36,4	Stahlbeton C25/30
Spachtelung	0,05	1350	36,4	BAUMIT Klima Spachtel
W08 (innen)	d [cm]	ρ [kg/m³]	A [m²]	Produkt
Spachtelung	0,05	1350	427,9935	BAUMIT Klima Spachtel
STB-Wand	20	0	427,9935	Stahlbeton C25/30
W09 (innen)	d [cm]	ρ [kg/m³]	A [m²]	Produkt
Tektalan SD	7,5	0	113,022	HERAKLITH Tektalan SD
Stahlbeton	25	0	113,022	Stahlbeton C25/30
Spachtelung	0,05	1350	113,022	BAUMIT Klima Spachtel
W10 (innen)	d [cm]	ρ [kg/m³]	A [m²]	Produkt
GKB 2x 1,25	2,5	0	547,8	
bzw. 2x2cm GKF (Feuerschutzplatte, F90)	4	0	547,8	RIGIPS Vorsatzschale EI90
Luftraum	10,5	0	547,8	
STB-Wand	18	0	547,8	Stahlbeton C25/30
Spachtelung	0,05	1350	547,8	BAUMIT Klima Spachtel
Metallständer+Mineralwolle +	5	0	547,8	
GKB 2x 1,25	2,5	0	547,8	
W10-A	d [cm]	ρ [kg/m³]	A [m²]	Produkt
GKB 2x1,25cm	2,5	0	323,946	System Rigips
Metallständer+Mineralwolle	5	0	323,946	RIGIPS Vorsatzschale
Luftraum	7	0	323,946	
STB-Wand	18	0	323,946	Stahlbeton C25/30
Spachtelung	0,05	1350	323,946	BAUMIT Klima Spachtel
W11	d [cm]	ρ [kg/m³]	A [m²]	Produkt
Putz bzw.	1,5	0	3612,5205	
bzw. 2x GKB 1,25cm Metallständer+Mineralwolle 5cm+	5	0	3612,5205	
Luftraum	2,5	0	3612,5205	
STB-Wand	18	0	3612,5205	Stahlbeton C25/30
Spachtelung	0,05	1350	3612,5205	BAUMIT Klima Spachtel
W12 (Innen UG)	d [cm]	ρ [kg/m³]	A [m²]	Produkt
Putz	1	2000	437,38645	STO Sil
STB-Wand	25	0	437,38645	Stahlbeton C25/30
W13 (Innen UG)	d [cm]	ρ [kg/m³]	A [m²]	Produkt
STB-Wand	18	0	103,934425	Stahlbeton C25/30

	d [cm]	ρ [kg/m³]	A [m²]	Produkt
W14 (Innen UG)				
Spachtelung	0,05	1350	65,0002	BAUMIT Klima Spachtel
STB-Wand	15	0	65,0002	Stahlbeton C25/30
Spachtelung	0,05	1350	65,0002	BAUMIT Klima Spachtel
W15 (Innen UG)				
STB-Wand	20	0	192,70785	Stahlbeton C25/30
W16 (Innen UG)				
STB-Wand	32	0	28,7545	Stahlbeton C25/30
W18 (Treppenbrüstung)				
Putz	0	0	232,618065	
STB-Wand	12	0	232,618065	Stahlbeton C25/30
Putz	0	0	232,618065	
W 19 (Treppenauge)				
STB-Wand	23	0	171,819	Stahlbeton C25/30
Spachtelung	0,05	1350	171,819	BAUMIT Klima Spachtel
W20 (Innen)				
2x GKB 1,25	2,5	0	456,8525	System Rigips
Metallständer - Mineralwolle	5	0	456,8525	RIGIPS Metallständerwand 10,0cm
2x GKB 1,25	2,5	0	456,8525	System Rigips
W21 (Innen)				
2x GKB 1,25	2,5	0	1455,7725	
Metallständer - Mineralwolle	7,5	0	1455,7725	RIGIPS Metallständerwand 12,5cm
2x GKB 1,25	2,5	0	1455,7725	
W22 (Innen)				
2x GKB 1,25	2,5	0	602,1675	
Metallständer - Mineralwolle	15	0	602,1675	RIGIPS Metallständerwand 20cm
2x GKB 1,25	2,5	0	602,1675	
W23				
2x GKB 1,25 (Feuerschutzplatte F90)	2,5	0	187,11	System Rigips
Metallständer - Mineralwolle	7,5	0	187,11	RIGIPS Metallständerwand EI90 mit Steinwolle, A
2x GKB 1,25 (Feuerschutzplatte F90)	2,5	0	187,11	System Rigips
W24				
2x GKB 1,25 (Feuerschutzplatte F90)	2,5	0	386,694	System Rigips
Metallständer - Mineralwolle	5	0	386,694	RIGIPS Metallständerwand EI90 mit Steinwolle, A
2x GKB 1,25 (Feuerschutzplatte F90)	2,5	0	386,694	System Rigips
Handläufe OG				
Handlauf Metall	5	0	701,16	Stahlgeländer Formrohr mit 2xDecklackierung
Handläufe UG				
Handlauf Metall	5	0	116,86	Stahlgeländer Formrohr mit 2xDecklackierung
Geländer Balkone				
Stahlgeländer verzinkt	5	0	1590,05	Stahlgeländer 1000mm höhe
XPS-Dämmung (fiktiv) um Kellerwände STGH				
XPS Dämmung	26	30	532,47	Steinodur PSN

FENSTER und TÜREN				
Fenstertyp	d [cm]	ρ [kg/m³]	A [m²]	Produkt
F01			3,078	FREISINGER Alu2Holz-Fenster
F02			11,745	FREISINGER Alu2Holz-Fenster
F03			11,934	FREISINGER Alu2Holz-Fenster
F04			1,1835	FREISINGER Alu2Holz-Fenster
F05			10,285	FREISINGER Alu2Holz-Fenster
F06			0	FREISINGER Alu2Holz-Fenster
F07			10,017	FREISINGER Alu2Holz-Fenster
F08			10,098	FREISINGER Alu2Holz-Fenster
F09			6,696	FREISINGER Alu2Holz-Fenster
F10			3,915	FREISINGER Alu2Holz-Fenster
F11			7,128	FREISINGER Alu2Holz-Fenster
Dachfenster (Brandrauchentlüftung)			1,8	0
Lichtkuppel/Ausstieg			1	0
Türtyp	d [cm]	ρ [kg/m³]	A [m²]	Produkt
T1 Wohnungseingangstüren EI 2 30			2,53	DANA Mod Dominant 3
T2 (Badtür)			2,21625	Vollspan, 40mm Türstärke
T3 (WC-Tür)			2,10375	
T4 (Schlafzimmertür)			2,21625	
T5 (Schlafzimmertür und Bad)			2,21625	
T7 (UG)			2,431275	
T8 (UG)			2,6332	
T12 (Außentür)		700	4,212	wärmegeämmte Aluprofile mit 3-Scheibenisolierverglasung
T13 (Außentür)		700	6,696	wärmegeämmte Aluprofile mit 3-Scheibenisolierverglasung
T14 (UG)			2,6332	
T15 (UG)			2,396625	

Heizung und Sanitäre ROHRE IN HAUS A-E					
Heizungsrohre	Durchmesser	lfm	Produkt	Fabrikat	Type
Gewinderohre Stahl	DN 15	5	Mittelschwere Gewinderohre aus Stahl, geschweißt	Geberit - Mapress	C-Stahl
Gewinderohre Stahl	DN 20	10	Mittelschwere Gewinderohre aus Stahl, geschweißt	Geberit - Mapress	C-Stahl
Gewinderohre Stahl	DN 25	865	Mittelschwere Gewinderohre aus Stahl, geschweißt	Geberit - Mapress	C-Stahl
Gewinderohre Stahl	DN 32	17,5	Mittelschwere Gewinderohre aus Stahl, geschweißt	Geberit - Mapress	C-Stahl
geschweißtes Stahlrohr	48,3x2,3	235	Geschweißtes Stahlrohr - Siederohr	Geberit - Mapress	C-Stahl
geschweißtes Stahlrohr	60,3x2,3	425	Geschweißtes Stahlrohr - Siederohr	Geberit - Mapress	C-Stahl
geschweißtes Stahlrohr	76,1x2,6	90	Geschweißtes Stahlrohr - Siederohr	Geberit - Mapress	C-Stahl
geschweißtes Stahlrohr	88,9x2,9	20	Geschweißtes Stahlrohr - Siederohr	Geberit - Mapress	C-Stahl
Wärme-KälteDämmung Heizung	Dicke	lfm	Produkt	Fabrikat	Type
WD auf Rohren mit Kunststoff DN15	30mm	5	Mineralwollematten mit Ummantelung aus 0,35mm dickem Kunststoff-Floie		
WD auf Rohren mit Kunststoff DN20	30mm	10	Mineralwollematten mit Ummantelung aus 0,35mm dickem Kunststoff-Floie		
WD auf Rohren mit Kunststoff DN25	40mm	10	Mineralwollematten mit Ummantelung aus 0,35mm dickem Kunststoff-Floie		
WD auf Rohren mit Kunststoff DN32	50mm	17,5	Mineralwollematten mit Ummantelung aus 0,35mm dickem Kunststoff-Floie		
WD auf Rohren mit Kunststoff DN40	60mm	227,5	Mineralwollematten mit Ummantelung aus 0,35mm dickem Kunststoff-Floie		
WD auf Rohren mit Kunststoff DN50	80mm	400	Mineralwollematten mit Ummantelung aus 0,35mm dickem Kunststoff-Floie		
WD auf Rohren mit Kunststoff DN65	100mm	70	Mineralwollematten mit Ummantelung aus 0,35mm dickem Kunststoff-Floie		
WD auf Rohren mit Kunststoff DN80	120mm	20	Mineralwollematten mit Ummantelung aus 0,35mm dickem Kunststoff-Floie		
WD für Rohre mit Blechmantel DN 40	60mm	7,5	Mineralwollematten mit Blechmantel (strukturiertes Aluminiumblech)		
WD für Rohre mit Blechmantel DN 50	80mm	25	Mineralwollematten mit Blechmantel (strukturiertes Aluminiumblech)		
WD für Rohre mit Blechmantel DN 65	100mm	20	Mineralwollematten mit Blechmantel (strukturiertes Aluminiumblech)		
PE-Isolierschlauch DN20	9mm	855	Isolierschlauch aus PE-Weichschaum mit widerstandsfähiger Schutzfolie, schwerbrennbar	Steinbacher	
Sanitäranlage	Durchmesser	lfm	Produkt	Fabrikat	Type
PE-HD Wasserrohr PN 16	25 (AD)x3,5(WD)	97,5	PE-HD Rohr für Wasserleitungen	Pipelife	
PE-HD Wasserrohr PN 16	140x19,4	7,5	PE-HD Rohr für Wasserleitungen	Pipelife	
Msvb-Rohr 20mm	DN15	25	Mehrschichtverbundrohr für Trinkwasser	Geberit	MEPLA
Msvb-Rohr 26mm	DN 20	480	Mehrschichtverbundrohr für Trinkwasser	Geberit	MEPLA
Msvb-Rohr 32mm	DN 25	7,5	Mehrschichtverbundrohr für Trinkwasser	Geberit	MEPLA
Msvb-Rohr 40mm	DN 32	80	Mehrschichtverbundrohr für Trinkwasser	Geberit	MEPLA
Msvb-Rohr 50mm	DN 40	15	Mehrschichtverbundrohr für Trinkwasser	Geberit	MEPLA
Msvb-Rohr 63mm	DN 50	27,5	Mehrschichtverbundrohr für Trinkwasser	Geberit	MEPLA
Msvb-Rohr + Isol. 16 mm	ø 16 (DN12)	1365	Mehrschichtverbundrohr mit Isolation d=4mm	Geberit	MEPLA
Msvb-Rohr + Isol. 20 mm	ø 20 (DN15)	1015	Mehrschichtverbundrohr mit Isolation d=4mm	Geberit	MEPLA
Msvb-Rohr + Isol. 26 mm	ø 26 (DN20)	200	Mehrschichtverbundrohr mit Isolation d=4mm	Geberit	MEPLA
Sanitäranlage	Durchmesser	lfm	Produkt	Fabrikat	Type
Verteilerleitung Muffenloses AR	DN 50	30	muffenlos Grauguss mit Lamellengraphit	TRM	
Verteilerleitung Muffenloses AR	DN 70	12,5	muffenlos Grauguss mit Lamellengraphit	TRM	
Verteilerleitung Muffenloses AR	DN 100	140	muffenlos Grauguss mit Lamellengraphit	TRM	
Verteilerleitung Muffenloses AR	DN 125	62,5	muffenlos Grauguss mit Lamellengraphit	TRM	
Verteilerleitung Muffenloses AR	DN 150	95	muffenlos Grauguss mit Lamellengraphit	TRM	
Verteilerleitung Muffenloses AR	DN 200	165	muffenlos Grauguss mit Lamellengraphit	TRM	
Verteilerleitung Muffenloses AR	DN 250	20	Grauguss mit Lamellengraphit	TRM	
PE-Abflussrohr	DN 50	650	PEHD Rohr verschweißt	Geberit	
PE-Abflussrohr	DN 56	600	PEHD Rohr verschweißt	Geberit	
PE-Abflussrohr	DN 110	10	PEHD Rohr verschweißt	Geberit	
KANALROHR WURDE NICHT IN DIE KALKULATION MITREINGENOMMEN					
Edelstahlrohr gepresst	76,1x2mm	92,5	Rohre aus nichtrostendem Stahl	Geberit	Mapress
Edelstahlrohr gepresst	88,9x2,0mm	107,5	Rohre aus nichtrostendem Stahl	Geberit	Mapress
Edelstahlrohr gepresst	108x2,0mm	7,5	Rohre aus nichtrostendem Stahl	Geberit	Mapress

Wärme-KälteDämmung Sanitär	Dicke	lfm	Produkt	Fabrikat	Type
WD auf Rohren mit Kunststoff DN15	30mm	25	Mineralwollematten mit Ummantelung aus 0,35mm dickem Kunststoffvlies		
WD auf Rohren mit Kunststoff DN20	30mm	50	Mineralwollematten mit Ummantelung aus 0,35mm dickem Kunststoffvlies		
WD auf Rohren mit Kunststoff DN25	30mm	7,5	Mineralwollematten mit Ummantelung aus 0,35mm dickem Kunststoffvlies		
WD auf Rohren mit Kunststoff DN32	40mm	80	Mineralwollematten mit Ummantelung aus 0,35mm dickem Kunststoffvlies		
WD auf Rohren mit Kunststoff DN40	40mm	15	Mineralwollematten mit Ummantelung aus 0,35mm dickem Kunststoffvlies		
WD auf Rohren mit Kunststoff DN50	50mm	55	Mineralwollematten mit Ummantelung aus 0,35mm dickem Kunststoffvlies		
WD auf Rohren mit Kunststoff DN65	50mm	92,5	Mineralwollematten mit Ummantelung aus 0,35mm dickem Kunststoffvlies		
WD auf Rohren mit Kunststoff DN80	50mm	185	Mineralwollematten mit Ummantelung aus 0,35mm dickem Kunststoffvlies		
WD auf Rohren mit Kunststoff DN100	50mm	7,5	Mineralwollematten mit Ummantelung aus 0,35mm dickem Kunststoffvlies		
WD für Rohre mit Blechmantel DN 50	50mm	45	Mineralwollematten mit Blechmantel (strukturiertes Aluminiumblech)		
WD für Rohre mit Blechmantel DN 65	50mm	5	Mineralwollematten mit Blechmantel (strukturiertes Aluminiumblech)		
WD für Rohre mit Blechmantel DN 80	50mm	7,5	Mineralwollematten mit Blechmantel (strukturiertes Aluminiumblech)		
KD für Rohre aus Elastomer DN 50	13mm	65	KälteDämmung mit Schläuchen aus Elastomer		
KD für Rohre aus Elastomer DN 65	13mm	17,5	KälteDämmung mit Schläuchen aus Elastomer		
KD für Rohre aus Elastomer DN 80	13mm	50	KälteDämmung mit Schläuchen aus Elastomer		
KD für Rohre aus Elastomer DN 100	13mm	5	KälteDämmung mit Schläuchen aus Elastomer		
KD für Rohre aus Elastomer DN 125	13mm	35	KälteDämmung mit Schläuchen aus Elastomer		
KD für Rohre aus Elastomer DN 150	13mm	22,5	KälteDämmung mit Schläuchen aus Elastomer		
KD für Rohre aus Elastomer DN 200	19mm	15	KälteDämmung mit Schläuchen aus Elastomer		
KD für Rohre aus Elastomer DN 250	25mm	10	KälteDämmung mit Schläuchen aus Elastomer		
KD für Blechrohre aus Elastomer DN 50	19mm	17,5	KälteDämmung mit Schläuchen aus Elastomer		
KD für Blechrohre aus Elastomer DN 125	25mm	25	KälteDämmung mit Schläuchen aus Elastomer		
KD für Blechrohre aus Elastomer DN 200	32mm	15	KälteDämmung mit Schläuchen aus Elastomer		
KD für Blechrohre aus Elastomer DN 250	32mm	10	KälteDämmung mit Schläuchen aus Elastomer		
PE-Isolierschlauch 9mm DN 20	9mm	430	Isolierschlauch aus PE-Weichschaum mit widerstandsfähiger Schutzfolie, schwerbrennbar	Steinbacher	
Fußbodenheizungsleitungen	m²	lfm	Produkt	Fabrikat	Type
Räume (20°C)	1200,7	11513	Fußbodenheizungsrohr 17x2,5, Kunststoffverbundrohr mit 4 Schichten	UNIVERSA	241010
Bad (24°C)	379,6	3528	Fußbodenheizungsrohr 17x2,5, Kunststoffverbundrohr mit 4 Schichten	UNIVERSA	241010
Großflächenkollektoren S. 216	Dimension	lfm	Produkt	Fabrikat	Type
12 je 14573 x 1020mm			Solaranlage	Siko	INTEGRALAT
6 je 12499 x 1020mm			Solaranlage	Siko	INTEGRALAT
4 je 10430 x 1020mm			Solaranlage	Siko	INTEGRALAT
Anschlussverrohrung	22x1mm	70	CU Rohrmaterial aus Kupfer	Siko	
Anschlussverrohrung	28x1,2mm	12	CU Rohrmaterial aus Kupfer	Siko	
Anschlussverrohrung	35x1,5	25	CU Rohrmaterial aus Kupfer	Siko	
Anschlussverrohrung	42x1,5mm	45	CU Rohrmaterial aus Kupfer	Siko	
Anschlussverrohrung	54x2mm	40	CU Rohrmaterial aus Kupfer	Siko	

Solar Rücklauf	Durchmesser	lfm	Produkt	Fabrikat	Type
Steigleitung	54x2	65	Kupferrohr	Mapress-Kupfer	
Wärme-KälteDämmung Solar	Dicke	lfm	Produkt	Fabrikat	Type
WD auf Rohren mit Kunststoff DN50	80mm	60	Mineralwollematten mit Ummantelung aus 0,35mm dickem Kunststoffvlies		
WD für Rohre mit Blechmantel DN 50	40mm	5	Mineralwollematten mit Blechmantel (Alu-Ganzblech)		
Installationen	Dimension	Anzahl	Produkt	Fabrikat	Type
Wandhydrantenstation	UP100/78	30	Wandhydrantkombination UP100/78	BST	S-SEK II, S53205
Wohnungsheizungsstationen		96	Wärmezentrum ThermoGraf	Impex Wels	ThermoGraf WK2-ZB-U
Sanitärelement für Wand WC Anlage		96		Huter	HU-00x
Tiefspül-Wandklosettbecken		96	laufen/Objekt 2106.0	Laufen	laufen/Objekt 2106.0
Bestätigungsplatte vorne		96		Geberit	115.888.46
Waschtisch mit Überlauf	650/485mm	96	laufen/Objekt 1106,5	Laufen	laufen/Objekt 1106,5
WT Einhebelmischer		96		GOHETEC	EUROSMART 33265
Einbaubadewanne - Stahlblech	1700/750/480	96		Kaldewei	Saniform Plus
Wannenfüll Ab und Überlaufgarnitur				GROHE	TALENTOFILL 28991
Einhebelwannenbatterie chrom	DN15	96		GROHETEC	EUROSMART 33 300
brausegarnitur	DN 15	96	chrom	GROHETEC	RELEXA Exquisit 28668
Küchenbeckenzubehör		96	1 Fertigablauf Geberit 152.713 6/4", Anschlussarmatur	Geberit	
Waschmaschinenanschluss Wohnungen			1 Auslaufventil GS 602 1/2"	Gustav schmiedl	
Lüftungsrohre IN HAUS A-E (50% der Gesamtleitungen)					
LÜFTUNGSANLAGEN					
Luftleitungen TG	Dimension	m²	Produkt	Fabrikat	Type
rech. Kanal verzinkt 750x750mm	s=0,7mm	152,5	Rechteckiger Kanal aus verzinktem Stahlblech		
Rech. Formstück verzinkt 750x750mm	s=0,7mm	60	Rechteckiges Formstück aus verzinktem Stahlblech		
Lüftungskanäle rechteckig OG	Dimension	m²	Produkt	Fabrikat	Type
Kanal verzinkt s=0,7mm	750x750mm	330	Rechteckige Kanäle aus verzinktem Stahlblech		
Kanal verzinkt s=0,9mm	750-1400 mm	815	Rechteckige Kanäle aus verzinktem Stahlblech		
Formstück verzinkt s=0,7mm	750x750mm	230	Rechteckiges Formstück aus verzinktem Stahlblech		
Formstück verzinkt s=0,9mm	751-1400mm	495	Rechteckiges Formstück aus verzinktem Stahlblech		
Flachkanal s=0,7mm	110x55mm	3,3	Flachkanal aus verzinktem Stahlblech	Wernig	MFK 110x55
Verteilerleitungen OG	Dimension	lfm	Produkt	Fabrikat	Type
Wickelfalzrohr verzinkt s=0,45mm	DN80	5	Kreisrundes Wickelfalzrohr aus verzinktem Stahlblech		
Wickelfalzrohr verzinkt s=0,45mm	DN 100	1680	Kreisrundes Wickelfalzrohr aus verzinktem Stahlblech		
Wickelfalzrohr verzinkt s=0,45mm	DN 125	645	Kreisrundes Wickelfalzrohr aus verzinktem Stahlblech		
Wickelfalzrohr verzinkt s=0,60mm	DN 250	15	Kreisrundes Wickelfalzrohr aus verzinktem Stahlblech		
Wickelfalzrohr verzinkt s=0,60mm	DN 300	47,5	Kreisrundes Wickelfalzrohr aus verzinktem Stahlblech		
Wickelfalzrohr verzinkt s=0,60mm	DN 450	10	Kreisrundes Wickelfalzrohr aus verzinktem Stahlblech		
Alufelrohr	DN 100	365	Lüftungsschlauch Aluminium-Band zweilagig	Pichler	ALFR
Alufelrohr	DN 125	65	Lüftungsschlauch Aluminium-Band zweilagig	Pichler	ALFR
Wärme-KälteDämmung Lüftung OG	Dicke	lfm	Produkt	Fabrikat	Type
WD für Rohre mit Blechmantel DN 100	100mm	15	Mineralwollematten mit Blechmantel (strukturiertes Aluminiumblech)		
WD für Rohre mit Blechmantel DN 250	100mm	15	Mineralwollematten mit Blechmantel (strukturiertes Aluminiumblech)		
WD für Rohre mit Blechmantel DN 300	100mm	47,5	Mineralwollematten mit Blechmantel (strukturiertes Aluminiumblech)		
WD für Rohre mit Blechmantel DN 450	100mm	12,5	Mineralwollematten mit Blechmantel (strukturiertes Aluminiumblech)		
WD für Luftl. Eckig mit Blechmantel	100mm	920,00m²	Mineralwollematten mit Blechmantel (strukturiertes Aluminiumblech)		
KD Luftlei. Rund ohne Ummantelung DN450	19mm	10	KälteDämmung mit platten aus Elastomer		
KD Luftlei. eckig ohne Ummantelung	19mm	950,00m²	KälteDämmung mit platten aus Elastomer		

Anhang 5

Ökobilanzierung

Anhang 5-1 Verbrauchswerte PH_{IST}

Anhang 5-2 Ökobilanzierung Rote Energie PH_{IST}

Datenerfassung der Verbrauchswerte PH_{IST}

Anzahl Wohnungen 96
NGF 7.568,97
Wohnungsgröße durchschn. 78,84

Heizung und Warmwasser Wärme

		WZ-Zweileiter		WZ Solar		WZ Fernwärme			
2012		416.790,00		142.503,00		325.123,00		Fernwärme prozentual auf Gebäude A-E aufgeteilt: 170 kW Ökobaudat Fernwärme 120 - 400 kW	
2013		449.480,00		133.854,00		337.518,00			
2014		416.910,00		135.582,00		317.949,00			
gesamt		1.283.180,00		411.939,00		980.590,00			
Durchschnitt in kWh/m²a		427.726,67		137.313,00		326.863,33		29,58 80,00	% Solar % erneuerbarer Anteil in Fernwärme (Auskunft: Hr. Gamper)
NGFa	7.568,97	m2	56,51	18,14		43,18		65.372,67	464.176,33
					Fr. Reisinger			erneuerbar	gesamt
					Fernwärme+Solar			137.313,00	
Spezifisch	61,33	kWh/m2 * a						261.490,67	
								398.803,67	
								%	%
								85,92	100
								14,08	an Wärmeerzeugung

Allgemeinstrom (Lüftung, Hilfsenergie) AS

		Heizung und WW		Stromz. Lüftung 09		Stromz. Lüft. Zub.10		Stromz. Lüftung 07		Stromz. Lüft. Zub.08		Stromz. Lüftung 05		Stromz. Lüft. Zub.06		Stromz. Lüftung 03		Stromz. Lüft. Zub.04		Stromz. Lüftung 01		Stromz. Lüft. Zub.02	
2012		2.622,00		6.200,00		671,00		5.839,00		548,00		10.105,00		521,00		5.722,00		606,00		5.553,00		583,00	
2013		4.431,00		5.702,00		693,00		4.738,00		546,00		9.398,00		805,00		5.485,00		692,00		6.102,00		612,00	
2014		6.844,00		6.751,00		401,00		6.332,00		554,00		9.283,00		2.180,00		5.821,00		424,00		7.430,00		378,00	
gesamt		13.897,00		18.653,00		1.765,00		16.909,00		1.648,00		28.786,00		3.506,00		17.028,00		1.722,00		19.085,00		1.573,00	
Durchschnitt in kWh/a		4.632,33		6.217,67		588,33		5.636,33		549,33		9.595,33		1.168,67		5.676,00		574,00		6.361,67		786,50	

gesamt Strom TGA 41.786,17 kWh/a

in kWh/a

NGFa 7.568,97 m2, gem. Fr. Reisinger

Spezifisch TGA = AS 5,52 kWh/m2 * a

Gebäude 41.786,17 kWh/a

zusätzlich Haushaltsstrom HS

d) 38,46 kWh/m²a laut Studie von Energie Tirol: Forschungsprojekt Passivhausanlage Lodenareal - Energieverbräuche (Seite 47)

Spezifisch Nutzer = HS 38,46 kWh/m2 * a

Spezifisch AS+HS 43,98 kWh/m2 * a

Stromverbrauch Nutzer inkl. Strom TGA

Gesamtverbrauch AS+HS 332.888,75 kWh/ a

erneuerbarer Anteil in Fernwärme: (TIGas, IKB, Herr Gamper) 80 % BHKW Biogas

Ökobilanz Rote Energie PH_{IST} NH Tirol Haus A-E

Bezug NGFa, Betrachtungszeitraum: 1 Jahr

NGFa 7.568,97 m2 Umrechnung: 3,6 MJ = 1 kWh

ZUSAMMENFASSUNG ERGEBNISSE ÖKOBILANZ					
Kriterium	Nutzung, (Wärme+AS) S)	Nutzung, (Wärme+AS+H S)	Konstruktion	Gesamt	Hinweise
Treibhauspotenzial GWP in kg CO2-Äq./m3a	5,467	28,389			
Ozonschichtabbau-potenzial ODP in kg R11-Äq./m3a	0,000089409	0,000089527			
Ozonbildungspotenzial POCP in kg C2H4-Äq./m3a	0,0007	0,0039			
Versauerungspotenzial AP in kg SO2-Äq./m3a	0,0086	0,0540			
Überdüngungspotenzial EP in kg PO4-Äq./m3a	0,0009	0,0050			
Primärenergie, nicht erneuerbar in kWh/m2a	24,011	127,105			
Primärenergie, gesamt in kWh/m2a	26,547	147,162			
Primärenergie erneuerbarer Anteil					

Treibhauspotential					
Versauerungspotential					
Sommersmogpotential					
Stoffmasse					
Primärenergie (erneuerbar)					
Primärenergie (nicht erneuerbar)					
Gesamtprimärenergie					
	Treibhaus- potential (kg CO2- Äq.)	Ozonschicht- abbau-potential (kg CFC11-Äq.)	Sommersmog- potential (kg Ethen-Äq.)	Versauerungs- potential (kg SO2- Äq.)	Überdüngungs- potential (kg P- Äq.)
Herstellung					
Instandsetzung					
Entsorgung					

Ökobilanz Rote Energie PH_{IST} NH Tirol Haus A-E

NGFa 7,568,97 m2 gem. Flächenberechnung Umrechnung: 3,6 MJ = 1 kWh

Treibhauspotenzial, Nutzungsphase										
Angabe Endenergie aus EnEV-Berechnung										
Endenergie vorhanden	Heizung+WW, FW	43,18		kWh/m2a	Fernwärme (BHKW, zu 80 % erneuerbar: Biogas)					
	Heizung+WW, Solar	18,14		kWh/m2a	Strommix					
	Strom, TGA	5,52		kWh/m2a						
Treibhauspotenzial, Nutzungsphase bezogen auf NGFa										
Endenergiebedarf gesamt:										
		abzgl. regenerativer Anteil : Solarthermie, sowie 80 % Biogas BHKW			Heizsystem: Fernwärme BHKW 120 - 400 kW; Datenquelle: Ökobaudat Fernwärme Strom: Strommix, Datenquelle: Ökobaudat 2011					
		abzgl. Solarthermie			Gem. Ökobaudat Bezugswert: NGFa					
		abzgl. 80 % e.E. (Biogas)								
Endenergie vorhanden	Heizung+WW, FW	326.863,33		kWh/a	0,252	kg/3,6 MJ	2,177	kg/m2a	GWP _{NW}	2,177 kg/m2a
	Heizung+WW, Solar	137.313,00		kWh/a	326.863,33	65.372,67				
	Strom, TGA	41.786,17		kWh/a		0,596	kg/3,6 MJ	3,290	kg/m2a	GWP _{NS}
								GWP _N	5,467	kg/m2a
								GWP _K =	0,000	kg/m2a
								GWP _G =	5,467	kg/m2a

Treibhauspotenzial, Herstellungsphase bezogen auf NGFa Siehe: 240915_NH Tirol_Auswertung der Ökobilanzierung

Phase	kg CO2-Äq.	pro m² NGFa	pro Jahr (50)
H Herstellung	-	-	
I Instandsetzung			
E Entsorgung			

GWP_K = 0,0000 [(H +E)/td+I]
GWP_K = 0,0000 Verfahren A1

Vorhanden: 5,467 kg/m2a

0,00 0

Variante Strom: ohne Haushaltsstrom, nur TGA

Ökobilanz Rote Energie PH_{IST} NH Tirol Haus A-E

NGFa 7.568,97 m2 gem. Flächenberechnung Umrechnung: 3,6 MJ = 1 kWh

Treibhauspotenzial, Nutzungsphase									
Angabe Endenergie aus EnEV-Berechnung									
Endenergie vorhanden	Heizung+WW, FW	43,18	kWh/m2a	Fernwärme (BHKW, zu 80 % erneuerbar: Biogas)					
	Heizung+WW, Solar	18,14	kWh/m2a						
	Strom, gesamt	43,98	kWh/m2a	Strommix					
Treibhauspotenzial, Nutzungsphase bezogen auf NGFa									
Endenergiebedarf gesamt:									
Endenergie vorhanden			abzgl. regenerativer Anteil : Solarthermie, sowie abzgl. 80 % e.E. (Biogas)	abzgl. Solarthermie		Heizsystem: Fernwärme BHKW 120 - 400 kW; Datenquelle: Ökobaudat Fernwärme			
						Gem. Ökobaudat	Bezugswert: NGFa		
	Heizung+WW, FW	326.863,33				0,252 kg/3,6 MJ	2,177	kg/m2a	GWP _{NW}
	Heizung+WW, Solar	137.313,00	326.863,33	65.372,67					
	Strom, gesamt	332.888,75				0,596 kg/3,6 MJ	26,213	kg/m2a	GWP _{NS}
									GWP _N = 28,389 kg/m2a
									GWP _K = 0,000 kg/m2a
									GWP _G = 28,389 kg/m2a

Treibhauspotenzial, Herstellungsphase bezogen auf NGFa Siehe: 240915_NH Tirol_Auswertung der Ökobilanzierung

Phase	kg CO2-Äq.	pro m ² NGFa	pro Jahr
H Herstellung			
I Instandsetzung	-		
E Entsorgung	-		

GWP_K = 0,0000 [(H + E)/(td+I)]
GWP_K = 0,0000 Verfahren A1

Vorhanden: 28,389 kg/m2a

Variante Strom: mit Haushaltsstrom

Ökobilanz Rote Energie PH_{IST} NH Tirol Haus A-E

NGFa 7,568,97 m2 gem. Flächenberechnung Umrechnung: 3,6 MJ = 1 kWh

Treibhauspotenzial, Nutzungsphase										
Angabe Endenergie aus EnEV-Berechnung										
Endenergie vorhanden	Heizung+WW, FW	43,18			kWh/m2a	Fernwärme (BHKW, zu 80 % erneuerbar: Biogas)				
	Heizung+WW, Solar	18,14			kWh/m2a	Strommix				
	Strom, TGA	5,52			kWh/m2a					
Treibhauspotenzial, Nutzungsphase bezogen auf NGFa										
Endenergiebedarf gesamt:										
		abzgl. regenerativer Anteil : Solarthermie, sowie 80 % Biogas BHKW			Heizsystem: Fernwärme BHKW 120 - 400 kW; Datenquelle: Ökobaudat Fernwärme Strom: Strommix, Datenquelle: Ökobaudat 2011					
		abzgl. Solarthermie		abzgl. 80 % e.E. (Biogas)		Gem. Ökobaudat Bezugswert: NGFa				
Endenergie vorhanden	Heizung+WW, FW	326.863,33			kWh/a	0,252 kg/3,6 MJ	2,177	kg/m2a	GWP _{NW}	2,177 kg/m2a
	Heizung+WW, Solar	137.313,00			kWh/a					
	Strom, TGA	41.786,17			kWh/a	0,596 kg/3,6 MJ	3,290	kg/m2a	GWP _{NS}	3,290 kg/m2a
								GWP _N	5,467	kg/m2a
								GWP _K =	0,000	kg/m2a
								GWP _G =	5,467	kg/m2a

Treibhauspotenzial, Herstellungsphase bezogen auf NGFa Siehe: 240915_NH Tirol_Auswertung der Ökobilanzierung

Phase	kg CO2-Äq.	pro m² NGFa	pro Jahr (50)
H Herstellung	-	-	
I Instandsetzung			
E Entsorgung			

GWP_K = 0,0000 [(H +E)/td+I]

GWP_K = 0,0000 Verfahren A1

Vorhanden: 5,467 kg/m2a

0,00 0

Variante Strom: ohne Haushaltsstrom, nur TGA

Ökobilanz Rote Energie PH_{IST} NH Tirol Haus A-E

NGFa 7.568,97 m2 gem. Flächenberechnung Umrechnung: 3,6 MJ = 1 kWh

Treibhauspotenzial, Nutzungsphase
Angabe Endenergie aus EnEV-Berechnung

Endenergie vorhanden	Heizung+WW, FW Heizung+WW, Solar Strom, gesamt	43,18 18,14 43,98	kWh/m2a kWh/m2a kWh/m2a	Fernwärme (BHKW, zu 80 % erneuerbar: Biogas) Strommix
----------------------	--	-------------------------	-------------------------------	--

Treibhauspotenzial, Nutzungsphase bezogen auf NGFa

Endenergiebedarf gesamt:					Heizsystem: Fernwärme BHKW 120 - 400 kW; Datenquelle: Ökobaudat Fernwärme Gem. Ökobaudat Bezugswert: NGFa				
		abzgl. regenerativer Anteil - Solarthermie, sowie abzgl. 80 % e.E. (Biogas)	abzgl. Solarthermie						
Endenergie vorhanden	Heizung+WW, FW	326.863,33		kWh/a	0,252 kg/3,6 MJ	2,177	kg/m2a	GWP _{NW}	GWP _N 28,389 kg/m2a
	Heizung+WW, Solar	137.313,00	65.372,67	kWh/a					
	Strom, gesamt	332.888,75		kWh/a	0,596 kg/3,6 MJ	26,213	kg/m2a	GWP _{NS}	GWP _K = 0,000 kg/m2a GWP _G = 28,389 kg/m2a

Treibhauspotenzial, Herstellungsphase bezogen auf NGFa

Siehe: 240915_NH Tirol_Auswertung der Ökobilanzierung

Phase	kg CO2-Äq.	pro m ² NGFa	pro Jahr
H Herstellung			
I Instandsetzung	-		
E Entsorgung	-		

GWP_K = 0,0000 [(H + E)/(td+I)]
GWP_K = 0,0000 Verfahren A1

Vorhanden: 28,389 kg/m2a

Variante Strom: mit Haushaltsstrom

Ökobilanz Rote Energie PH_{IST} NH Tirol Haus A-E

NGFa 7.568,97 m2 gem. Flächenberechnung Umrechnung: 3,6 MJ = 1 kWh

Versauerungspotenzial, Nutzungsphase

Angabe Endenergie aus EnEV-Berechnung

Endenergie vorhanden	Heizung+WW, FW Heizung+WW, Solar Strom, TGA	43,18 18,14 5,52	kWh/m2a kWh/m2a kWh/m2a	Fernwärme (BHKW, zu 80 % erneuerbar: Biogas) Strommix
----------------------	---	------------------------	-------------------------------	--

Versauerungspotenzial, Nutzungsphase bezogen auf NGFa

Endenergiebedarf gesamt:

abzgl. regenerativer Anteil: Solarthermie,
sowie 80 % Biogas BHKW

	abzgl.	abzgl. 80 % e.E. (Biogas)	
Endenergie vorhanden	Heizung+WW, FW	326.863,33	kWh/a
	Heizung+WW, Solar	137.313,00	kWh/a
	Strom, TGA	41.786,17	kWh/a
		65.372,67	kWh/a

Gem. Ökobaudat

2,40E-04 kg/3,6 MJ

0,0020729

kg/m2a

AP_{NW}

0,0020729

kg/m2a

AP_{NS}

0,0065145

kg/m2a

0,0065145

kg/m2a

AP_K =

0,0000000

kg/m2a

AP_G =

0,0085873

kg/m2a

Versauerungspotenzial, Herstellungsphase bezogen auf NGFa

Siehe: 240915_NH Tirol_Auswertung der Ökobilanzierung

Phase	kg AP-Äq.	pro m ² NGFa	pro Jahr
H Herstellung			
I Instandsetzung			
E Entsorgung			

AP_K =

0,0000

[(H +E)/td+I]

Verfahren A1

AP_K =

0,0000

Variante Strom: ohne Haushaltsstrom, nur TGA

Vorhanden 0,0085873 kg/m2a

Ökobilanz Rote Energie PH_{IST} NH Tirol Haus A-E

NGFa 7.568,97 m2 gem. Flächenberechnung Umrechnung: 3,6 MJ = 1 kWh

Versauerungspotenzial, Nutzungsphase									
Angabe Endenergie aus EnEV-Berechnung									
Endenergie vorhanden	Heizung+WW, FW	43,18	kWh/m2a	Fernwärme (BHKW, zu 80 % erneuerbar: Biogas)					
	Heizung+WW, Solar	18,14	kWh/m2a						
	Strom, gesamt	43,98	kWh/m2a	Strommix					
Versauerungspotenzial, Nutzungsphase bezogen auf NGFa									
Endenergiebedarf gesamt: abzgl. regenerativer Anteil : Solarthermie, sowie 80 % Biogas BHKW									
Endenergie vorhanden	Heizung+WW, FW	326.863,33	abzgl.	abzgl. 80 % e.E. (Biogas)		Gem. Ökobaudat	Bezugswert: NGFa		
	Heizung+WW, Solar	137.313,00	326.863,33	65.372,67	kWh/a	2,40E-04 kg/3,6 MJ	0,0020729	kg/m2a	AP _{NW}
	Strom, gesamt	332.888,75			kWh/a	1,18E-03 kg/3,6 MJ	0,0518973	kg/m2a	AP _{NS}
Heizsystem: Fernwärme BHKW 120 - 400 kW; Datenquelle: Ökobaudat Fernwärme									
Strom: Strommix, Datenquelle: Ökobaudat 2011									
								AP _N	0,0539701 kg/m2a
								AP _K =	0,0000000 kg/m2a
								AP _G =	0,0539701 kg/m2a

Versauerungspotenzial, Herstellungsphase bezogen auf NGFa Siehe: 240915_NH Tirol_Auswertung der Ökobilanzierung

Phase	kg AP-Äq.	pro m ² NGFa
H Herstellung		
I Instandsetzung		
E Entsorgung		

Vorhanden 0,0539701 kg/m2a

Variante Strom: mit Haushaltsstrom

Ökobilanz Rote Energie PH_{IST} NH Tirol Haus A-E

NGFa 7,568,97 m2 gem. Flächenberechnung Umrechnung: 3,6 MJ = 1 kWh

Nicht erneuerbare Primärenergie, Nutzungsphase

Angabe Endenergie aus EnEV-Berechnung

Endenergie vorhandel	Heizung+WW, FW	43,18	kWh/m2a	Fernwärme (BHKW, zu 80 % erneuerbar: Biogas)
	Heizung+WW, Solar	18,14	kWh/m2a	
	Strom, TGA	5,52	kWh/m2a	Strommix

Nicht erneuerbare Primärenergie, Nutzungsphase bezogen auf NGFa

Endenergiebedarf gesamt: abzgl. regenerativer Anteil : Solarthermie, sowie 80 % Biogas BHKW

abzgl.	abzgl. 80 % e.E. (Biogas)	
Endenergie vorhandel	Heizung+WW, FW	326.863,33 kWh/a
	Heizung+WW, Solar	137.313,00 kWh/a
	Strom, TGA	41.786,17 kWh/a

Gem. Ökobaudat	Bezugswert: NGFa	
3,84E+00 MJ/3,6 MJ	33,1658125 MJ/m2a	PEn _{ew} 9,2127257 kWh/m2a

PEn_N 24,0113233 kg/m2a

9,65E+00 MJ/3,6 MJ	53,2749513 MJ/m2a	PEn _{es} 14,7985976 kWh/m2a
--------------------	-------------------	--------------------------------------

PEn_k = 0,0000000 kg/m2a

PEn_G = 24,0113233 kg/m2a

Nicht erneuerbare Primärenergie, Herstellungsphase bezogen auf NGFa

Phase	kWh	pro m ² NGFa	pro Jahr
H Herstellung			
I Instandsetzung			
E Entsorgung			

PEn_k = 0,0000 [(H + E)/td+I]

PEn_k = 0,0000 Verfahren A1

Vorhanden: 24,0113233 kg/m2a

Variante Strom: ohne Haushaltsstrom, nur TGA

Ökobilanz Rote Energie PH_{IST} NH Tirol Haus A-E

NGFa 7.568,97 m2 gem. Flächenberechnung Umrechnung: 3,6 MJ = 1 kWh

Nicht erneuerbare Primärenergie, Nutzungsphase

Angabe Endenergie aus EnEV-Berechnung

Endenergie vorhande Heizung+WW, FW	43,18	kWh/m2a	Fernwärme (BHKW, zu 80 % erneuerbar: Biogas)
Heizung+WW, Solar	18,14	kWh/m2a	
Strom, gesamt	43,98	kWh/m2a	Strommix

Nicht erneuerbare Primärenergie, Nutzungsphase bezogen auf NGFa

Endenergiebedarf gesamt: abzgl. regenerativer Anteil: Solarthermie, sowie 80 % Biogas BHKW

	abzgl.	abzgl. 80 % e.E. (Biogas)	Gem. Ökobaudat	Bezugswert: NGFa
Endenergie vorhande Heizung+WW, FW	326.863,33	kWh/a	3,84E+00 MJ/3,6 MJ	33,1658125
Heizung+WW, Solar	137.313,00	kWh/a		
Strom, gesamt	332.888,75	kWh/a	9,65E+00 MJ/3,6 MJ	424,4139513

PEn_{EW} 9,2127257 kWh/m2a

PEn_N 127,1054900 kWh/m2a

PEn_{NS} 117,8927643 kWh/m2a

PEn_K = 0,0000000 kWh/m2a

PEn_G = 127,1054900 kWh/m2a

Nicht erneuerbare Primärenergie, Herstellungsphase bezogen auf NGFa

Phase	kWh	pro m ² NGFa	pro Jahr
H Herstellung			
I Instandsetzung			
E Entsorgung			

PEn_K = 0,0000 [(H +E)/td+I]

PEn_K = 0,0000 Verfahren A1

Vorhanden: 127,1054900 kWh/m2a

Variante Strom: mit Haushaltsstrom

Ökobilanz Rote Energie PH_{IST} NH Tirol Haus A-E

NGFa 7.568,97 m2 gem. Flächenberechnung Umrechnung: 3,6 MJ = 1 kWh

erneuerbare Primärenergie, Nutzungsphase									
Angabe Endenergie aus EnEV-Berechnung									
Endenergie vorhanden Heizung+WW, FW		43,18	kWh/m2a		Fernwärme (BHKW, zu 80 % erneuerbar: Biogas)				
Heizung+WW, Solar		18,14	kWh/m2a						
Strom, TGA		5,52	kWh/m2a		Strommix				
erneuerbare Primärenergie, Nutzungsphase bezogen auf NGFa									
Endenergiebedarf gesamt:									
		abzgl. regenerativer Anteil : Solarthermie, sowie 80 % Biogas BHKW		Heizsystem: Fernwärme BHKW 120 - 400 kW; Datenquelle: Ökobaudat Fernwärme					
		abzgl. Solarthermie		abzgl. 80 % e.E. (Biogas)		Strom: Strommix, Datenquelle: Ökobaudat 2011			
						Gem. Ökobaudat		Bezugswert: NGFa	
Endenergie vorhanden Heizung+WW, FW		326.863,33	kWh/a		5,88E-03 MJ/3,6 MJ		0,0507852 MJ/m2a		PE _{ENW}
Heizung+WW, Solar		137.313,00	kWh/a		65.372,67				0,0141070 kWh/m2a
Strom, TGA		41.786,17	kWh/a		1,64E+00 MJ/3,6 MJ		9,0539814 MJ/m2a		PE _{ENs}
									2,5149948 kWh/m2a
									PE _{ENk} = 0,0000000 kWh/m2a
									PE _{ENg} = 2,5291018 kWh/m2a

erneuerbare Primärenergie, Herstellungsphase bezogen auf NGFa

Phase	kWh	pro m ² NGFa	pro Jahr
H Herstellung			
I Instandsetzung			
E Entsorgung			

PE_{EX} = 0,0000 [(H +E)/td+I]
PE_{EX} = 0,0000 Verfahren A1

Vorhanden: 2,5291018 kWh/m2a

Variante Strom: ohne Haushaltsstrom, nur TGA

Ökobilanz Rote Energie PH_{IST} NH Tirol Haus A-E

NGFa 7.568,97 m2 gem. Flächenberechnung Umrechnung: 3,6 MJ = 1 kWh

erneuerbare Primärenergie, Nutzungsphase									
Angabe Endenergie aus EnEV-Berechnung									
Endenergie vorhanden		Heizung+WW, FW	43,18	kWh/m2a	Fernwärme (BHKW, zu 80 % erneuerbar: Biogas)				
		Heizung+WW, Solar	18,14	kWh/m2a					
		Strom, gesamt	43,98	kWh/m2a	Strommix				
erneuerbare Primärenergie, Nutzungsphase bezogen auf NGFa									
Endenergiebedarf gesamt:		abzgl. regenerativer Anteil: Solarthermie, sowie 80 % Biogas BHKW							
		abzgl. Solarthermie	abzgl. 80 % e.E. (Biogas)	Gem. Ökobaudat Bezugswert: NGFa					
Endenergie vorhanden		Heizung+WW, FW	326.863,33	kWh/a	5,88E-03 MJ/3,6 MJ	0,0507852 MJ/m2a	PE _{EN}	20,0497685 kWh/m2a	
		Heizung+WW, Solar	137.313,00	kWh/a					
		Strom, gesamt	332.888,75	kWh/a	1,64E+00 MJ/3,6 MJ	72,1283814 MJ/m2a	PE _{EN}	20,0356615 kWh/m2a	
						PE _{E_K} =		0,0000000 kWh/m2a	
						PE _{E_G} =		20,0497685 kWh/m2a	

Prozentualer Anteil

erneuerbare Primärenergie, Herstellungsphase bezogen auf NGFa

Phase	kWh	pro m ² NGFa	pro Jahr
H. Herstellung			
I. Instandsetzung			
E. Entsorgung			

PE_{Ek} = 0,0000 [(H + E)/td+1]

PE_{EG} = 0,0000 Verfahren A1

Vorhanden: 20,0497685 kWh/m2a

Variante Strom: mit Haushaltsstrom