

Ökobilanzierung Passivhaus-Wohnanlage Lodenareal in Innsbruck  
Environmental impact of Lodenareal passive house residential complex in Innsbruck



Ökobilanzierung Passivhaus-Wohnanlage Lodenareal in Innsbruck  
Environmental impact of Lodenareal passive house residential complex in Innsbruck



# **Ökobilanzierung Passivhaus-Wohnanlage Lodenareal**

## **Ökologischer „Aufwand–Nutzen“ zwischen Konstruktion und Betrieb**

Autoren: DI Julia Reisinger, Prof. Dr. techn. DI Iva Kovacic, DI Jens Glöggler  
Herausgegeben von der NEUEN HEIMAT TIROL,  
Gemeinnützige WohnungsGmbH

# **Environmental impact of Lodenareal passive house residential complex**

## **Environmental “cost to benefit” between construction and operation**

Authors: DI Julia Reisinger, Prof. Dr. techn. DI Iva Kovacic, DI Jens Glöggler  
Publisher: NEUE HEIMAT TIROL, Gemeinnützige WohnungsGmbH



**NEUE HEIMAT TIROL**  
Gemeinnützige WohnungsGmbH  
Gumpstraße 47, A-6023 Innsbruck  
Tel.: (0512) 3330, [nhtirol@nht.co.at](mailto:nhtirol@nht.co.at)  
[www.neueheimattiro.at](http://www.neueheimattiro.at)



## INHALTSVERZEICHNIS / CONTENTS

---

07	Einleitung – Ziel der Studie
08	Introduction – Aim of the study
10	Porträt der NEUEN HEIMAT TIROL
11	Portrait of NEUE HEIMAT TIROL
12	Vision nachhaltiger und leistbarer Wohnbau
13	Vision of sustainable and affordable housing
14	Vision nachhaltige Wohnbau-Planung
15	Vision of sustainable residential building planning
16	Lebenszyklusanalyse für nachhaltiges Bauen
18	Life cycle analysis for sustainable construction
20	Was war das Ergebnis der Studie?
22	What was the result of the study?
24	Studie Ökobilanzierung Passivhaus-Wohnanlage Lodenareal
44	Study Environmental impact of Lodenareal passive house residential complex
65	Welche Bedeutung hat das Ergebnis der Studie für die Zukunft des Passivhauses?
66	What is the significance of the result of the study for the future of the passive house?
68	Impressum
68	Legal notice



## Einleitung – Ziel der Studie

---

*Prof. Ing. Engelbert Spiß, NHT Geschäftsbereichsleiter Technik und Großinstandsetzung  
Mag. (FH) Gerda Maria Embacher, NHT Qualitätsbeauftragte und Sonderprojektleitung*

Leistbaren Wohnbau und Passivhausbauweise in einem Atemzug zu nennen stößt innerhalb der Branche nach wie vor auf Skepsis. In der nun vorliegenden Studie wurde erstmals ein Vergleich zwischen roter/grauer Energie vorgenommen. Die Grundlage dafür bilden exakte Messdaten über eine Zeitspanne von drei Jahren<sup>1</sup>. Neben der kostbaren Ressource Energie bildet auch der CO<sub>2</sub>-Ausstoß einen wichtigen Teilaspekt der Nachhaltigkeit, den es dabei zu betrachten gilt. Diese muss dabei über den gesamten Lebenszyklus eines Hauses erfolgen. Nur so lassen sich auch aussagekräftige Ergebnisse erzielen.

Mit der Errichtung des mehrgeschossigen Wohnbaus am Lodenareal wurde von der NEUEN HEIMAT TIROL (NHT) ein neues Kapitel in der Weiterentwicklung des Passivhausbaues aufgeschlagen. Diese umweltfreundliche und nachhaltige Bauform ist mittlerweile zum NHT-Standard geworden. Heuer wird die 3.600ste Wohnung in Passivhausbauweise an ihre künftigen BewohnerInnen übergeben. Weitere 600 Wohnungen befinden sich derzeit in der Projektphase. Neben der Neubaulistung ist die Sanierung von Bestandsbauten ein weiteres, wichtiges Standbein. Auch in diesem Bereich ist die Erreichung des Passivhausstandards ein deklariertes Ziel der NHT.

### NHT setzt auf Klimaschutz

Die NEUE HEIMAT TIROL hat den Weg zur Erreichung der Klimaschutzziele schon sehr früh eingeschlagen und ist hier ein absoluter Vorreiter. Mittlerweile sehen wir die Erfolge: Die NHT wird laufend für ihre Vorzeigeprojekte und Bemühungen im Bereich des nachhaltigen Wohnbaus ausge-

zeichnet, zuletzt mit dem renommierten ZV-Bauherrenpreis 2015. Darüber hinaus engagiert sich die NEUE HEIMAT TIROL bei verschiedensten Projekten. Ein Beispiel dafür ist die von der EU geförderte Initiative SINFONIA. Ziel dieses Vorzeigeprojektes sind hochwertige energetische Sanierungen von Bestandsgebäuden.

Nachhaltiger, sozialer Wohnbau sowie der ressourcenschonende Umgang mit unserer Umwelt sind zentrale Bestandteile der Unternehmensstrategie. Wir von der NHT sind uns bewusst, dass wir durch unser Handeln von heute die Zukunft von morgen mitgestalten. Die vorliegende Evaluierung liefert einmal mehr wertvolle Erkenntnisse, die in die zukünftige Planung von energieoptimierten bzw. energieeffizienten Wohnanlagen einfließen. Auch ist bereits eine Informationskampagne für die betroffenen BewohnerInnen am Lodenareal für mehr Bewusstsein beim Stromverbrauch in Ausarbeitung.

---

<sup>1</sup> Messungen durchgeführt von:  
AEE – Institut für Nachhaltige Technologien, Gleisdorf  
Institut für Konstruktion und Materialwissenschaften Arbeitsbereich Energieeffizientes Bauen, Leopold-Franzens-Universität, Innsbruck  
Interuniversitäres Forschungszentrum für Technik, Arbeit und Kultur – IFZ, Graz

## **Ökobilanzierung Passivhaus-Wohnanlage Lodenareal**

Ökologischer „Aufwand–Nutzen“ zwischen Konstruktion und Betrieb

Autoren: DI Julia Reisinger, Prof. Dr. techn. DI Iva Kovacic, DI Jens Glögger

## **Environmental impact of Lodenareal passive house residential complex**

Environmental “cost to benefit” between construction and operation

Authors: DI Julia Reisinger, Prof. Dr. techn. DI Iva Kovacic, DI Jens Glögger

Herausgegeben von der NEUEN HEIMAT TIROL, Gemeinnützige WohnungsGmbH

Publisher: NEUE HEIMAT TIROL, Gemeinnützige WohnungsGmbH

### **NEUE HEIMAT TIROL**

Gemeinnützige WohnungsGmbH

Gumpstraße 47, A-6023 Innsbruck

Tel.: (0512) 3330, [nhtiroel@nht.co.at](mailto:nhtiroel@nht.co.at)

[www.neueheimattiroel.at](http://www.neueheimattiroel.at)

ISBN 978-3-7099-7268-7



[www.haymonverlag.at](http://www.haymonverlag.at)

9 783709 972687

## Introduction – Aim of the study

---

*Prok. Ing. Engelbert Spiß, Head of Technology and Major Maintenance Division  
Mag. (FH) Gerda Maria Embacher MSc, Quality Officer & Special Project Manager*

Mentioning affordable housing and passive houses in the same breath still meets with scepticism in the industry. For the first time ever, this study makes a comparison between red and grey energy. The comparison is based on exact measurements over a period of three years<sup>1</sup>. As well as the valuable resource of energy, CO<sub>2</sub> emissions are also an important element of sustainability which must be taken into consideration. And this needs to be throughout the life cycle of a house. This is the only way to achieve meaningful results.

The construction of the multi-storey Lodenareal residential building by NEUE HEIMAT TIROL (NHT) represents a new chapter in the further development of passive house building. This environmentally-friendly and sustainable way of building has now become standard for NHT. This year, the 3600th passive style apartment will be handed over to its future occupants. Another 600 apartments are currently in the project phase. As well as new buildings, the renovation of existing buildings is also an important mainstay of the business. Compliance with passive house standards is one of NHT's declared objectives in this area too.

### NHT is geared towards climate protection

NEUE HEIMAT TIROL set out towards achieving its climate protection objectives very early and is very much a pioneer in this area. We are now seeing where it has been successful: NHT is constantly winning awards for its showcase projects and efforts towards sustainable residential building, most recently with the prestigious 2015 ZV Building Owner Prize. NEUE HEIMAT TIROL is also committed to a wide range of different projects. One ex-

ample is the SINFONIA initiative supported by the EU. The aim of these showcase projects is the quality renovation of existing buildings in terms of energy efficiency.

Sustainable social housing and protecting the resources in our environment are key elements of the corporate strategy. We at NHT are aware that our actions today will play a part in shaping the future. This evaluation provides more valuable findings which can be incorporated into the future planning of energy-optimised and energy-efficient residential complexes. Work is also under way on an information campaign for the affected Lodenareal residents to increase awareness of electricity consumption.

---

<sup>1</sup> Measurements carried out by:

AEE – Institut für Nachhaltige Technologien, Gleisdorf  
Institut für Konstruktion und Materialwissenschaften Arbeitsbereich Energieeffizientes Bauen, Leopold-Franzens-Universität, Innsbruck  
Interuniversitäres Forschungszentrum für Technik, Arbeit und Kultur – IFZ, Graz



## Porträt der NEUEN HEIMAT TIROL

---

*Dir. Hannes Gschwentner und Prof. Dr. Klaus Lugger, Geschäftsführung der NEUEN HEIMAT TTIROL*

Die NEUE HEIMAT TIROL ist über die Landesgrenzen hinaus bekannt für fortschrittliche, energiesparende und somit effektive, zeitgemäße Gebäude.

### **Innovative Wohnbauprojekte**

Der gesellschaftliche und technische Wandel beschleunigt sich zunehmend. Die Anforderungen werden strenger, die Standards höher und die Kunden achtsamer im Ressourcenverbrauch. Die NHT antwortet auf diese geänderten Rahmenbedingungen mit innovativen und nachhaltigen Wohnbauprojekten. Gleichzeitig folgen wir damit unserem gesetzlichen Auftrag, der dazu verpflichtet, dass Wohnen auch in Zukunft leistbar bleibt.

Die NHT hat sehr früh die Zeichen der Zeit erkannt und geht nunmehr seit vielen Jahren kontinuierlich einen fortschrittlichen Weg in eine ressourcenschonende Zukunft. Stets vor dem Hintergrund, Einsparungspotenziale zu erkennen und zu nutzen – zum Wohle unserer KundInnen.

### **Ökologisch und nachhaltig**

Die ersten Erfahrungen wurden bereits Ende der 1990er Jahre mit den ersten passivhausnahen Gebäuden am Mitterweg in Innsbruck gemacht. In den letzten Jahren konnten 2.800 Passivhauswohnungen fertiggestellt und den BewohnerInnen übergeben werden. Aktuell befinden sich über 800 Wohnungen im Bau und zusätzlich 600 Wohnungen in Planung.

### **Marke Wohnenergiekompetenz**

Die im Laufe der Jahre aufgebaute Wohnenergiekompetenz beinhaltet thematische Schwerpunkte wie die Optimierung der Passivhausbauweise, die Integration von Photovoltaik-Anlagen, der Einsatz von alternativen Heizsystemen sowie die Entwicklung/Implementierung von eigenen Mobilitätskonzepten. Alle Bemühungen sind darauf ausgerichtet, Energiesparpotenziale zu erkennen und zu nutzen – stets zum Vorteil unserer KundInnen.

Der ökologische Nachhaltigkeitskurs wird dabei ständig weiterentwickelt und stellt eines der zentralen Standbeine unserer Unternehmensstrategie dar. Die langjährige Erfahrung sowie die kompetenten MitarbeiterInnen unterstützten uns auf diesem Weg.

## Portrait of NEUE HEIMAT TIROL

---

*Dir. Hannes Gschwentner and Prof. Dr. Klaus Lugger, Directors of NEUE HEIMAT TTIROL*

NEUE HEIMAT TIROL is renowned across international borders for advanced, energy-saving and thus effective, contemporary buildings.

### **Innovative residential building projects**

Social and technical change is gathering pace. Requirements are getting stricter, standards higher and customers more aware of resource consumption. NHT is responding to these changing framework conditions with innovative, sustainable residential building projects. At the same time, we are pursuing our statutory mandate of ensuring that living remains affordable in the future.

NHT recognised the sign of the times very early and has been taking an advanced path towards a future which is gentle on resources for many years. This is always against a backdrop of identifying and utilising potential savings for the benefit of our customers.

### **Environmentally-friendly and sustainable**

First experience with the first passive house style buildings came back at the end of the nineties on Mitterweg in Innsbruck. In recent years, 2800 passive house apartments have been completed and handed over to their occupants. Over 800 apartments are currently under construction, with a further 600 in planning.

### **The brand for residential energy expertise**

The residential energy expertise built up over the years incorporates specialist subjects such as optimising the passive house construction method, integrating photovoltaics systems, using alternative heating systems and the development/implementation of specific mobility strategies. All efforts are directed towards identifying and utilising potential energy savings for the benefit of our customers.

The route towards environmental sustainability is constantly being developed. Sustainability represents one of the key mainstays of our corporate strategy. Our many years of experience and expert employees help us along the way.



## Vision nachhaltiger und leistbarer Wohnbau

Dir. Hannes Gschwentner und Prof. Dr. Klaus Lugger, Geschäftsführung der NEUEN HEIMAT TTIROL

In Innsbruck, General-Eccher-Straße 15–23 und 43–49, wurden durch die NHT insgesamt 354 Mietwohnungen in Passivhausbauweise errichtet und vom Passivhausinstitut Darmstadt zertifiziert.

Die 22-monatige Bauzeit erstreckte sich von Dezember 2007 bis September 2009, wobei insgesamt 51.828.000 Euro verbaut wurden. Damit sich die BewohnerInnen die Wohnungen auch leisten können, setzte die NHT zusätzlich rund 14 Millionen Euro an Eigenmitteln zur Dämpfung der Mietpreise ein. Diese Maßnahmen – in Verbindung mit außerordentlich niedrigen Betriebskosten – senkten den Wohnaufwand nachhaltig.

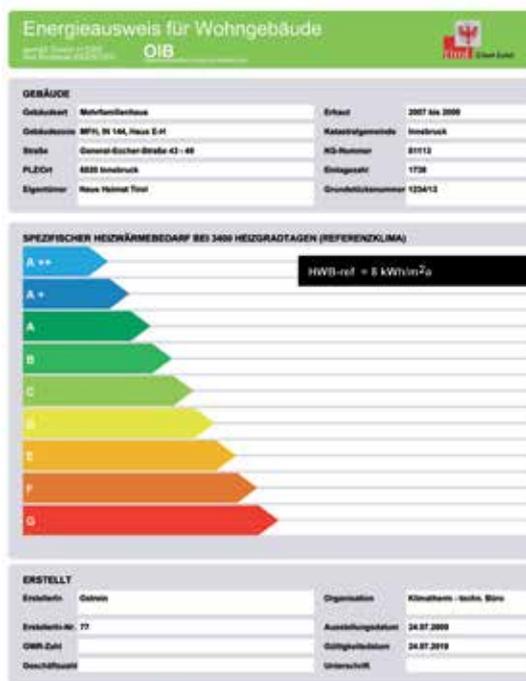
Als bedeutende Akteurin der Wohnbaubranche ist es der NHT wichtig, alle Interessen und Kräfte zu bündeln, um neue Wege in eine erfolgreiche Zukunft beschreiten zu können. Insbesondere die Energiewende stellt uns dabei vor große Herausforderungen. Neben dem schonenden Umgang mit der Ressource Energie wird der CO<sub>2</sub>-Ausstoß ein immer wichtigeres Thema.

### Vielschichtiger Auftrag

Die NHT folgt – seit nunmehr annähernd achtzig Jahren – ihrem gesetzlichen Auftrag zur Schaffung und Verwaltung von leistbarem Wohnraum. Dieser Auftrag ist vielschichtig. Denn so individuell die Menschen sind, die in unseren Gebäuden wohnen, so individuell müssen auch unsere Wohnangebote sein.

Ein Bedürfnis haben alle gleichermaßen: So wenig Energie wie möglich verbrauchen zu wollen, aber so viel Energie wie nötig zur Verfügung zu haben! Die knappe Ressource Bauland, überbordende Bauvorschriften, Bevölkerungswachstum sowie der gestiegene Anspruch an Wohnfläche und Komfort stellen uns dabei vor weitere Herausforderungen.

Umso wichtiger ist es, ungenützte Potenziale zu erkennen und zu nutzen. Wir bei der NHT wollen unsere Erfahrungen und Visionen mit der Branche teilen und diese im Austausch und Dialog ein Stück weiter nach vorne bringen.



## Vision of sustainable and affordable housing

Dir. Hannes Gschwentner and Prof. Dr. Klaus Lugger, Directors of NEUE HEIMAT TTIROL

NEUE HEIMAT TIROL has built a total of 354 rental apartments in the passive house style at General-Eccher-Straße 15–23 and 43–49. They have been certified by the Passive House Institute in Darmstadt.

The 22 month construction period extended from December 2007 to September 2009 and the project cost a total of € 51.828 million. In order to make the apartments affordable for the residents, NHT also put in around 14 million euros of equity capital to subsidise the rental prices. These measures, combined with the extraordinarily low operating costs, reduced the cost of living on a sustainable basis.

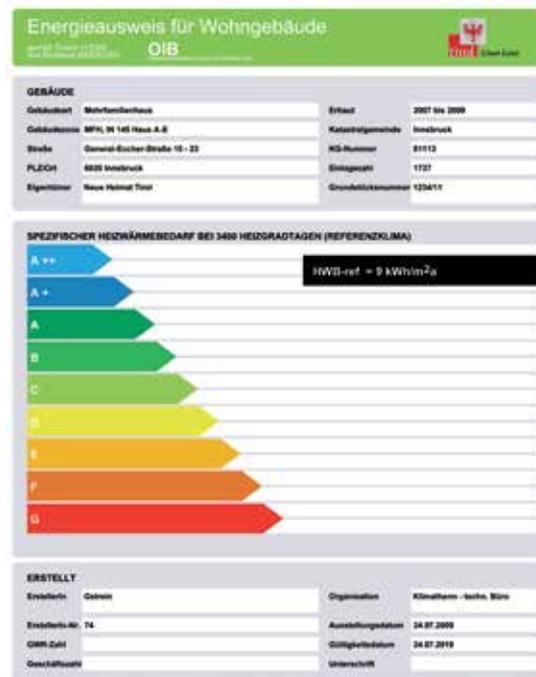
As a major stakeholder in the residential building sector, it is important to NHT to combine all interests and forces in order to be able to tread new paths towards a successful future. The energy revolution in particular represents a major challenge for us. As well as gentle handling of energy as a resource, CO<sub>2</sub> emissions are also becoming an increasingly important issue.

### Multifaceted brief

For what is now nearly eighty years, NHT has carried out its statutory brief of building and managing affordable housing. This is a multifaceted brief. The homes we offer must be as individual as the people living in our buildings.

But everyone has one need in common: wanting to use as little energy as possible but have as much energy as necessary available! We are also faced with other challenges in the form of the scarcity of land available to building, complex building regulations, population growth and increasing demand for living space and comfort.

So it is all the more important that we detect and capitalise on unused potential. We at NHT want to share our experience and vision with the industry and help advance the industry through exchange and dialogue.



## Vision nachhaltige Wohnbau-Planung

---

Univ.-Prof. DI Arch. Christoph Achammer

Vor 2000 Jahren formulierte Vitruv die drei Anforderungen an ein gutes Haus:

- *Utilitas* – es sollte dem Nutzen der zukünftigen Bewohner dienen;
- *Firmitas* – um mit einem Minimum an physischem Aufwand langfristig Bestand haben zu können; und
- *Venustas* – um unser Herz zu erfreuen und Schönheit in die Welt zu bringen.

Diese umfassende Definition für ein gutes Haus ist heute nicht anders, wenn auch mit den Begriffen der ökonomischen, ökologischen und soziokulturellen Nachhaltigkeit etwas technokratischer formuliert.

Dies vorausgeschickt, beschäftigt sich die Baubranche angesichts der weltweiten Klimakrise, die weitgehend durch den exponentiell wachsenden und durch Menschen verursachten CO<sub>2</sub>-Ausstoß begründet ist, mit einem Detailspekt der Nachhaltigkeit. Dieser lässt sich am sinnvollsten mit der Gesamt-CO<sub>2</sub>-Belastung aus Errichtung, Betrieb und Rückbau eines Gebäudes beurteilen. Viele Planungskonzepte wurden in den letzten Jahren entwickelt, die allesamt vom Bemühen getragen waren, Energiewerte zu minimieren. Entsprechende gesetzliche Vorschriften folgen diesem Trend oder geben ihn zwischenzeitlich sogar vor, ohne wirklich zu berücksichtigen, dass die entscheidenden Werte nicht allein vom Energieverbrauch, sondern von gesamthaften CO<sub>2</sub>-Belastungen abhängen.

Die Erreichung dieser Zielsetzung beginnt natürlich lange vor der Planung des individuellen Objekts. Raumordnung und Bebauungsdichte haben in diesem Zusammenhang einen enorm großen Einfluss, der noch weitestgehend seiner wissenschaftlichen Aufarbeitung harret. Bezogen auf das einzelne Objekt bietet sich angesichts der vorhandenen Studie die noch seltene Chance, über durchgängige Daten von der Errichtung bis zu belastbaren Verbrauchsdaten über mehrere Jahre zu verfügen, um damit ein aussagekräftiges Modell entwickeln zu können. Letzteres ist ein Beitrag für zukünftige Planungsrealisierungs- und Betriebskonzepte, die in der Lage sind, unsere Welt ein bisschen besser machen zu können.

## Vision of sustainable residential building planning

---

University Professor DI Arch. Christoph Achammer

2000 years ago, Vitruvius formulated the three requirements for a good house.

- *Utilitas* – it should serve the needs of the future occupants,
- *Firmitas* – in order to keep standing for a long time with a minimum of physical effort and
- *Venustas* – in order to warm our hearts and bring beauty into the world.

This comprehensive definition of a good house is still valid today, although it has become a little more technical with the addition of the concepts of economical, environmental and socio-cultural sustainability.

Given this and the global climate crisis largely the result of exponential growth in CO<sub>2</sub> emissions caused by humans, the building industry is focussing on one detailed aspect of sustainability. This is most sensibly assessed based on the overall CO<sub>2</sub> footprint of a building, from construction and operation through to demolition. In recent years, many planning strategies have been developed with a view to minimising energy levels. There are now statutory regulations following this trend or, recently, even setting it, but they do not really take into consideration the fact that the decisive values do not depend on energy consumption alone, but on the overall CO<sub>2</sub> footprint.

Of course, achieving this objective begins long before the planning of the individual project. In this context, land use planning and density of development have an enormous impact, which is yet to be extensively studied in academia. With respect to individual property, this study offers the rare opportunity of having consistent data related to a time period of several years, from construction through to robust consumption data in order to allow the development of a meaningful model. This model is a contribution to future planning implementation and operating strategies which will be able to make our world just a little bit better.

## Lebenszyklusanalyse für nachhaltiges Bauen

---

Prof. Dr. Iva Kovacic, Institut für Interdisziplinäres Bauprozessmanagement, TU Wien und DI Jens Glöggler, ATP Sustain

Bereits im Vorfeld neuer Bauprojekte wird die Frage nach Umweltbelastungen durch den Bau und die Nutzung eines Gebäudes immer dringlicher. Ist es ausreichend, eine rein energetische Betrachtung der Gebäudenutzungsphase unter gegebenen Komfortbedingungen vorzunehmen? In den Materialien, mit denen Gebäude errichtet werden, stecken Ressourcen, Umweltwirkungen und ein erheblicher Energieinput.

Mit steigendem Grad der Energieeffizienz der Gebäude, beispielsweise bei den Passivhäusern, Nullenergie- oder sogar Plus-Energiegebäuden wird der Betriebsenergieaufwand signifikant minimiert. Umso wichtiger wird dann der Anteil der eingesetzten Materialien und der Haustechnik beziehungsweise der Energie für deren Produktion und Instandsetzung – die sogenannte „Graue Energie“. Da durch die gute Dämmung, die effiziente Gebäudehülle und Haustechnik der Heizenergieverbrauch minimiert wurde, muss für eine gute ökologische Performance der Gebäude über den Lebenszyklus auch der Materialeinsatz optimiert werden, und zwar bereits in den frühen Planungsphasen.

Zusätzlich stellt sich die Frage, was mit den verbauten Materialien eigentlich am Ende der Nutzungsphase eines Gebäudes passiert? Sind die Materialien weiterverwendbar beziehungsweise weiterverwertbar oder müssen sie als Altlast deponiert werden? Europa ist ein vergleichsweise rohstoffarmer Kontinent. Gebäude sollten daher als wesentliche Rohstofflager zukünftiger Bauaufgaben gesehen werden. Hierfür wird es umso wichtiger, die Materialien sortenrein erschließen zu können, beziehungsweise sie rückbaubar einzubauen.

Die bisherige Betrachtungsweise des Energiebedarfs eines Gebäudes in der Nutzungsphase greift also für die hinreichende Beantwortung der Fragen nach Ressourcenbedarf, Umweltwirkung und Energiebedarf über den gesamten Lebenszyklus eines Gebäudes zu kurz.

Für solche Lebenszyklus-Optimierungen wird die Ökobilanz-Methode angewendet, die Ressourcenflüsse und die relevanten Umwelteinflüsse der Produkte durch den Lebenszyklus („von der Wiege bis zur Bahre“) erhebt und analysiert. Eine Lebenszyklusanalyse untergliedert sich in drei Phasen: *Stoffbildung* (Gewinnung, Herstellung), *Stoffgebrauch* (Verarbeitung, Nutzung) sowie *Stoffauflösung/Rückführung* (Wiederverwendung, Abbaubarkeit: Kompostierung, Verbrennung, Deponie, und Wiedereingliederung in das Ökosystem). Die Ökobilanzierung schafft damit ein Verständnis für umweltrelevante Auswirkungen der eingesetzten Materialien und Gebäudesysteme über den gesamten Lebenszyklus eines Gebäudes.

Wenn man beispielsweise diverse Stoffbildungsprozesse vergleicht wird deutlich, dass Materialien, die sich in überschaubaren Zeiträumen erneuern können, die vorteilhaftesten Randbedingungen mitbringen. Die wesentlichen Elemente zur Optimierung der „Grauen Energie“ sind die Konstruktion, Fassade, Nutzoberflächen und Technik. Die Nutzung der Lebenszyklusanalyse im Zuge der Energiekonzeptplanung bietet die Möglichkeit, ein ökobilanzielles Optimum zwischen „passiven“ baulichen Maßnahmen (kompakte Gebäudeform, Wärmedämmung der Gebäudehülle etc.) und „aktiven“ Maßnahmen zur Deckung des verbleibenden Energiebedarfs durch aktive Gebäudesysteme zu

finden. Diese energetische Optimierung bezieht sich auf das Verhältnis der „grauen Energie“ der Materialien zur Betriebsenergie.

Für die Erstellung der Lebenszyklusanalyse beziehungsweise Ökobilanzen der durch die Gebäude verursachten Umweltbelastungen sind bereits zahlreiche Werkzeuge auf dem Markt erhältlich. Jedoch ist der Einsatz solcher Methoden in der Planungspraxis immer noch zögernd. Die Gründe sind zahlreich – die Normen definieren die Systemgrenzen und das Verfahren, jedoch ist die Vorgehensweise immer noch zu komplex, um von den praktizierenden Planern effizient angewendet werden zu können. Die Erhebung der immer noch mangelnden Produktdaten (EPD – Environmental Product Declarations) ist besonders zeitintensiv und dadurch in der täglichen Planungspraxis kaum leistbar.

Anhand dieser konkreten Fallstudie – Passivhaus-Wohnanlage Lodenareal – wurde durch die Lebenszyklusanalyse der Anteil der grauen und roten Energie beim Passivhaus-Typus ermittelt; das heißt es wurde überprüft, ob der erhöhte Materialaufwand die Energieeinsparungen tatsächlich rechtfertigt. Somit wurden die ökologischen Benefits über den Lebenszyklus ermittelt, aber auch die Optimierungspotenziale für die zukünftigen Planungen aufgezeigt. Durch die gute Datenlage und folglich sehr genaue Analyse konnte auch das Benutzerverhalten und dessen Einfluss auf den Energieverbrauch ermittelt werden.

Die Lebenszyklusanalyse soll jedoch in den frühen Planungsphasen durchgeführt werden, um den Entscheidungsprozess zu unterstützen, da in dieser Phase noch große Veränderungen mit relativ niedrigen Kosten möglich sind. Der rechtzeitige Einsatz der Ökobilanz ermöglicht die Entwicklung und Bewertung der Szenarien, wobei nicht nur die unterschiedlichen Konstruktionen und Materialien, sondern auch Zeitszenarien abgebildet werden können.

Ziele der Lebenszyklusanalyse in einer frühen Planungsphase sind die Optimierung der Umweltwirkungen (z.B. Minimierung der CO<sub>2</sub>-Emissionen) und der Ressourcenverwendung eines Gebäudes über den gesamten Lebenszyklus durch Variantenvergleiche. Hierfür können gezielt ressourcenschonende Baustoffe und Gebäudesysteme miteinander verglichen und ausgewählt werden. Dadurch ersetzen rechnerische Informationen pauschale Vermutungen einzelner Wirkszenarien und machen sichtbar, wann und in welcher Form ökologische Lösungen zu Lasten eines anderen Gebäudesystems erfolgen.

Um eine ausgeglichene Beurteilung zwischen ökonomischen, ökologischen und sozialen Aspekten bei der Entscheidungsfindung treffen zu können, ist in der frühen Projektplanungsphase die ganzheitliche Perspektive dieser Informationen und Bewertungsergebnisse erforderlich.

Die integrale Lebenszyklusanalyse wird somit zum Bestandteil der Planung mit dem Langzeit-Horizont, welche die Voraussetzung für das nachhaltige Bauen ist.

## Life cycle analysis for sustainable construction

---

*Prof. Dr. Iva Kovacic, Institute for Interdisciplinary Construction Process Management, TU Vienna and DI Jens Glögger, ATP Sustain*

Even in the run-up to new construction projects, the question of the environmental impact of the construction and use of a building is becoming ever more pressing. Is it sufficient merely to consider the energy during the building usage phase given the framework conditions in terms of comfort? There are resources, environmental impact and considerable energy which are input into the materials used to construct buildings.

Increasing levels of energy efficiency in buildings, for example in passive houses, and zero energy or even plus energy buildings, significantly minimise operating energy requirements. This makes the contribution of materials and building services used and the energy required for their production, maintenance and repair, known as grey energy, all the more significant. As heating energy consumption is minimised through good insulation, efficient building envelopes and building services, the usage of materials also needs to be optimised in order to ensure good ecological performance of the building throughout its life cycle, and this from the early planning phases.

There is also a question as to what happens to the materials used for construction at the end of the usage phase of a building. Are the materials reusable or recyclable, or do they need to be disposed of as waste? Europe as a continent is relatively low in raw materials. So buildings should be considered as important stores of raw materials for future building projects. This makes it all the more important to provide for regaining the materials separated by type, or carry out construction in a way that makes the dismantling process easier.

Thus, the approach to the energy requirements of a building in the usage phase used so far fails to answer questions on resource requirements, environmental impact and energy requirements during the overall life cycle of a building.

To enable life cycle optimisation of this kind, the environmental footprint method is used. This collects and analyses the flow of resources and relevant environmental impacts throughout the life cycle (from the cradle to the grave). A life cycle analysis breaks down into three phases: Formation of materials (extraction, production), use of materials (processing, use) and material dismantling/recirculation (reuse, degradeability: composting, combustion, disposal, and reincorporation into the ecosystem). The environmental footprint method therefore creates an understanding about the relevance of the environment and resources and how they interact with the materials and building systems used throughout the entire life cycle of a building.

For example, if you compare various material formation processes, it becomes clear that materials which can be renewed within manageable timeframes offer the most beneficial framework conditions. The most important elements when it comes to optimising “grey energy” are construction, the façade, usage surfaces and technology. The use of life cycle analysis in line with energy strategy planning offers the opportunity to find an optimum ecological balance between “passive” structural measures (compact building, insulation of the building envelope, etc.) and “active” measures to cover the remaining energy requirements

by means of active building systems. This energy optimisation relates to the relationship between the “grey energy” of the materials and the operating energy.

There are already numerous tools on the market for the production of life cycle analyses and environmental footprints for the environmental pollution caused by the building. However, the use of these methods is still tentative in planning practice. There are numerous reasons - the standards define the system limits and the process, but the approach is still too complex to be used efficiently by planners in practice. Collection of what is still insufficient product data (EPD - Environmental Product Declarations) is particularly time-consuming and therefore not really feasible during everyday planning work.

Based on this specific case study for a residential passive house complex in Lodenareal, a life cycle analysis was carried out to determine the proportions of green and red energy in the passive house type. In other words, we investigated whether the energy savings actually justify the increased material costs. This allows the environmental benefits throughout the life cycle to be determined and optimisation potential to be highlighted for future planning. The excellent data and thus very accurate analysis also allowed determination of user behaviour and its influence on energy consumption.

However, the life cycle analysis should be carried out in the early planning phases in order to support the decision-making process, as at this stage major changes can still be made with relatively low impact on costs. Applying the environmental footprint at an early stage allows the development and assessment of scenarios reflecting not only different construction methods and materials, but also time.

The aim of the life cycle analysis at an early stage of planning is to optimise environmental impact (e.g. minimising CO<sub>2</sub> emissions) and use of resources of a building throughout its life cycle by comparing different alternatives. Materials and building systems which are gentle on resources can be specifically compared with each other and selected for this comparison. Thus, arithmetic information replaces blanket assumptions on individual impact scenarios and makes it clear when and in what form ecological solutions are to the detriment of other building systems.

In order to make a balanced assessment of economical, environmental and social aspects during the decision-making process, a holistic perspective of this information and assessment results is required in the early project planning phase.

The integrated life cycle analysis therefore becomes an element of planning with a long-term horizon, which is a prerequisite for sustainable construction.

## Was war das Ergebnis der Studie?

---

*DI Julia Reisinger*

Das Lodenareal ist derzeit die größte im Passivhausstil errichtete Wohnanlage in ganz Europa. Des Weiteren weist Österreich die größte Passivhausdichte im europäischen Raum auf.

Die vorliegende Studie basiert auf meiner Diplomarbeit „Ökobilanzierung Passivhaus-Wohnanlage Lodenareal“ und beschäftigt sich mit der Frage, ob Passivhäuser durch den zusätzlich erforderlichen energetischen Aufwand bei der Herstellung, Instandsetzung und Erneuerung ihrer Konstruktion auch eine Umweltbelastung darstellen können. Stellt sich denn auch wirklich eine positive CO<sub>2</sub>-Bilanz beim Vergleich von roter (Betrieb) und grauer (Konstruktion) Energie ein, und wie verhält sich die Umweltbilanz eines Passivhauses zu der Umweltbilanz eines gleichartigen Gebäudes im Niedrigenergiehausstandard? Die Ergebnisse meiner Diplomarbeit zeigen, dass der erhöhte Materialaufwand in der Passivhaus-Wohnanlage Lodenareal zu einer wesentlichen Energieeinsparung beiträgt und sich somit – ökologisch gesehen – rentiert:

Der Anteil der grauen Energie am Gesamtenergieaufwand beträgt in der Passivhaus-Wohnanlage Lodenareal für das Treibhauspotenzial ca. 50%–60% und für den Primärenergiebedarf knapp 50%. Dieser Mehraufwand an grauer Energie – bei einem konventionellen Gebäude sind dies immerhin nur 10–20% – erzielt jedoch eine erhebliche 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 materielle Zusammensetzung hat einen großen Einfluss auf die graue Energie eines Gebäudes. Die Ausführung eines Passivhauses in Holzbauweise mit einer Mineralwolle-Dämmung führt im Vergleich zu einer Massivbauweise zu besseren Ergebnissen in der Ökobilanz. Es zeigt sich, dass durch die Holzbauweise CO<sub>2</sub>-Einsparungen von bis zu 10% erreicht werden können. Aber auch beim Versauerungspotenzial und dem nicht erneuerbaren Primärenergiebedarf performt ein Gebäude in Holzbauweise besser als ein Gebäude in Massivbauweise – und das in allen Phasen seines Lebenszyklus. Der gesamte Primärenergiebedarf ist jedoch bei der Holzbauweise aufgrund der künstlichen Trocknung und den weiteren Bearbeitungsschritten von Holz höher als bei der Betonbauweise.

Die große Anzahl an Leitungen und Rohren in einem Passivhaus führen dazu, dass der Anteil der Haustechnik an den CO<sub>2</sub>-Emissionen bei ca. 10% liegt. Aufgrund der hohen Wartungsintensität dieser Einbauten sollte bereits in frühen Planungsphasen von Gebäuden auf eine genaue Dimensionierung der Leitungen und Rohre geachtet werden. Durch den Einbau von langlebigeren und weniger wartungsintensiven Materialien kann die graue Energie solcher Gebäudetypen effizient gesenkt werden.

Der Vergleich Passivhaus versus Niedrigenergiehaus zeigt, dass das Gebäude im Passivhausstandard aus ökologischer Sichtweise dem Niedrigenergiehausstandard überlegen ist. Das Passivhaus erzielt eine Einsparung von ca. 5% der CO<sub>2</sub>-Emissionen

gegenüber dem Niedrigenergiehaus. Nur beim Versauerungspotenzial erzielt das Passivhaus aufgrund der dickeren Dämmung und dem höheren Anteil an Leitungen um ca. 3% schlechtere Ergebnisse als das Niedrigenergiehaus.

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass das Passivhaus trotz des erhöhten Materialaufwandes ökologisch besser performt als das Niedrigenergiehaus. Im Vergleich zum errechneten Endenergiebedarf laut Energieausweis ist der Endenergieverbrauch in der Passivhaus-Wohnanlage Lodenareal mit 61,33 kWh/m<sup>2</sup>NGFa (49,8 kWh/m<sup>2</sup>BGFa) hoch. Der Endenergieverbrauch laut Energieausweis beträgt 35,25 kWh/m<sup>2</sup>BGF. Somit verbraucht die Wohnanlage 29% mehr Wärme als im Energieausweis festgelegt.

Ein Grund dafür kann sein, dass die Verluste im Energieausweis oft zu optimistisch angesetzt sind. Die realen Verluste sind deutlich höher. Der höhere Endenergieverbrauch kann jedoch weitere Gründe haben. Die Bewohner der Wohnanlage heizen ihre Wohnungen zusätzlich um durchschnittlich +3°C auf (im Vergleich zur Durchschnittstemperatur in der Energieausweisberechnung). Außerdem kann sich ein höherer Heizwärmeverlust durch zusätzliches Raumlüften durch die Nutzer einstellen.

Große Aufmerksamkeit muss jedoch auf den hohen Stromverbrauch für Haushaltsanwendungen in der Passivhaus-Wohnanlage Lodenareal gelegt werden. Die CO<sub>2</sub>-Emissionen für die graue und rote Energie (bestehend aus Wärme und Allgemiestrom) liegen bei 700 kg CO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup>NGFa, wohingegen die CO<sub>2</sub>-Emissionen für die graue und rote Energie (Wärme und Allgemiestrom) samt Haushaltsstrom bei 1.850 CO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup>NGFa liegen. Die im Haushaltsstrom gebundenen Emissionen betragen mehr als 60% des Wärme- und Allgemiestroms. Das Verhältnis der Treibhauspotenzial-Emissionen von grauer vs. rote Energie inklusive dem Haushaltsstrom (nach 50 Jahren) beträgt

### **23% graue Energie : 77% rote Energie.**

Das gleiche Verhältnis ohne den Haushaltsstrom beträgt

### **61% graue Energie : 39% rote Energie.**

Der Haushaltsstrom hat somit einen wesentlichen Einfluss auf die Gesamtenergieeffizienz und auf die Treibhausgasemissionen in energieoptimierten Gebäuden. Da der Haushaltsstrom im Einflussbereich der Wohnungsnutzer liegt, bedarf es hierzu einer Bewusstseinssteigerung der Nutzer und einer Anreizschaffung für eine energiesparende Nutzung.

Die „Bauweise Passivhaus“ ist somit ein Schritt in die richtige Richtung zur Reduzierung der CO<sub>2</sub>-Emissionen in der Baubranche. Solange jedoch keine Bewusstseinsänderung und Verhaltensanpassung bei den Bewohnern in Passivhäusern stattfindet, funktioniert das Gebäude trotz seiner umfassenden Technologie nur so gut, wie es seine Nutzer zulassen bzw. so weit, wie sie das Potenzial dieses Gebäudetypus ausschöpfen.

## What was the result of the study?

---

*DI Julia Reisinger*

The Lodenareal is currently the largest residential complex built in the passive house style in Europe. Austria also has the highest density of passive houses anywhere in Europe.

This study is based on my dissertation “Environmental impact of Lodenareal passive house residential complex” and deals with the question as to whether passive houses could also be deemed to have an environmental impact because of the increased energy required for the manufacture, repair and replacement of their construction. Is there really a positive CO<sub>2</sub> footprint, if you compare the red (operating) energy to the grey (construction) energy and how does the environmental footprint of a passive house compare to the environmental footprint of a similar building based on low-energy house standards? The results of my dissertation show that the increased material costs in the Lodenareal passive house residential complex contribute to a considerable energy saving and are therefore profitable from an ecological perspective.

At the Lodenareal passive house residential complex, the proportion of grey energy in the overall energy is approx. 50–60% for greenhouse potential and just 50% for primary energy demand. This additional grey energy required (for a conventional building, the grey energy demand is only 10–20%), however, results in a considerable reduction in heating energy consumption and the associated emissions during use. It takes 54 years for the red energy from the use of the building to overtake the grey energy used in its construction.

The material composition of a building has a huge influence on its grey energy. The design of a passive house with a timber construction and mineral wool insulation produces better environmental footprint results in comparison to a load-bearing solid construction. The results show that building with timber can reduce CO<sub>2</sub> by up to 10%. Even in terms of acidification potential and the demand for non-renewable primary energy, a timber building performs better than a building in load-bearing solid construction throughout all the phases of its life cycle. However, because of the artificial drying and other stages of processing, the total primary energy required is greater for wood than for a concrete construction.

The large number of cables and pipes in a passive house means that building services contribute about 10% of CO<sub>2</sub> emissions. Because these fittings are high-maintenance, cables and pipes must be carefully scaled even in the early planning phases for buildings. Fitting long-lasting and less high-maintenance materials can efficiently reduce the grey energy of these types of buildings.

The comparison between the passive house and the low-energy house shows that the buildings to the passive house standard are superior to the low-energy house from an environmental perspective. The passive house achieves a 5% saving on CO<sub>2</sub> emissions compared to the low-energy house. It is only in terms of acidification potential where the passive house achieves 3% worse results than the low-energy house because of the thicker insulation and increased number of cables and pipes.

In summary, the passive house performs better in ecological terms than the low-energy house, despite the increased material costs. Compared to the calculated final energy consumption as per the energy pass, the final energy consumption of the Lodenaareal passive house residential complex is high at 61.33 kWh/m<sup>2</sup> net floor area (49.8 kWh/m<sup>2</sup> gross floor area). According to the energy pass, the final energy consumption is 35.25 kWh/m<sup>2</sup> gross floor area. This means the residential complex consumes 29% more heat than set out in the energy pass.

One reason for this could be the fact that losses are often estimated too optimistically in the energy pass. The actual losses are considerably higher. However, there could be other reasons for the high final energy consumption. The occupants of the residential complex heat their apartments by an average of +3°C more (compared to the average temperature in the energy pass calculation). Opening windows for ventilation can also lead to increased loss of heat energy.

However, attention also needs to be paid to the increased electricity consumption for household applications in the Lodenaareal passive house residential complex. CO<sub>2</sub> emissions for grey and red energy (consisting of heat and general electricity) are 700 kgCO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup> net floor area, while the CO<sub>2</sub> emissions for grey and red energy (heat and general electricity) plus household electricity are 1850 CO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup> net floor area. The emissions from household electricity are more than 60% of heat and general electricity. The relationship of emissions to greenhouse potential in grey vs red energy, including household electricity (after 50 years) is as follows:

**23% grey energy: 77% red energy.**

The same relationship without household electricity is:

**61% grey energy: 39% red energy.**

This means that household electricity has a significant influence on overall energy efficiency and on greenhouse gas emissions in energy-optimised buildings. As the household electricity is within the sphere of influence of the apartment residents, there is a need for increasing user awareness and creating incentives towards energy-saving use.

The passive house method is therefore a step in the right direction towards reducing CO<sub>2</sub> emissions in the construction industry. But as long as there is no change in awareness and adapted behaviour among residents of passive houses, despite its comprehensive technology, the building only works as well as its users allow or as much as they capitalise on the potential of this building type.

# Studie

Ökobilanzierung Passivhaus-Wohnanlage Lodenareal  
Ökologischer „Aufwand–Nutzen“ zwischen Konstruktion (grauer Energie) und Betrieb (roter Energie)

Autoren: DI Julia Reisinger, Prof. Dr. DI Iva Kovacic, DI Jens Glögger

## Ziele und Vorgehensweise

---

Diese Studie untersucht die lebenszyklischen Umweltauswirkungen der Passivhaus-Wohnanlage Lodenareal. Mit der Methode der Ökobilanzierung werden primär die CO<sub>2</sub>-Emissionen, welche einerseits dem Energieverbrauch für die Herstellung der Materialien (graue Energie) und andererseits dem Gebäudebetrieb (rote Energie) zuzuordnen sind, identifiziert und verglichen. Weitere Indikatoren wie PEI (Primärenergie-Verbrauch) und SO<sub>2</sub> (Versauerungspotenzial) werden dabei ebenfalls identifiziert.

Jeder eingebaute Baustoff und jedes Bauprodukt hat während seiner Lebensdauer (Herstellung, Transport, Nutzung, Abriss/Recycling) einen 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 für die Herstellung, den Transport, den Ersatz und das Recycling der Materialien werden betrachtet.

Passivhäuser erreichen ihre gute Energiebilanz durch erhöhten Materialeinsatz, meist in Massivbauweise hergestellt. 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 im Laufe von drei Jahren gemessenen Energieverbräuche im Lodenareal kann der tatsächliche Energiebedarf der Wohnanlage mit den Planwerten (lt. Energieausweis) verglichen und die Gründe für eventuelle Abweichungen untersucht werden.

Das Ziel der Ökobilanzierung für die Passivhaus-Wohnanlage Lodenareal war es, das Verhältnis von grauer zu roter Energie anhand der genauen Ausschreibungsunterlagen, Bauteilkataloge und Planmaterial einerseits sowie realen, gemessenen Verbrauchswerten andererseits zu ermitteln, um Aus-

sagen bezüglich der Ökoeffizienz von derartigen Gebäudearten treffen zu können.

In einer Variantenstudie wurde der ökologische Aufwand von grauer und roter Energie hinsichtlich der folgenden Varianten zu untersucht:

1. Ökobilanzierung der Passivhaus-Wohnanlage Lodenareal im **IST-Zustand** (ohne Rohre und Sanitäranlagen) sowie

- IST-Zustand **mit Rohren und Sanitäranlagen**, um den tatsächlichen Anteil der Haustechnik an der grauen Energie im Gebäude bestimmen zu können

- IST-Zustand zu einer optimierten **Variante in Holzbauweise** modifiziert, aufbauend auf dem gemessenen Verbrauch

2. **Vergleich des Passivhauses** Lodenareal mit einem auf **Niedrigenergiestandard** modifiziertem Lodenareal, aufbauend auf einem berechneten Bedarf (Energieausweis). Bei einem Niedrigenergiehaus werden weniger Materialien verbaut, dadurch wird aber auch mehr Energie im Betrieb verbraucht. Es galt zu überprüfen, ob der Mehraufwand für den erhöhten Einsatz von Materialien bei einem Passivhaus durch die Einsparungen der Betriebsenergie gerechtfertigt ist.

Für alle Varianten wurden folgende Öko-Indikatoren der Anlage ermittelt:

- Berechnungen der CO<sub>2</sub>-Emissionen (GWP), des Primärenergiebedarfs (PEI-erneuerbar und nicht erneuerbar) und des Versauerungspotenzials (AP).

- Vergleich des energetischen Aufwandes und der gebundenen Emissionen für „graue“ (Herstellung) und „rote“ (Betrieb) Energie.

- Berechnungen für drei Zeithorizont-Szenarien: 20, 50 und 80 Jahre

## Wohnhausanlage LODENAREAL

Im Oktober 2009 wurde auf dem ehemaligen Lodenareal in Innsbruck ein 33.000 m<sup>2</sup> 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.

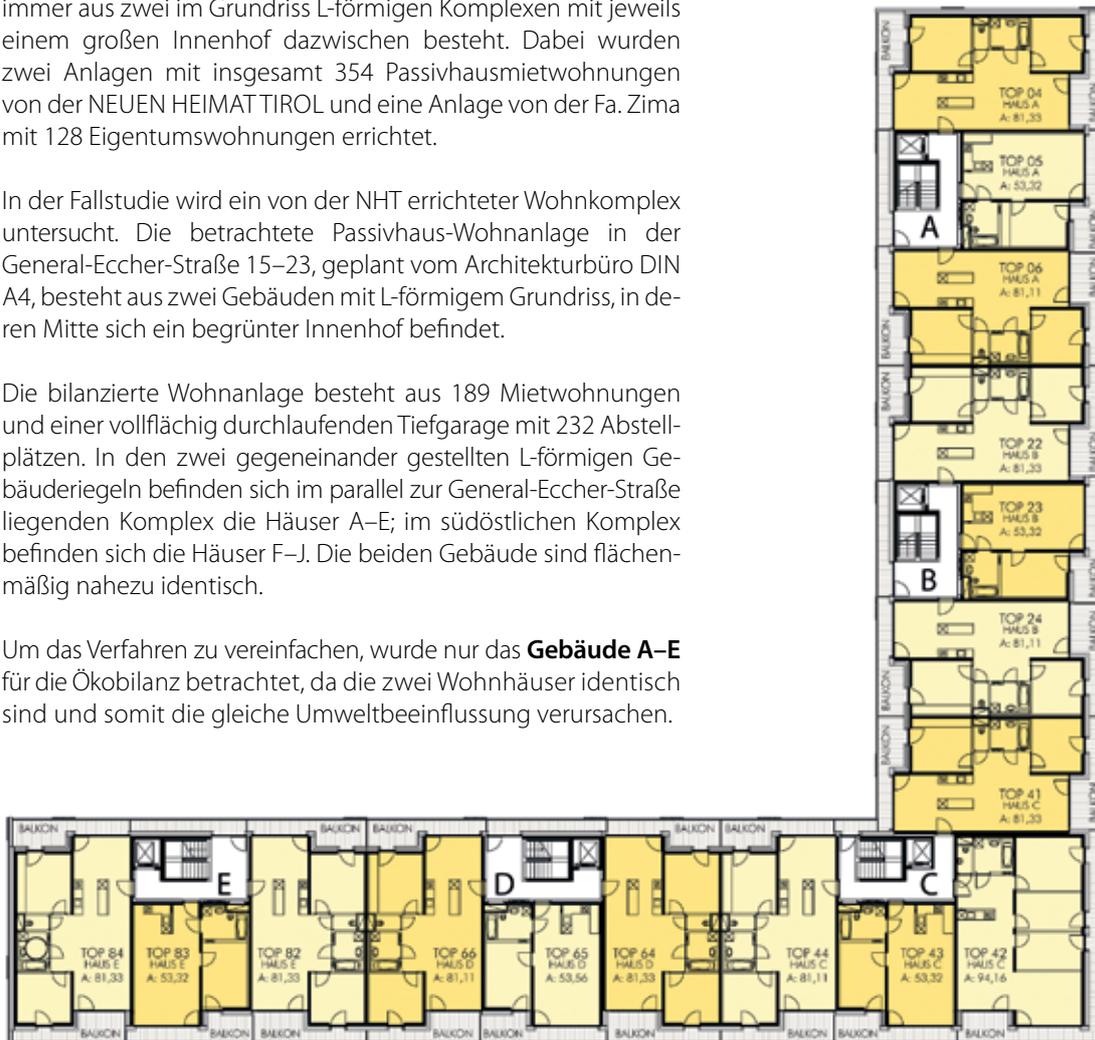
Es wurden drei Wohnanlagen realisiert, wobei eine Wohnanlage immer aus zwei im Grundriss L-förmigen Komplexen mit jeweils einem großen Innenhof dazwischen besteht. Dabei wurden zwei Anlagen mit insgesamt 354 Passivhausmietwohnungen von der NEUEN HEIMAT TIROL und eine Anlage von der Fa. Zima mit 128 Eigentumswohnungen errichtet.

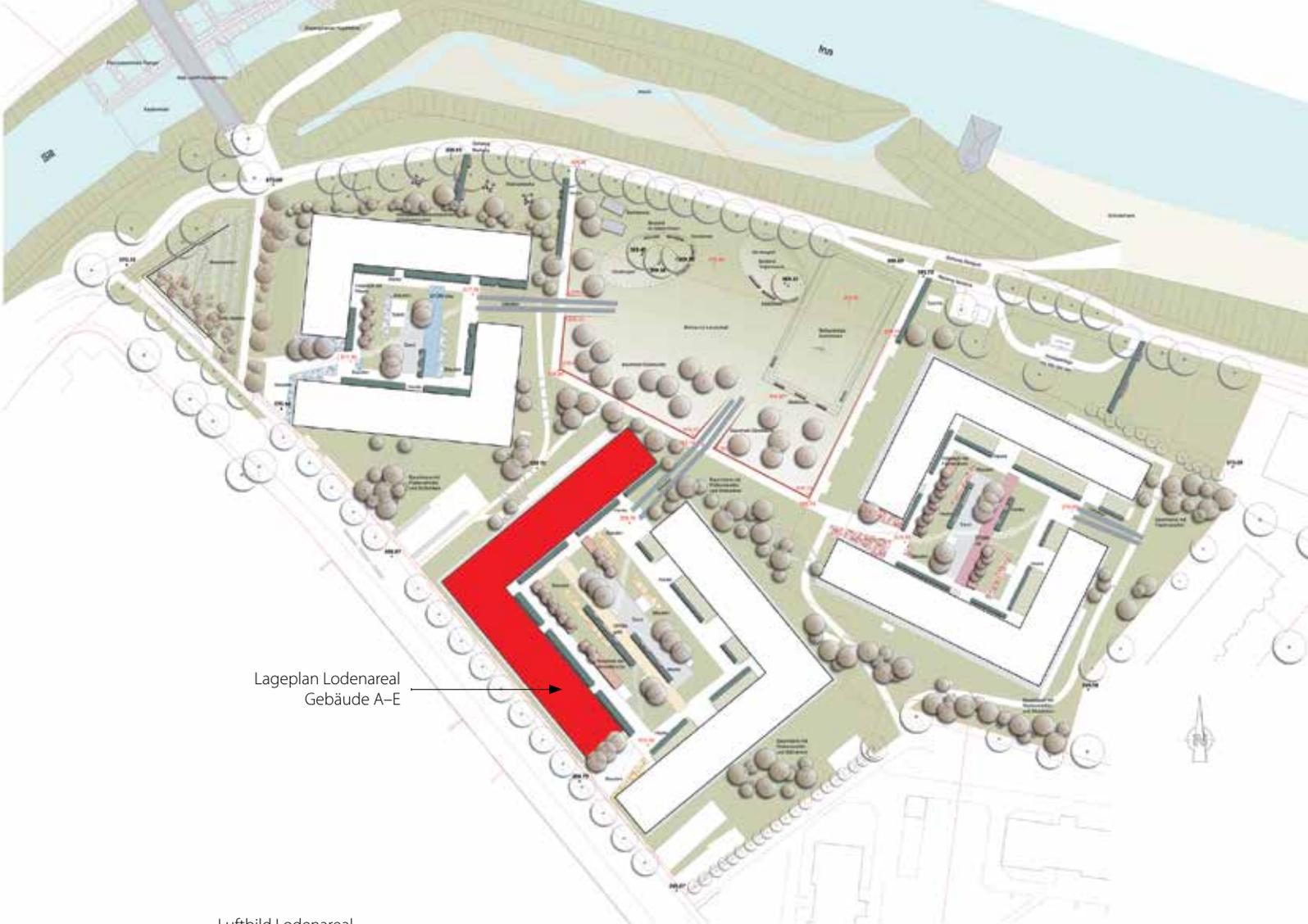
In der Fallstudie wird ein von der NHT errichteter Wohnkomplex untersucht. Die betrachtete Passivhaus-Wohnanlage in der General-Eccher-Straße 15–23, geplant vom Architekturbüro DIN A4, besteht aus zwei Gebäuden mit L-förmigem Grundriss, in deren Mitte sich ein begrünter Innenhof befindet.

Die bilanzierte Wohnanlage besteht aus 189 Mietwohnungen und einer vollflächig durchlaufenden 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; im südöstlichen Komplex befinden sich die Häuser F–J. Die beiden Gebäude sind flächenmäßig nahezu identisch.

Um das Verfahren zu vereinfachen, wurde nur das **Gebäude A–E** für die Ökobilanz betrachtet, da die zwei Wohnhäuser identisch sind und somit die gleiche Umweltbeeinflussung verursachen.

Grundriss Gebäude A–E





Lageplan Lodenareal  
Gebäude A-E

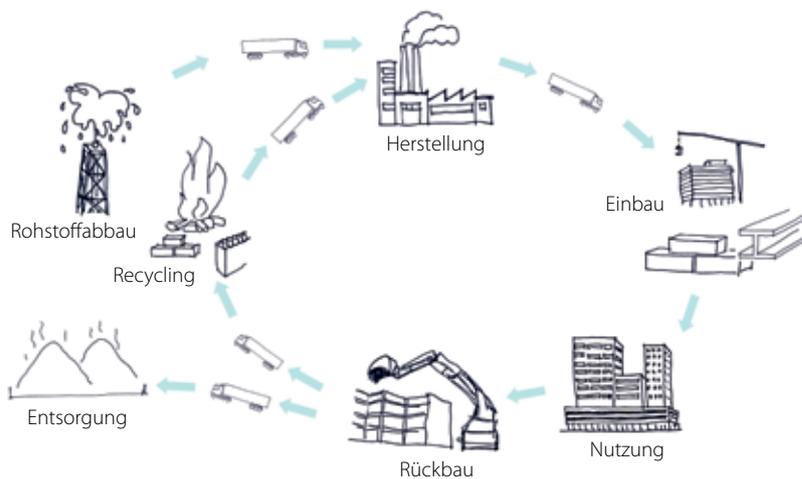
Luftbild Lodenareal  
Foto: Peter Fiby, Innsbruck



## Methode der Lebenszyklusanalyse

Ein Gebäude hat während seines gesamten Lebenszyklus einen wesentlichen Einfluss auf unsere Umwelt. Um die Wirkungen eines Gebäudes auf die Umwelt evaluieren zu können, wird die so genannte Methode der Ökobilanz bzw. der Lebenszyklusanalyse verwendet. Das Ziel einer Ökobilanz (Lebenszyklusanalyse) ist, ein fundiertes Wissen für das planerische Handeln im Umwelt- und Klimaschutz zu schaffen.

Beim Bau, bei der Nutzung und beim Abbruch eines Objekts entstehen negative Einflüsse auf unser Ökosystem. Im Lebenszyklus eines Gebäudes findet eine regelmäßige Entnahme von Ressourcen und Energie aus der Umwelt statt. Außerdem werden erzeugte Emissionen aus der Herstellung, Instandhaltung und dem Abbruch wieder zurück in die Umwelt gegeben. Deshalb bedarf es einer genauen Analyse der Umweltwirkungen welche durch die Herstellung, Nutzung und Beseitigung von Produkten entstehen. Mit der Ökobilanz wird der gesamte Lebensweg eines Produkts „von der Wiege bis zur Bahre“ („cradle to grave“) in die Betrachtung mit einbezogen.



Eine Lebenszyklusanalyse besteht aus vier Schritten:

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)

Bei einer Ökobilanz werden folgende Indikatoren bewertet:

Indikatoren für Umweltwirkungen:

- Treibhauspotenzial GWP [kg CO<sub>2</sub>-Äquiv.]
- Ozonschichtabbaupotenzial ODP [kg R11-Äquiv.]
- Ozonbildungspotenzial POCP [kg Ethen-Äquiv.]
- Versauerungspotenzial AP [kg SO<sub>2</sub>-Äquiv.]
- Überdüngungspotenzial NP [kg PO<sub>4</sub>-Äquiv.]

Indikatoren für Ressourcen-Inanspruchnahme:

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

## Lebenszyklusanalyse für Lodenareal

---

In dieser Studie werden die Umweltindikatoren Treibhauspotenzial, Versauerungspotenzial und Primärenergiebedarf ermittelt, bewertet und zum Vergleich von verschiedenen Varianten herangezogen.

**Treibhauspotenzial (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 CO<sub>2</sub>-Äquiv./m<sup>2</sup>]

**Versauerungspotenzial (AP):** Versauerung entsteht durch die Umwandlung von Luftschadstoffen in Säuren. Dabei wird der Schadstoff in Niederschlag gebunden, kann dort reagieren und senkt so den pH-Wert. Eine Folgeerscheinung der wachsenden Versauerung ist der saure Regen. Einheit: [kg SO<sub>2</sub>-Äquiv./m<sup>2</sup>]

**Primärenergiebedarf (-inhalt) – PEI:** ist der Bedarf an nicht erneuerbaren und erneuerbaren energetischen Ressourcen. Der Primärenergieinhalt ist der obere Heizwert all jener energetischen Ressourcen, die in der Herstellungskette des Produkts verwendet wurden. Erneuerbare Energien wie Holz, Wasser und Sonnenlicht sind im Gesamt-Primärenergiebedarf erfasst. Einheit: [kWh/m<sup>2</sup>]

Die Berechnung der Ökobilanzwerte des Bauwerks erfolgte für die Konstruktion (graue Energie) aufbauend auf den Regeln der ISO 14040 und 14044<sup>1</sup> und wurde mit der Software LEGEP<sup>2</sup> durchgeführt. Die Ökobilanzwerte für die Ermittlung der roten Energie (Nutzungsphase) konnten aufgrund der Bereitstellung von Monitoring-Daten genau be-

rechnet werden. Die Werte für den Endenergieverbrauch für Strom und Wärme wurden auf Grundlage der vorliegenden Verbrauchsdaten (Solar, Fernwärme, Lüftung) der Jahre 2012, 2013 und 2014 ermittelt.

### Systemgrenzen und -bilanz

Zur Erfassung der grauen und roten Energie wurden folgende Lebenszyklusphasen betrachtet:

- Herstellung
- Instandsetzung
- Betrieb
- End-of-life

Um den Einfluss der Lebensdauer der Bauteile auf die Ökobilanz des Gebäudes analysieren zu können, wurden Szenarien für die Betrachtungszeiträume von 20, 50 und 80 Jahren entwickelt.

### Energie-Bilanz:

**Graue Energie =  
Konstruktion (K) = H + I + E**

Herstellung  
Instandsetzung  
Entsorgung

**Rote Energie =  
Nutzung (N) = W + AS  
(N<sub>ges</sub>) = W + AS + HS**

Wärme  
Allgemeinstrom  
Haushaltsstrom

**Gesamt (G) = K + N**

Gesamtaufwand

---

<sup>1</sup> 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.

<sup>2</sup> WEKA MEDIA, 2015. Weka Bausoftware. [Online] <http://www.weka-bausoftware.de/immobilien/lekep-effizienz/lekephtml> [Zugriff im Oktober 2015].

## Lebenszyklusanalyse: VARIANTEN

### 1.) Passivhaus Lodenareal IST-Zustand (PH<sub>IST</sub>)

In der ersten Variantenberechnung wurde die Passivhaus-Wohnanlage Lodenareal in ihrem IST-Zustand (PH<sub>IST</sub>) bilanziert und ausgewertet. Bei der Basisvariante PH<sub>IST</sub> sind noch keine Leitungen, Rohre und Sanitäranlagen mitbilanziert worden.

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

Inwieweit sich die Lebenszyklusanalyse hinsichtlich der Materialwahl verändert, wird in der Holzvariante B untersucht. Es wird die Passivhaus-Wohnanlage Lodenareal (PH<sub>IST</sub>) optimiert. Die ursprüngliche, in Massivbauweise errichtete Fassade und die massiven Balkone werden durch die Holzbauweise ersetzt.

### 2.) Vergleich Passivhaus (PH) vs. Niedrigenergiehaus (NEH)

In einem zweiten Vergleich wurde die Passivhaus-Wohnanlage Lodenareal hinsichtlich der Energiekennzahlen modifiziert (PH<sub>EA</sub>). Damit lässt sich die Passivhaus-Wohnanlage mit einer fiktiven Variante in Niedrigenergiebauweise (NEH<sub>EA</sub>) vergleichen. Der Aufbau, die Materialien und die Struktur der neuen Passivhausvariante bleiben genau gleich. Lediglich der tatsächliche Energieverbrauch (EEV) wird – in Anlehnung an die Energieausweisberechnung – in einen Energiebedarf (EEB) umgerechnet. Dieser Schritt ist notwendig, da für die Energiewerte des Niedrigenergiehauses ebenfalls Energiekennwerte laut Norm, welche immer Bedarfswerte sind, herangezogen wurden. Somit konnte Bedarf mit Bedarf verglichen werden.

Bei der Modellierung des Niedrigenergiehauses (NEH<sub>EA</sub>) wurden die Dämmstärken, das Lüftungssystem und die Energiebedarfswerte des bestehenden Passivhauses gemäß den Anforderungen eines Niedrigenergiehauses angepasst. Durch den Vergleich dieser zwei Gebäudetypen kann man den Einfluss der Menge des Dämmmaterials auf die graue Energie bestimmen. Außerdem wird gezeigt, wie sich das Passivhaus zum Niedrigenergiehaus hinsichtlich seiner Energiebilanz und, daraus folgend, hinsichtlich der Lebenszyklusanalyse verhält.



**Variante: Passivhaus Ist-Zustand - PH<sub>IST</sub>**

Das Passivhaus im Ist-Zustand wurde anhand der Plandokumentation, den Ausschreibungsunterlagen, der Bauteilkataloge und den gemessenen Energieverbräuchen von drei Jahren erfasst.

Daten zur Energieversorgung

Beheizung und Warmwasser:

- 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%

**Verbrauch gemessen (Mittelwert von 2012, 2013, 2014)**

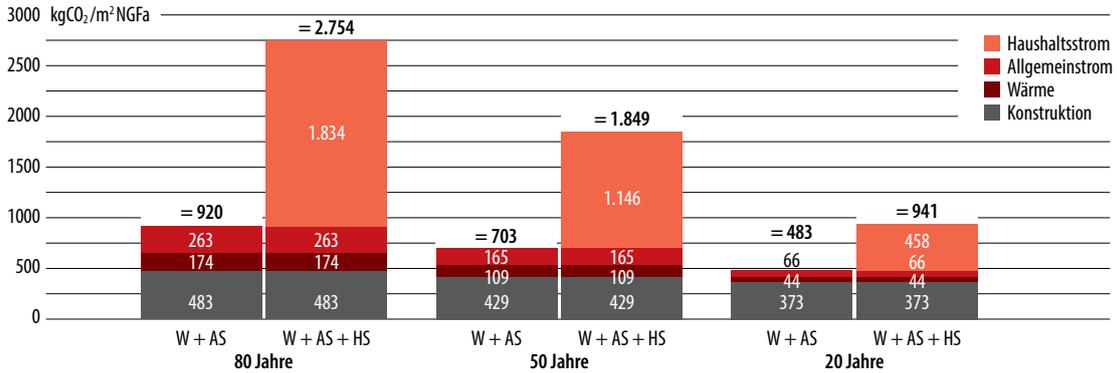
Verbrauch Wärme (Heizung + WW):	<b>61,33 kWh pro m<sup>2</sup> NGFa und Jahr</b>
Verbrauch Strom (Allgemeinstrom):	<b>5,52 kWh pro m<sup>2</sup> NGFa und Jahr</b>
Verbrauch Strom (Haushaltsstrom*):	<b>38,46 kWh pro m<sup>2</sup> NGFa und Jahr</b>

\*Quelle Haushaltsstrom: Studie Energie Tirol - Forschungsprojekt Passivhausanlage Lodenareal, November 2012

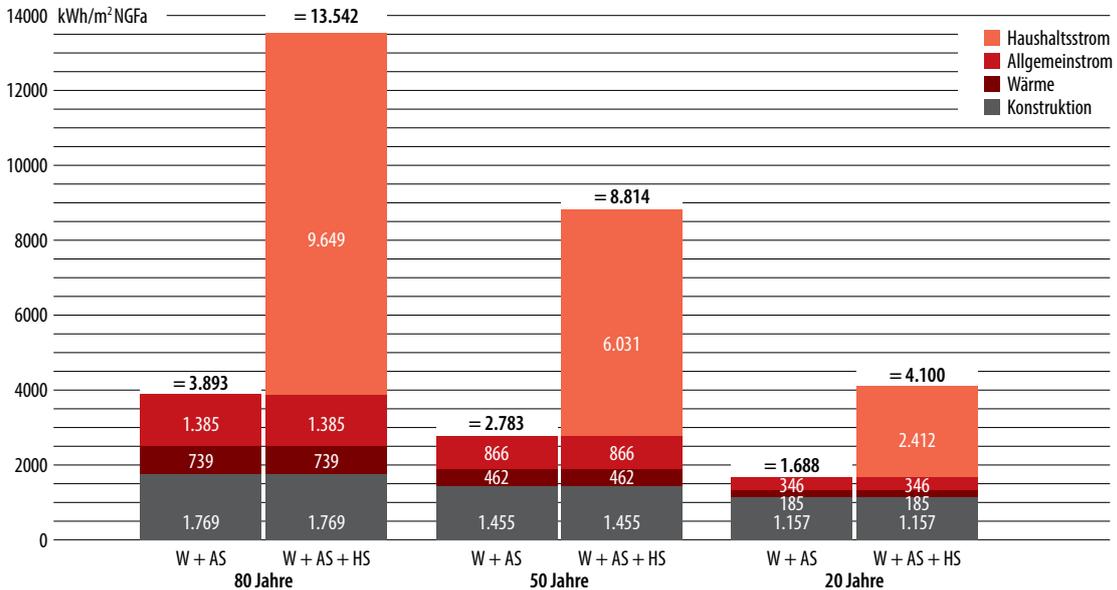
**Rote Energie = Nutzung = W + AS + (HS)**

Auswertung Passivhaus Ist-Zustand - PH<sub>IST</sub>Treibhauspotenzial (GWP) - PH<sub>IST</sub>Graue und Rote Energie pro m<sup>2</sup> NGFa für 20, 50 und 80 Jahre

Rote Energie unterteilt in Wärme (W), Allgemiestrom (A) und Haushaltsstrom (HS)

Primärenergiebedarf (PEI) - PH<sub>IST</sub>Graue und Rote Energie pro m<sup>2</sup> für 20, 50 und 80 Jahre

Rote Energie unterteilt in Wärme (W), Allgemiestrom (AS) und Haushaltsstrom (HS)



## Schlussfolgerung Passivhaus Ist-Zustand (PH<sub>IST</sub>)

Die Energieverluste sind bei herkömmlichem Gebäudebetrieb aufgrund der Gebäudehülle minderer Dichte sehr groß. Studien zeigen, dass die Betriebs- und Nutzungsphase den größten Teil des Energieverbrauchs einnimmt und der Energieverbrauch für die Produktion eines Gebäudes oft nur 10–20% beträgt (Ramesh, et al., 2010)<sup>3</sup>.

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)<sup>4</sup>, (Gustavsson & Joelsson, 2010)<sup>5</sup>.

Im Gegensatz zu einem normalen Gebäude kann in der Passivhaus-Wohnanlage Lodenareal durch die gute Dämmung, die verbesserte Luftdurchlässigkeit und die Wärmerückgewinnung bei der Lüftungsanlage die Raumheizungsanforderung deutlich verbessert werden. Durch den erhöhten Materialaufwand reduziert sich der Bedarf an roter Energie.

Deshalb beträgt in dieser Fallstudie der Anteil der grauen Energie am Primärenergiebedarf nach 50 Jahren 52% und am Treibhauspotenzial 61%.

### Zusammenfassung der Ökobilanz Passivhaus Ist-Zustand:

PEI	graue Energie [kWh/m <sup>2</sup> NGFa]	rote Energie [kWh/m <sup>2</sup> NGFa]	Anteil graue Energie	Anteil rote Energie
20 Jahre	1.157	531	<b>69%</b>	31%
50 Jahre	1.455	1.327	<b>52%</b>	48%
80 Jahre	1.769	2.124	<b>45%</b>	55%

<sup>3</sup> Ramesh, T., Prakash, R. & Shukla, K., 2010. Life cycle energy analysis of buildings: An overview. Energy and Buildings 42 (2010), pp. 1592–1600.

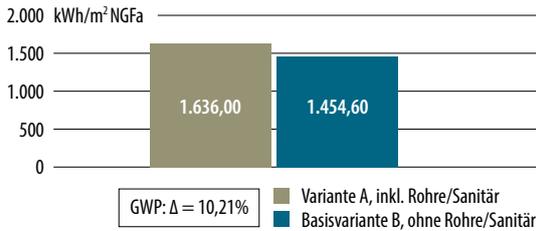
<sup>4</sup> Thormark, C., 2002. A low energy building in a life cycle – its embodied energy, energy need for operation and recycling potential. Building and Environment 37 (2002), pp. 429–435.

<sup>5</sup> Gustavsson, L. & Joelsson, A., 2010. Life cycle primary energy analysis of residential buildings.

## Auswertung Variante A: PH<sub>IST</sub> mit Rohren und Sanitär

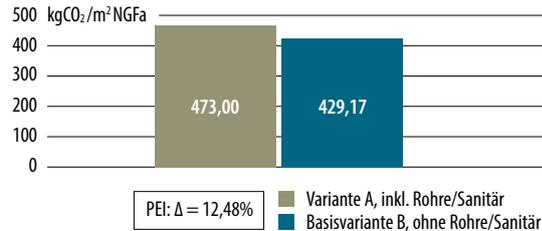
### Primärenergiebedarf (PEI) - Variante A und PH<sub>IST</sub>

Graue Energie in 50 Jahren pro m<sup>2</sup> NGFa



### Treibhauspotenzial (GWP) - Variante A und PH<sub>IST</sub>

Graue Energie in 50 Jahren pro m<sup>2</sup> NGFa



## Schlussfolgerung Variante A: PH<sub>IST</sub> mit Rohren und Sanitär

Die Menge der Leitungen in einem Passivhaus ist im Vergleich zu einem Gebäude mit normalem Baustandard sehr hoch. Die Rohre in der Passivhaus-Wohnanlage Lodenareal sind für 10,21% des Treibhauspotenzials bzw. 12,48% des Primärenergiebedarfs an der grauen Energie (Konstruktion) der Anlage verantwortlich.

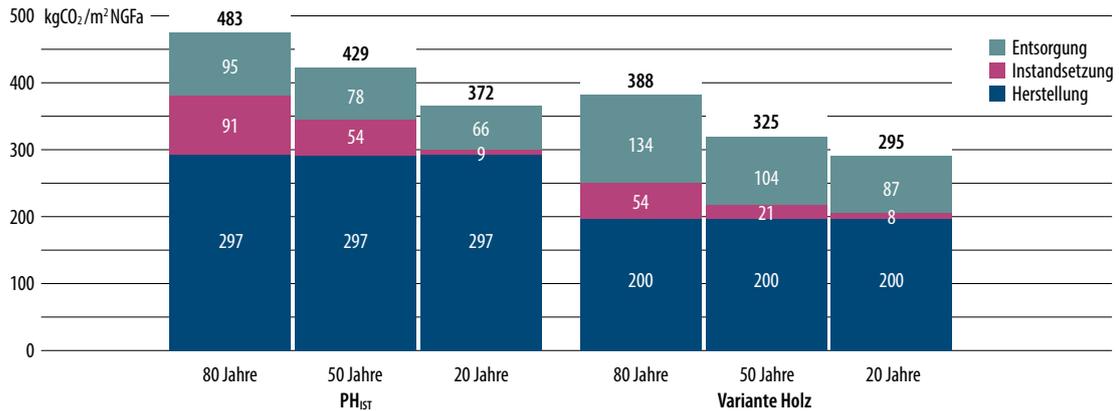
**In einem Passivhaus ist der Anteil der Leitungen und Rohre aufgrund der mechanischen Belüftungsanlage vergleichsweise groß. Gerade deshalb muss bei diesem Bautypus auf eine optimierte Verlegung hinsichtlich der Leitungslängen und eine materialsparende Dimensionierung der Rohre geachtet werden.**

Der Einfluss der Leitungen auf die graue Energie des Gebäudes nimmt von Jahr zu Jahr zu. Während der prozentuale Anteil der Sanitäreanlagen 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 Leitungen und Rohre auf die graue Energie des Gebäudes über die Jahre ergibt sich durch die hohe Intensität der notwendigen Wartungs- und Instandsetzungsarbeiten.

## Auswertung Variante B: PH<sub>IST</sub> mit Fassade und Balkonen in Holzbauweise

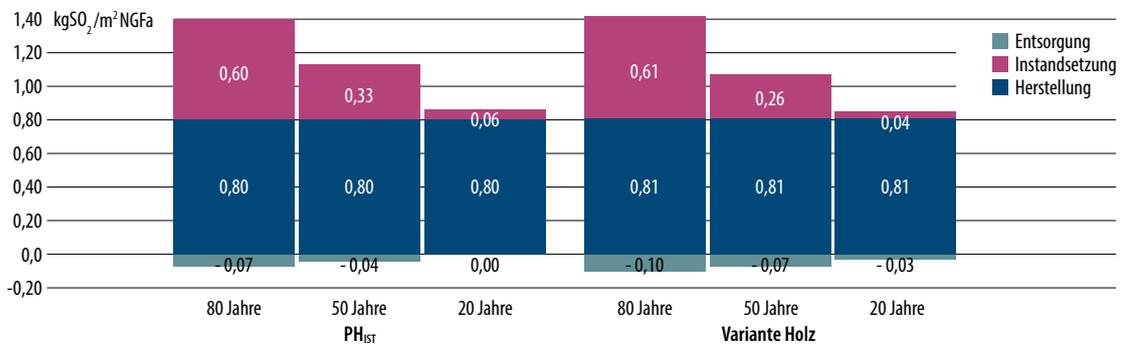
### Treibhauspotenzial (GWP) - PH<sub>IST</sub> und Holzvariante B

Graue Energie pro m<sup>2</sup> NGFa für 20, 50 und 80 Jahre



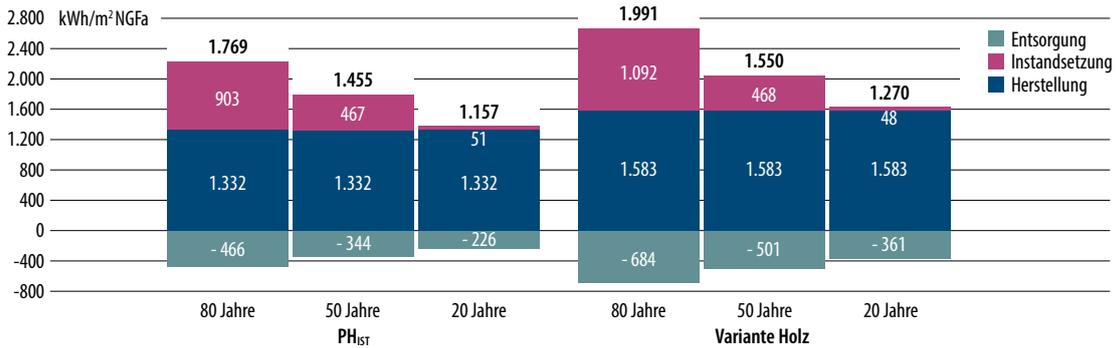
### Versauerungspotenzial (AP) - PH<sub>IST</sub> und Holzvariante B

Graue Energie pro m<sup>2</sup> NGFa für 20, 50 und 80 Jahre



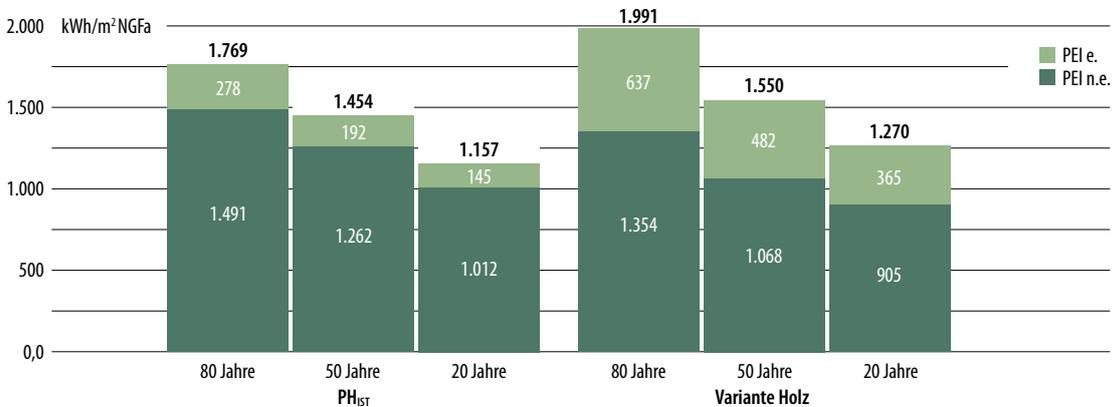
**Primärenergiebedarf (PEI) - PH<sub>IST</sub> und Holzvariante B**

Graue Energie pro m<sup>2</sup> NGFa für 20, 50 und 80 Jahre



**PEI erneuerbar und nicht erneuerbar - PH<sub>IST</sub> und Holzvariante B**

Graue Energie pro m<sup>2</sup> NGFa für 20, 50 und 80 Jahre



**Schlussfolgerung Variante B: PH<sub>IST</sub> mit Fassade und Balkonen in Holzbauweise**

Der Baustoff Holz bindet im Zuge seines Wachstums CO<sub>2</sub> aus der Atmosphäre. Deshalb ist bei wenig bearbeiteten Holzbaustoffen der Treibhauspotenzialwert negativ (Wind & Heschl, 2008)<sup>6</sup>. Bestünden nun die Fassade und die Balkone des Passivhauses Lodenareal aus Holz, könnte man eine Treibhauspotenzial-Einsparung von ca. 10% (20 Jahre) bis 17% (80 Jahre) erreichen. Der Primärenergiebedarf ist bei der Holzbauweise um durchschnittlich 5% höher als bei der Massivbauweise. Der Primärenergiebedarf steigt bei Holzbaustoffen als Folge der zunehmenden Bearbeitungsintensität sehr rasch an. Durch Verleimen, Hobeln oder Zerspanen, und vor allem durch die künstliche Trocknung und den hohen Kunstharz-Anteil steigt der Primärenergiebedarf sehr 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.

Zwar ist der gesamte Primärenergiebedarf der Holzvariante höher, jedoch hat sie einen niedrigeren Anteil an nicht erneuerbaren Energiequellen. Nach 50 Jahren ist der Anteil am nicht erneuerbaren Primärenergiebedarf beim Gebäude in Holzbauweise um 15% geringer als beim Gebäude in Massivbauweise.

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

Das Versauerungspotenzial ist bei der Holzbauweise niedriger als bei der Massivbauweise. Es ist anzumerken, dass, je länger der Betrachtungszeitraum ist, der prozentuale Unterschied zwischen Holz- und Massivbauweise immer kleiner wird.

<sup>6</sup> Wind, G. & Heschl, C., 2008. Graue Energie – ein wesentlicher Faktor zur Energieoptimierung von Gebäuden, Eisenstadt, Pinkafeld: Studienzentrum Pinkafeld

## Auswertung Variante Passivhaus - Niedrigenergiehaus

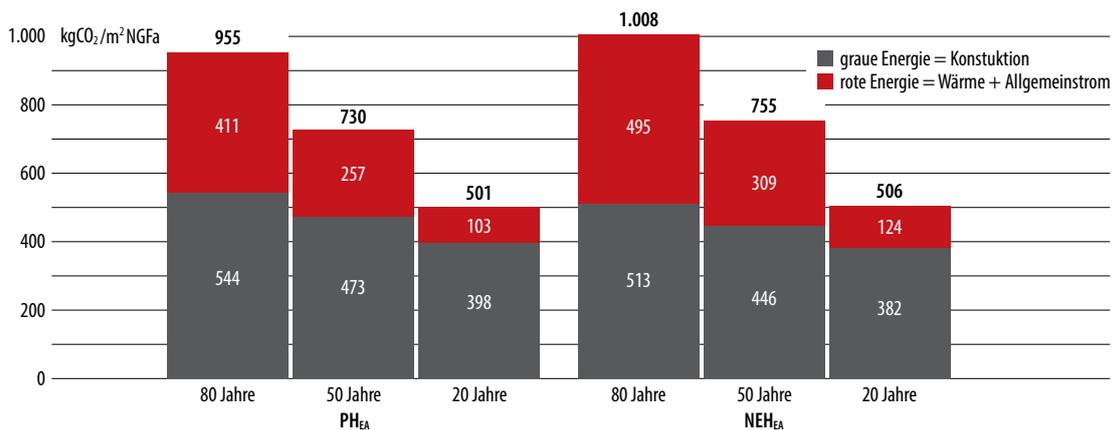
Beim Vergleich von Passivhaus und Niedrigenergiehaus musste ein fiktives Niedrigenergiehaus-Modell geschaffen werden, da keine reale Fallstudie zur Verfügung stand. Dabei wurde die Wohnanlage Lodenareal durch bautechnische Änderungen in ein „fiktives“ Niedrigenergiehaus umgewandelt. Bei der Berechnung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

In der Variante Passivhaus wurden laut Energieausweis (PH<sub>EA</sub>) die verbrauchsbezogenen Energiewerte in bedarfsbezogene Energiekennzahlen umgewandelt, die graue Energie der gesamten Konstruktion verhielt sich wie beim realen Passivhaus.

In einem Niedrigenergiehaus sind aufgrund der einfacheren TGA-Ausstattung, vor allem in Hinblick auf die Lüftungsanlagensituation, weniger Rohre verbaut als in einem Passivhaus. Um diesen Faktor berücksichtigen zu können, wurde der Vergleich PH<sub>EA</sub> und NEH<sub>EA</sub> inklusive den Rohr- und Sanitäreanlagen im Gebäude geführt. Die graue Energie des PH<sub>EA</sub> entspricht demnach der Variante A inklusive den Rohren und Sanitäreanlagen. Beim NEH<sub>EA</sub> wurden die Sanitäreanlagen wie beim PH<sub>EA</sub> übernommen und der Anteil der Rohre wurde zu 70% vom PH<sub>EA</sub> angenommen.

### Treibhauspotenzial (GWP) - PH<sub>EA</sub> und NEH<sub>EA</sub>

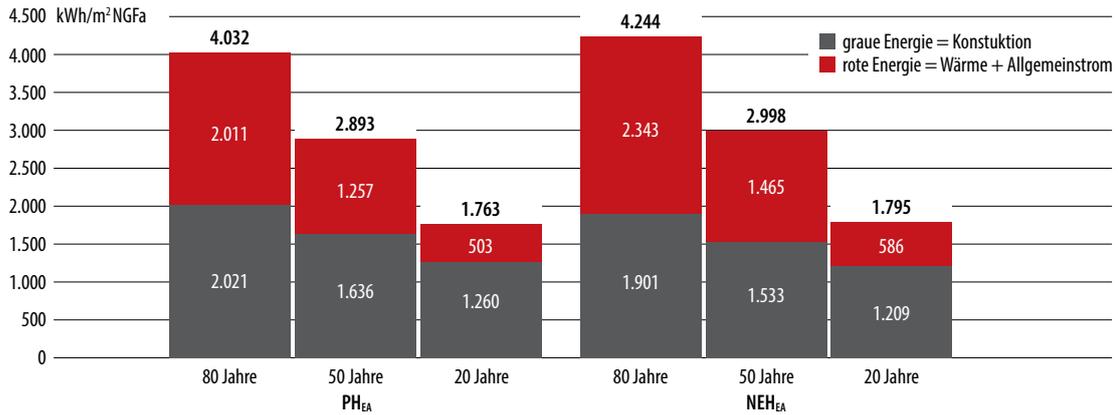
Graue und Rote Energie pro m<sup>2</sup> NGFa für 20, 50 und 80 Jahre



## Auswertung Variante Passivhaus - Niedrigenergiehaus

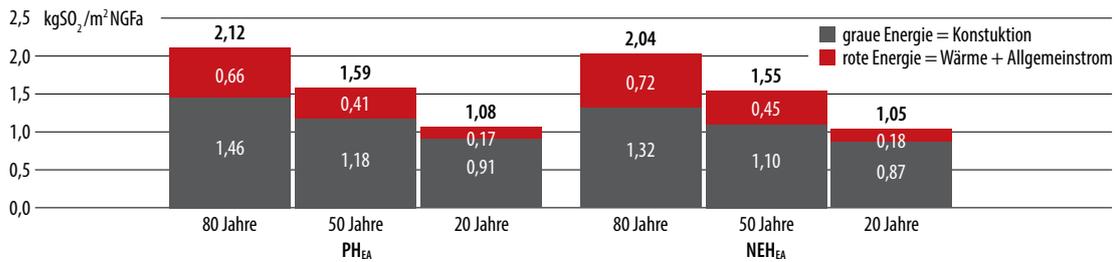
### Primärenergiebedarf (PEI) - PH<sub>EA</sub> und NEH<sub>EA</sub>

Graue und Rote Energie pro m<sup>2</sup> NGFa für 20, 50 und 80 Jahre



### Versauerungspotenzial (AP) - PH<sub>EA</sub> und NEH<sub>EA</sub>

Graue und Rote Energie pro m<sup>2</sup> NGFa für 20, 50 und 80 Jahre



**Schlussfolgerung Variante Passivhaus - Niedrigenergiehaus**

graue und rote Energie	Treibhauspotenzial [kg CO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> NGFa]	Primärenergiebedarf [kWh/m <sup>2</sup> NGFa]	Versauerungspotenzial [kgSO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> NGFa]
<b>80 Jahre</b>			
PH <sub>EA</sub>	954,85	4.031,30	2,12
NEH <sub>EA</sub>	1.007,60	4.244,50	2,04
<b>Delta Δ [%]</b>	<b>-5,5%</b>	<b>-5,3%</b>	<b>+3,9%</b>
<b>50 Jahre</b>			
PH <sub>EA</sub>	729,70	2.892,70	1,590
NEH <sub>EA</sub>	755,00	2.997,30	1,545
<b>Delta Δ [%]</b>	<b>-3,5%</b>	<b>-3,6%</b>	<b>+3,0%</b>
<b>20 Jahre</b>			
PH <sub>EA</sub>	500,30	1.763,00	1,08
NEH <sub>EA</sub>	505,30	1.794,50	1,05
<b>Delta Δ [%]</b>	<b>-1,0%</b>	<b>-1,8%</b>	<b>+2,8%</b>

**Zusammenfassung Passivhaus – Niedrigenergiehaus Vergleich für graue und rote Energie**

graue Energie	Treibhauspotenzial [kg CO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> NGFa]	Primärenergiebedarf [kWh/m <sup>2</sup> NGFa]	Versauerungspotenzial [kgSO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> NGFa]
<b>80 Jahre</b>			
PH <sub>EA</sub>	544,20	2.020,70	1,46
NEH <sub>EA</sub>	512,90	1.901,10	1,32
<b>Delta Δ [%]</b>	<b>-5,8%</b>	<b>-5,9%</b>	<b>-9,5%</b>
<b>50 Jahre</b>			
PH <sub>EA</sub>	473,00	1.636,10	1,18
NEH <sub>EA</sub>	445,80	1.532,70	1,10
<b>Delta Δ [%]</b>	<b>-5,8%</b>	<b>-6,3%</b>	<b>-7,0%</b>
<b>20 Jahre</b>			
PH <sub>EA</sub>	397,60	1.260,40	0,91
NEH <sub>EA</sub>	381,60	1.208,70	0,87
<b>Delta Δ [%]</b>	<b>-4,0%</b>	<b>-4,1%</b>	<b>-4,9%</b>

**Zusammenfassung Passivhaus – Niedrigenergiehaus Vergleich nur graue Energie**

## Schlussfolgerung Variante Passivhaus - Niedrigenergiehaus

---

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

Unter ganzheitlicher und gemeinsamer Betrachtung von roter und grauer Energie wird durch das Passivhausssystem trotzdem eine Einsparung erzielt. In der Variantenstudie Passivhaus vs. Niedrigenergiehaus ergibt sich im Passivhaus eine Einsparung von Heizenergie von 45% und bei der elektrischen Energie eine Einsparung von 9%. Gleichzeitig wird dabei eine Einsparung an CO<sub>2</sub>-Emissionen von 4–6% erreicht. 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 Treibhauspotenzial und den Primärenergiebedarf) schon nach 20 Jahren. Der prozentuelle Unterschied liegt jedoch immer unter der 10%-Marke.

## Ausblick

---

Die Passivhaus-Wohnanlage Lodenareal konnte aufgrund der ausgezeichneten Dokumentation und dem guten Monitoring-System umfassend ökologisch bewertet werden. Diese umfangreiche Evaluierung führte zu wertvollen Erkenntnissen, welche man bei der zukünftigen Planung von energieoptimierten bzw. energieeffizienten Wohnanlagen berücksichtigen sollte.

Durch die stetig steigende Energieeffizienz der Gebäude wird der Anteil der darin befindlichen Baustoffe und Materialien für die Dämmung, aber auch für die Haustechnik, in der Ökobilanz zunehmend signifikanter. Um eine optimierte Ökobilanz zu erzielen, spielt auch die Auswahl der Materialien eine entscheidende Rolle. Die Massivbauweise mit dem zur Zeit üblichen und auf EPS-Dämmung basierenden Wärmedämmverbundsystem kann durch eine Holzbauweise mit mineralischer Dämmung (Fassade und Balkone) ökologisch signifikant verbessert werden. Eine derartige Betrachtung von verschiedenen Varianten kann zur Erreichung einer Optimierung bereits in frühen Planungsphasen herangezogen werden und durch eine Lebenszykluskosten-Analyse zur Entscheidungsfindung beitragen.

Die Auswertung der Verbrauchsdaten (Monitoring über einen Zeitraum von 3 Jahren) hat aufgezeigt, dass die Planwerte (lt. Energieausweis) im Betrieb um 30% überschritten wurden. Dies liegt einerseits an einer teilweise zu optimistischen Berechnung (zu geringe Verluste und Betriebstemperaturen, zu niedrige Belegungsraten), andererseits aber auch am Nutzerverhalten (Raumlüften, höhere Raumtemperaturen als Planwerte). Eine Anpassung des Berechnungsverfahrens (Ermittlung des Bedarfs) ist notwendig.

Im Vergleich zu den anderen Energieverbräuchen wurde insgesamt ein sehr hoher Haushaltsstromverbrauch identifiziert. Der Verbrauch des Haushaltsstroms 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 im Vergleich zu anderen EU Ländern die Grundkosten (inkl. Steuer) der Stromversorgung hoch sind und der Strompreis selbst eher niedrig ausfällt, fehlen Anreize zum Sparen.

Durch die Gründung von so genannten Energiegenossenschaften könnte eine Bewusstseinssteigerung hinsichtlich des Stromverbrauchs bei den Bewohnern erreicht werden.

Das Geschäftsmodell solcher Energiegenossenschaften ist meist begründet in der Errichtung und dem Betrieb von Anlagen (z.B. Photovoltaikanlagen) zur Gewinnung von erneuerbaren Energien (Strom). Die Bewohner einer lokalen oder politischen Einheit beteiligen sich an diesem Modell der Energieerzeugung oder -versorgung. Mit einer Energiegenossenschaft können sie gemeinschaftlich Energie erzeugen, Energie beziehen oder Energie verteilen, und dabei wird 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 Rückspeisung von Stromüberschüssen ins Netz Gewinne erwirtschaften. Somit sind die Wohnungsnutzer direkt am Prozess der Stromerzeugung und des Strom-

verbrauchs beteiligt. Durch die Möglichkeit der Erwirtschaftung eines Gewinns durch Rückspeisung wird ein Anreiz zur Energieeinsparung geschaffen (Fliegler & Lange, 2012)<sup>7</sup>. Das Modell der (Bürger-)Energiegenossenschaften ist, speziell in Deutschland, seit einigen Jahren sehr erfolgreich. In Österreich hingegen müssten für eine erfolgreiche Umsetzung noch einige rechtliche Hürden (Netzanschluss, Versteuerung) überwunden werden. (Wahlmüller, 2015)<sup>8</sup>.



<sup>7</sup> Fliegler, B. & Lange, R., 2012. Bürger machen Energie. In sieben Schritten zur Energiegenossenschaft. Energiegenossenschaften gründen. Ministerium für Wirtschaft, Klimaschutz, Energie und Landesplanung Rheinland Pfalz.

<sup>8</sup> Wahlmüller, J., 2015. Bürgerbeteiligungsmodelle bei erneuerbaren Energien in Österreich, Deutschland und Großbritannien. Diplomarbeit. Technische Universität Wien.

# Study

Environmental impact of Lodenareal passive house residential complex  
Environmental “cost to benefit” between construction (grey energy) and operation (red energy)

Authors: DI Julia Reisinger, Prof. Dr. DI Iva Kovacic, DI Jens Glögger

## Objectives and approach

---

This study investigates the life cycle environmental impact of the Lodenareal passive house residential complex. The environmental footprint method primarily identifies and compares the CO<sub>2</sub> emissions resulting from, on the one hand, the energy consumption for the production of the materials (grey energy) and, on the other hand, the operation of the building (red energy). Other indicators such as PEI (primary energy intensity) and SO<sub>2</sub> (acidification potential) are also identified.

All the materials and products fitted have a huge impact on the environment during their life cycle (production, transport, use, demolition/recycling). Not only the use and consumption of the energy during the operation of a building by the user but also the energy required for the production, transport, replacement and recycling of materials is taken into consideration.

Passive houses achieve their good energy footprint thanks to increased use of materials, generally in a load-bearing solid construction. The study aims to investigate whether the additional cost of building a passive house, especially for the insulation, is justified by the energy savings during its use.

Based on the energy consumption in Lodenareal measured over a period of three years, the actual energy used by the residential complex can be compared to the planned figures (as per energy pass) and the reasons for any deviations investigated.

The aim of establishing the environmental footprint for the Lodenareal passive house residential complex was to determine the relationship between grey and red energy based on the exact tender documents, building materials data base and plans on one hand and on actual consumption measurements on the other in order to be able to draw conclusions on the environmental efficiency of buildings of this kind.

In a variant study, the aim was to investigate the environmental cost of grey and red energy with respect to the following variants:

1. Environmental footprint of the Lodenareal passive house residential complex in **current situation** (without pipes and sanitary installations) and

- current situation **with pipes and sanitary installations** in order to determine the actual contribution of building services to the grey energy in the building

- current situation, modified into an optimised **timber construction** based on the consumption measurements

2. **Comparison of Lodenareal passive house** with a Lodenareal building modified to **low-energy house standards** based on demand calculated (energy pass). Low-energy houses are built using fewer materials, but this leads to higher energy consumption during use. The aim was to assess whether the additional expense for the increased use of materials for a passive house is justified by the savings in operational energy.

The following eco-indicators are determined for all variants of the complex:

- Calculations of CO<sub>2</sub> emissions (GWP), the primary energy intensity (PEI renewable and non-renewable) and the acidification potential (AP).

- Comparison of energy cost and associated emissions for “grey” (production) and “red” (operation) energy.

- Calculations for three time horizon scenarios. 20, 50 and 80 years

## LODENAREAL residential complex

A 33,000 m<sup>2</sup> residential complex was built in October 2009 on the former Lodenareal in Innsbruck. The project involved building 482 apartments to the strictest passive house standards. Lodenareal is currently the largest passive house residential complex in Europe.

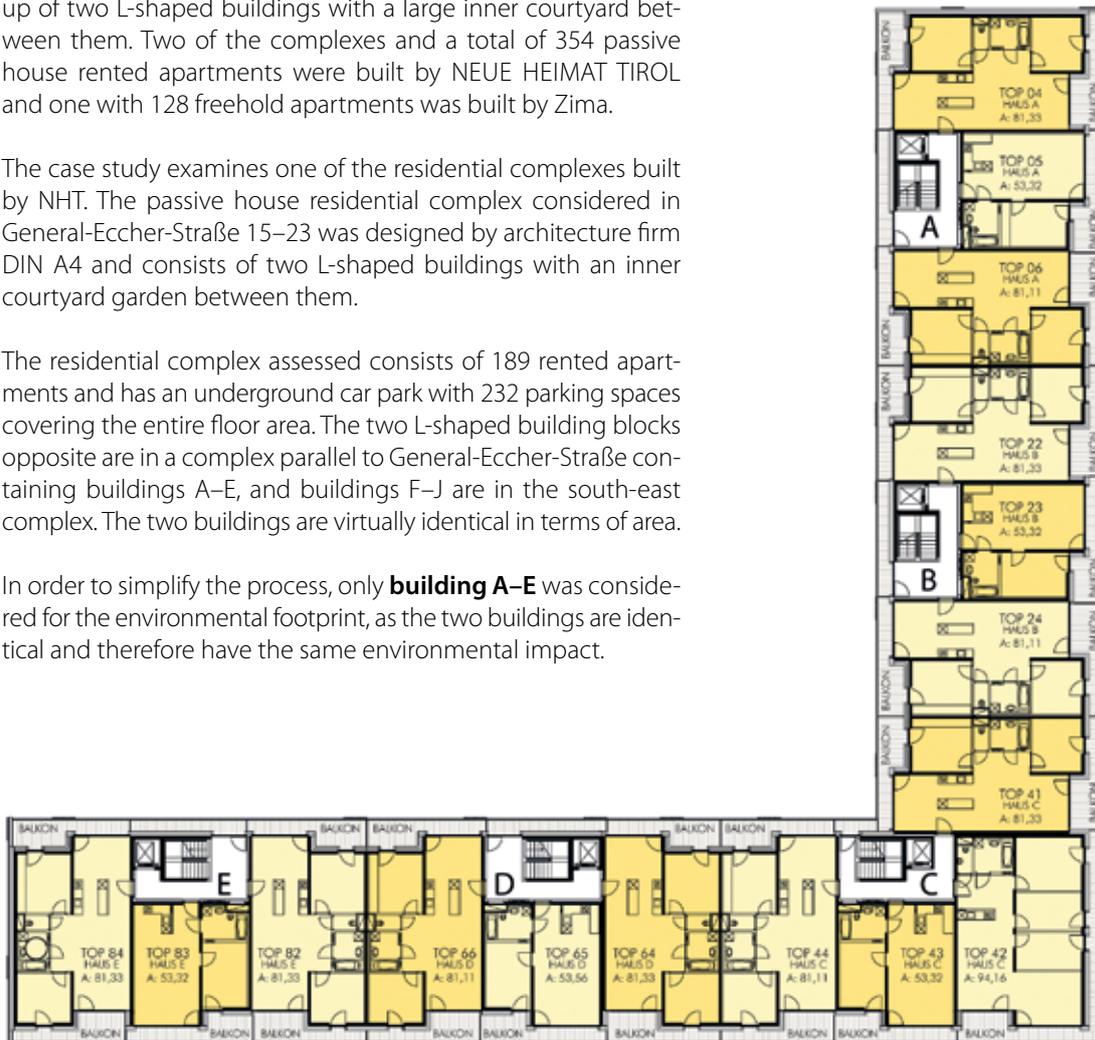
Three complexes were constructed, with each complex made up of two L-shaped buildings with a large inner courtyard between them. Two of the complexes and a total of 354 passive house rented apartments were built by NEUE HEIMAT TIROL and one with 128 freehold apartments was built by Zima.

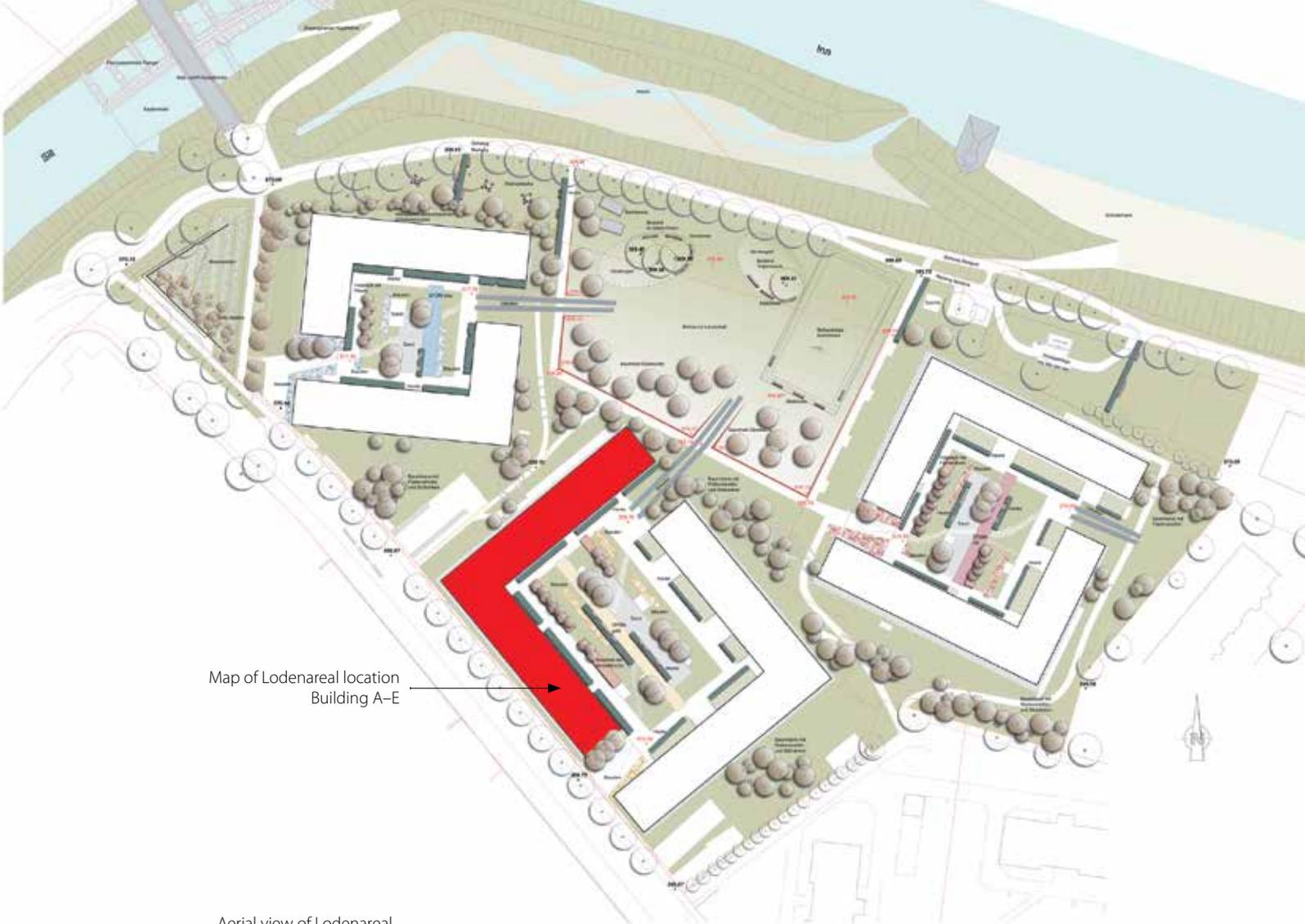
The case study examines one of the residential complexes built by NHT. The passive house residential complex considered in General-Eccher-Straße 15–23 was designed by architecture firm DIN A4 and consists of two L-shaped buildings with an inner courtyard garden between them.

The residential complex assessed consists of 189 rented apartments and has an underground car park with 232 parking spaces covering the entire floor area. The two L-shaped building blocks opposite are in a complex parallel to General-Eccher-Straße containing buildings A–E, and buildings F–J are in the south-east complex. The two buildings are virtually identical in terms of area.

In order to simplify the process, only **building A–E** was considered for the environmental footprint, as the two buildings are identical and therefore have the same environmental impact.

Floor plan of buildings A–E





Map of Lodenaareal location  
Building A-E

Aerial view of Lodenaareal  
Photo: Peter Fiby, Innsbruck



## Method of life cycle analysis

---

Throughout its life cycle, a building has a significant impact on our environment. The environmental footprint or life cycle analysis method is used in order to evaluate this effects of a building on the environment. The aim of an environmental footprint (life cycle analysis) is to obtain sound knowledge to enable planning of environmental and climate protection.

The construction, use and demolition of a property have a negative impact on our ecosystem. During the life cycle of a building, resources and energy are regularly extracted from the environment. At the same time, emissions generated from production, maintenance and demolition are output back into the environment. This is why there is a need for precise analysis of the environmental impact caused by production, use and removal of products. The consideration of the environmental footprint incorporates the whole life cycle of a product from the cradle to the grave.

A life cycle analysis consists of four steps:

1. Definition of system limits and definition of a functional unit (study objective)
2. Identification of flows (neutral balance)
3. Identification of environmental impact of flows (impact balance)
4. Identification and evaluation of multiple influences (balance assessment)

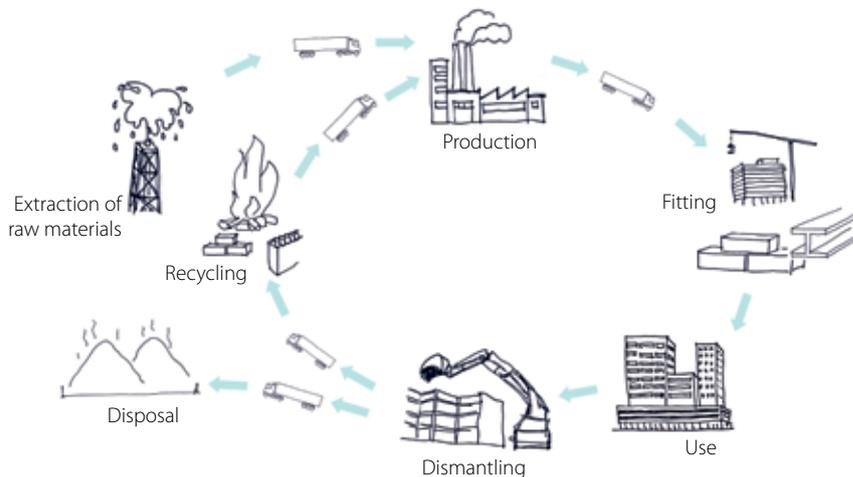
An environmental footprint assesses the following indicators;

Indicators for environmental impact:

- Greenhouse potential GWP [kg CO<sub>2</sub> equivalent]
- Ozone layer depletion potential ODP [kg R11 equivalent]
- Photochemical ozone creation potential POCP [kg ethene equivalent]
- Acidification potential AP [kg SO<sub>2</sub> equivalent]
- Overfertilisation potential NP [kg PO<sub>4</sub> equivalent]

Indicators for resource use

- PEI non-renewable energy [kWh]
- Overall primary energy [kWh]
- Proportion of renewable primary energy [%]



## Life cycle analysis for Lodenareal

---

In this study, the environmental indicators of greenhouse potential, acidification potential and primary energy intensity are determined, evaluated and used to compare various variants.

**Greenhouse potential (GWP):** Greenhouse gases contribute to global warming. There are increasing volumes of greenhouse gases in our atmosphere, which absorb ever-increasing quantities of the heat radiated by the earth. This changes the radiation balance of the earth and contributes to global climate change. In terms of volume, the most important greenhouse gas is carbon dioxide. Unit: [kg CO<sub>2</sub>-equiv./m<sup>2</sup>]

**Acidification potential (AP):** Acidification is the result of the conversion of air pollutants into acids. The pollutant binds with precipitation, reacts and lowers the pH value. Acid rain is a consequence of increasing acidification. Unit: [kg SO<sub>2</sub>-equiv./m<sup>2</sup>]

**Primary energy intensity (content) - PEI:** Is the demand for non-renewable and renewable energy resources. Primary energy content is the gross calorific value of all the energy resources used in the product production chain. Renewable energies such as wood, water and sunlight are recorded in the overall primary energy intensity. Unit: [kWh/m<sup>2</sup>]

The calculation of the environmental footprint values for the building was carried out for the construction (grey energy) based on the rules of ISO 14040 and 14044,<sup>1</sup> using the software LEGEP<sup>2</sup>. The environmental footprint measurements for red energy (usage phase) could be calculated precisely based on the monitoring data provided. The measurement for electricity and heat energy consumption were determined based on consumption data (solar, district heating, ventilation) provided for 2012, 2013 and 2014.

### System limits and assessment

The following life cycle phases were considered when recording grey and red energy.

- Production
- Maintenance
- Operation
- End-of-life

In order to be able to analyse the influence of the service life of the components on the environmental footprint of the building, scenarios were developed for periods of 20, 50 and 80 years.

### Energy footprint:

**Grey energy = construction (C) = P + R + D**

Production  
Repair  
Disposal

**Red energy = Usage (U) = W + AS**  
**(U<sub>total</sub>) = W + AS + HS**

Heat  
General Electricity  
Household Electricity

---

**Total (T) = C + U**

Overall cost

<sup>1</sup> DIN EN ISO 14040, 2009. Environmental management - life cycle assessment - principles and framework (ISO 14040:2006) Berlin: (German: Deutsches Institut für Normung); German Institute for Standardisation. DIN EN ISO 14044, 2006. Environmental management - life cycle assessment - requirements and guidelines (ISO 14044:2006) Berlin: Deutsches Institut für Normung (German Institute for Standardisation).

<sup>2</sup> WEKA MEDIA, 2015. Weka Bausoftware. [Online] <http://www.weka-bausoftware.de/immobilien/legep-effizienz/legephtml> [accessed in October 2015].

## Life cycle analysis: VARIANTS

---

### 1.) Lodenareal passive house as is ( $PH_{CURRENT}$ )

In the first variant calculation, the Lodenareal passive house residential complex was assessed and evaluated based on its current situation ( $PH_{CURRENT}$ ). The basic  $PH_{CURRENT}$  variant does not include cables, pipes and sanitary installations.

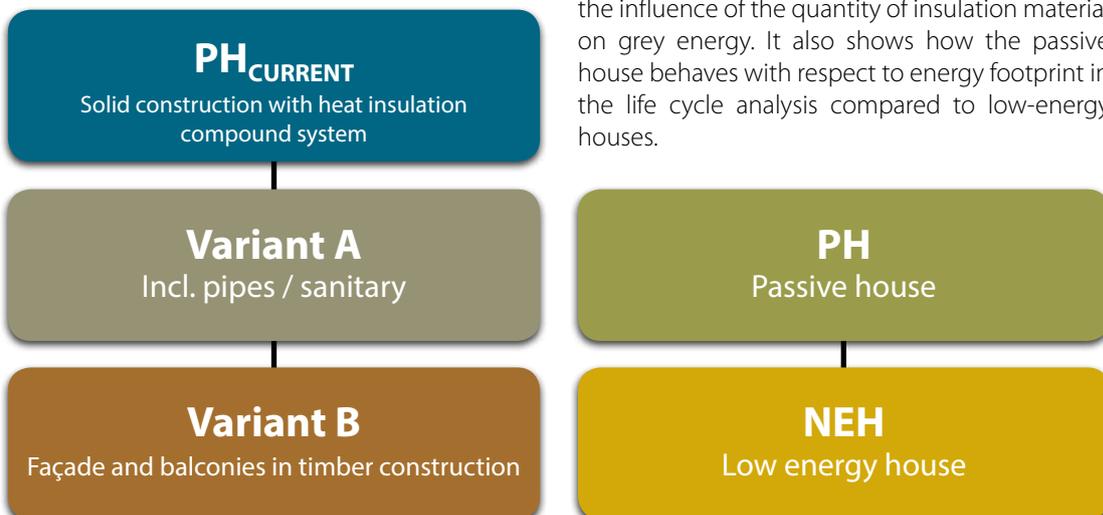
Building services cables and systems are included in variant A. This variant provides information on the contribution of building services cables and sanitary installations to the grey energy in a building.

The extent to which the life cycle analysis changes with the materials selected is investigated in variant B with wood. The Lodenareal passive house residential complex ( $PH_{CURRENT}$ ) is optimised. The original façade erected in load-bearing construction and the solid balconies are replaced with a timber construction.

### 2.) Comparison between passive house (PH) and low-energy house (NEH)

In a second variant comparison, the Lodenareal passive house residential complex is modified with respect to the energy indices ( $PH_{EA}$ ). The passive house residential complex can then be compared with a fictional variant of a low-energy house ( $NEH_{EA}$ ). The design, materials and the structure of the new passive house variant remain exactly the same. Only the actual energy consumption (EEV) is converted into an energy requirement (EEB) based on the energy pass calculation. This step is necessary as the energy measurements for the low-energy house also used energy indices based on the standard which are always demand measurements. This means we are comparing like with like.

When modelling the low-energy house ( $NEH_{EA}$ ), the insulation thickness, the ventilation system and the energy requirements were altered relative to the passive house in line with the requirements for a low-energy house. The comparison between these two building types allows us to determine the influence of the quantity of insulation material on grey energy. It also shows how the passive house behaves with respect to energy footprint in the life cycle analysis compared to low-energy houses.



The passive house as is was monitored based on the plan documentation, the tender documents, the building materials data base and the energy consumption measured over a period of three years.

Energy supply data

Heating and hot water:

- 80% of district heating from renewable sources (biogas)
- Solar heating (panel collectors) 100% from renewable sources

Proportion of solar heat in heat requirement: 29.58%

Total proportion of renewable energies in heat requirement: 85.92%

**Measured consumption (average over 2012, 2013, 2014)**

Heat consumption (heating + hot water):	<b>61.33 kWh per m<sup>2</sup> net floor area per year</b>
Electricity consumption (general electricity):	<b>5.52 kWh per m<sup>2</sup> net floor area per year</b>
Electricity consumption (household electricity*):	<b>38.46 kWh per m<sup>2</sup> net floor area per year</b>

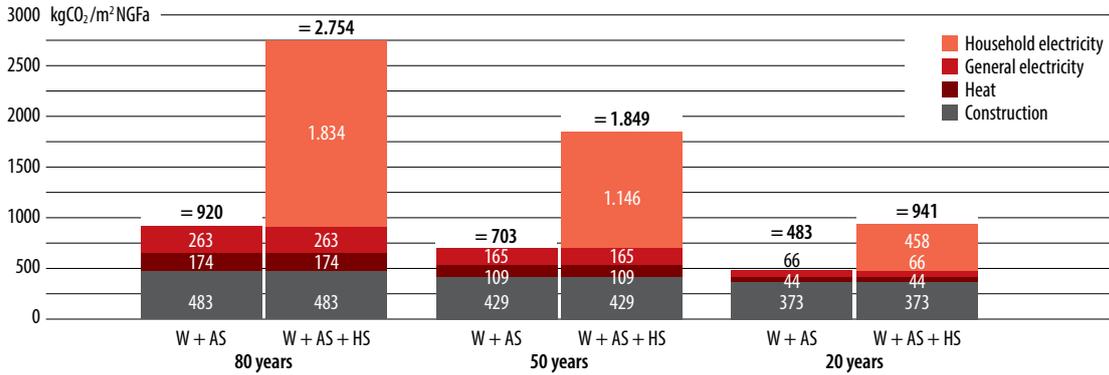
\* Source for household electricity: Study by Energie Tirol - research project on Lodenareal passive house complex, November 2012

**Red energy = Use = W + AS + (HS)**

Evaluation of passive house as is PH<sub>CURRENT</sub>

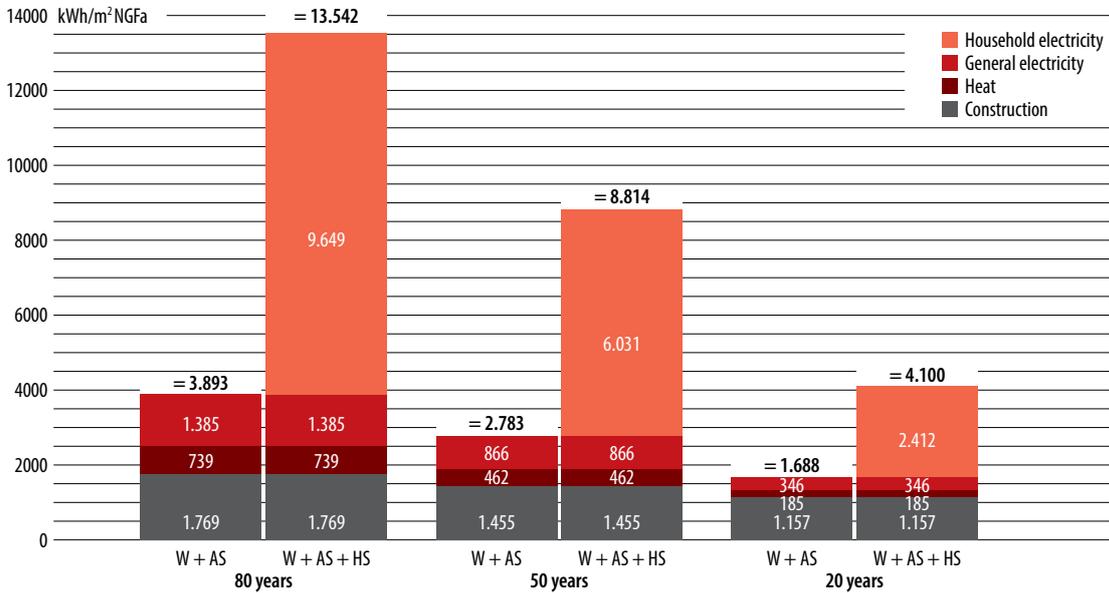
Greenhouse potential (GWP) - PH<sub>CURRENT</sub>

Grey and red energy per m<sup>2</sup> net floor area (NGFa) for 20, 50 and 80 years  
 Red energy subdivided in heat (W), general electricity (A) and household electricity (HS)



Primary energy intensity (PEI) - PH<sub>CURRENT</sub>

Grey and red energy per m<sup>2</sup> for 20, 50 and 80 years  
 Red energy subdivided in heat (W), general electricity (A) and household electricity (HS)



## Conclusion for passive house as is (PH<sub>current</sub>)

For the operation of conventional buildings energy losses are very high because the building envelope has a lower density. Studies show that the operation and usage phase represents the lion's share of energy consumption and energy consumption for the production of a building often accounts for only 0–20% (Ramesh, et al., 2010)<sup>3</sup>.

In low-energy houses and passive houses, the primary energy intensity for the production of the building can represent 45–60% of the total energy after 50 years. Among other things, this factor depends on the energy provision system (Thormark, 2012)<sup>4</sup>, (Gustavsson & Joelsson, 2010)<sup>5</sup>.

However, the Lodenaareal passive house residential complex has good insulation, improved air permeability and heat recovery in the ventilation system, which considerably improves the heating requirements compared to a normal building. The increased material costs reduce the requirement for red energy.

Therefore, in this case study, the proportion of grey energy in the primary energy intensity is 52% and the greenhouse potential is 61% after 50 years.

### Summary of environmental footprint for passive house as is:

PEI	Grey energy [kWh/m <sup>2</sup> NGFa*]	Red energy [kWh/m <sup>2</sup> NGFa*]	Proportion grey energy	Proportion red energy
20 years	1157	531	<b>69%</b>	31%
50 years	1455	1327	<b>52%</b>	48%
80 years	1769	2124	<b>45%</b>	55%

\* NGFa = net floor area

<sup>3</sup> Ramesh, T., Prakash, R. & Shukla, K., 2010. Life cycle energy analysis of buildings: An overview. *Energy and Buildings* 42 (2010), pp. 1592–1600.

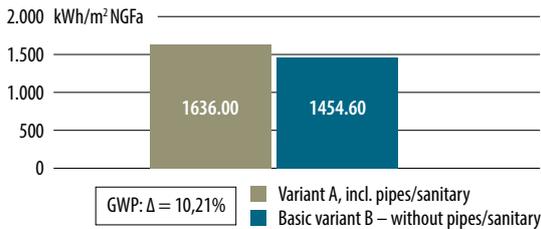
<sup>4</sup> Thormark, C., 2002. A low energy building in a life cycle – its embodied energy, energy need for operation and recycling potential. *Building and Environment* 37 (2002), pp. 429–435.

<sup>5</sup> Gustavsson, L. & Joelsson, A., 2010. Life cycle primary energy analysis of residential buildings.

## Evaluation of variant: PH<sub>CURRENT</sub> with pipes and sanitary installations

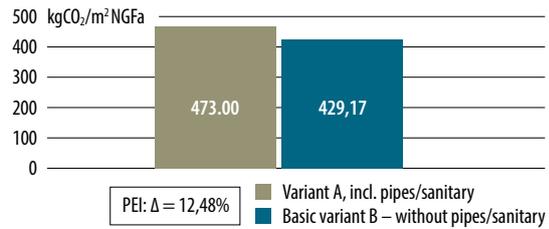
### Primary energy intensity (PEI) - Variant A and PH<sub>CURRENT</sub>

Grey energy in 50 years per m<sup>2</sup> net ground floor area



### Greenhouse potential (GWP) - Variant A and PH<sub>CURRENT</sub>

Grey energy in 50 years per m<sup>2</sup> net ground floor area



## Conclusion for variant A: PH<sub>CURRENT</sub> with pipes and sanitary installations

The quantity of pipes in a passive house is very high compared to a building based on normal construction standards. At the Lodenareal passive house residential complex, the pipes make up 10.21% of the greenhouse potential and 12.48% of the primary energy intensity for the grey energy (construction) of the complex.

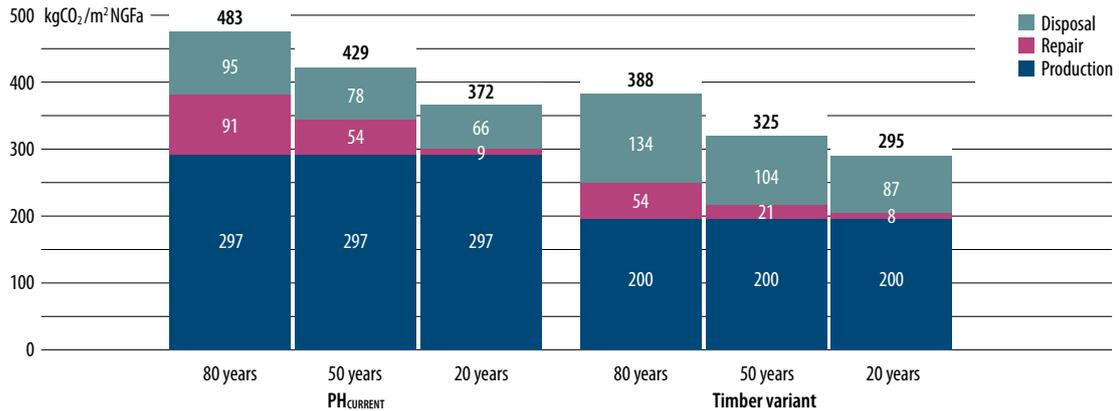
The influence of the pipes on the grey energy of the building increases year on year. While the percentage of sanitary installations in the whole building remains constant over the years at a percentage of 3%, the cables and pipes in the building increase from 5% at 20 years to 8% at 50 years to 9% after 80 years. The ever-increasing influence of ducts and pipes on the grey energy of the building over the years is a result of the high intensity of necessary maintenance and repair work.

**In a passive house, the proportion of ducts and pipes is comparatively large because of the mechanical ventilation system. This is exactly why it is important that this building type pays careful attention to optimised laying with respect to cable laying and scaling of pipes which is gentle on resources.**

**Evaluation of variant B: PH<sub>CURRENT</sub> with façade and balconies  
Timber construction**

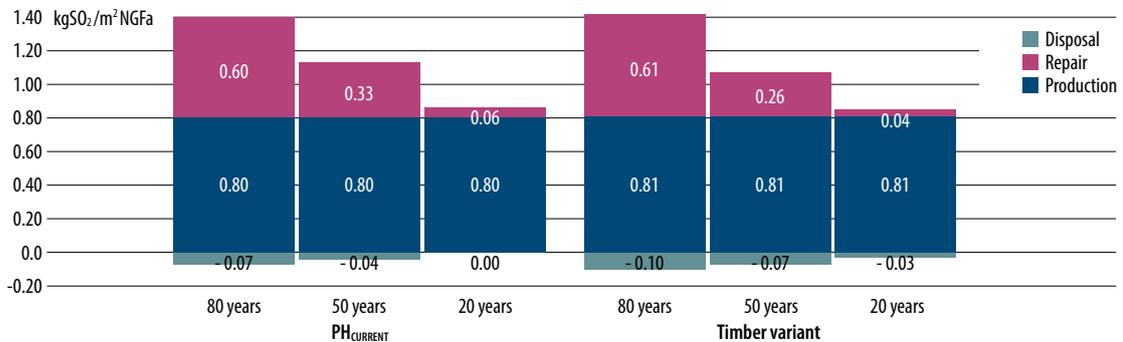
**Greenhouse potential (GWP) - PH<sub>CURRENT</sub> and timber variant B**

Grey energy per m<sup>2</sup> net floor area (NGFa) for 20, 50 and 80 years



**Acidification potential (AP) - PH<sub>CURRENT</sub> and timber variant B**

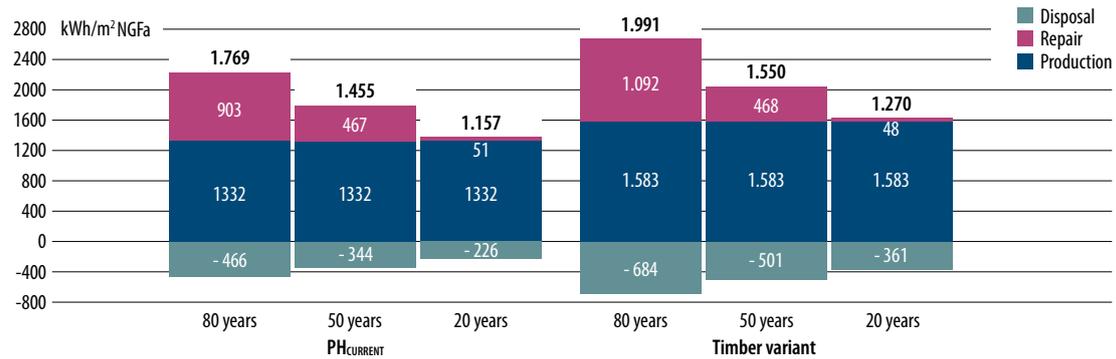
Grey energy per m<sup>2</sup> net floor area (NGFa) for 20, 50 and 80 years



**Evaluation of variant B: PH<sub>CURRENT</sub> with façade and balconies  
Timber construction**

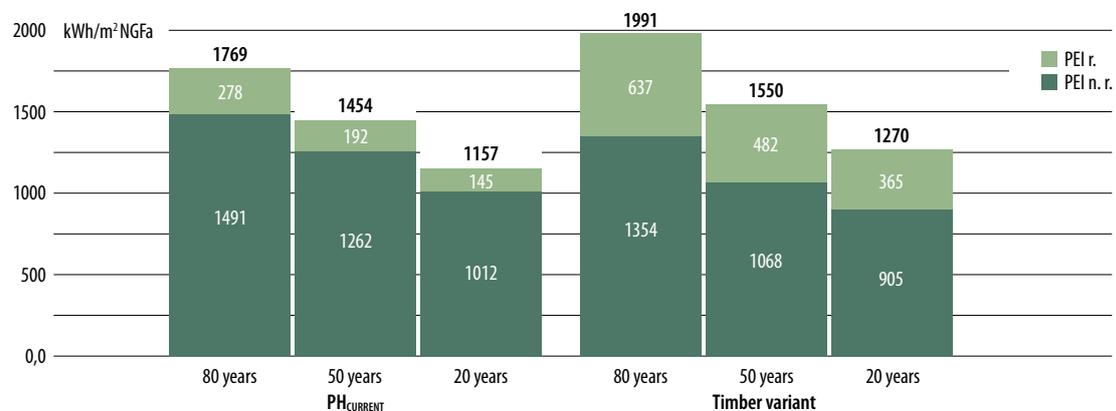
**Primary energy intensity (PEI) - PH<sub>CURRENT</sub> and timber variant B**

Grey energy per m<sup>2</sup> net floor area (NGFa) for 20, 50 and 80 years



**PEI renewable and non-renewable - PH<sub>CURRENT</sub> and timber variant B**

Grey energy per m<sup>2</sup> net floor area (NGFa) for 20, 50 and 80 years



**Conclusion variant B: PH<sub>CURRENT</sub> with façade and balconies  
Timber construction**

---

As it grows, the material of timber binds in CO<sub>2</sub> from the atmosphere. This means the greenhouse potential value is negative for timber materials which have undergone little processing (Wind & Heschl, 2008)<sup>6</sup>. If the façade and the balconies of the Lodenareal passive house were made from wood, it would be possible to save around 10% (20 years) to 17% (80 years) in greenhouse potential. For a timber construction, primary energy intensity is an average of 5% higher than with a load-bearing solid construction. For timber materials, primary energy intensity increases rapidly as a consequence of growing intensity of processing. The primary energy intensity largely increases primarily through artificial drying, but also through gluing, planing or chipping, and the high proportion of artificial resin (Wind & Heschl, 2008). But it is important to consider that the entire primary energy intensity is taken into consideration. But this can be broken down into a renewable and a non-renewable component.

While the overall primary energy intensity of the wood variant is higher, it has a lower proportion of non-renewable energy sources. After 50 years, the component of non-renewable primary energy required for a timber construction building is around 15% less than a load-bearing solid construction.

Wood performs so well here because it is considered a renewable raw material and requires low levels of energy to produce. In the end-of-life scenario, wood scores well because it can be incinerated (Wind & Heschl, 2008).

For a timber construction, acidification potential is less than for a load-bearing solid construction. It should be noted that, the longer the period in question, the lower the percentage difference between timber and load-bearing solid construction.

---

<sup>6</sup> Wind, G. & Heschl, C., 2008. Grey energy - a significant factor in the energy optimisation of buildings, Eisenstadt, Pinkafeld: Pinkafeld research centre

## Evaluation of passive house vs. low-energy house variant

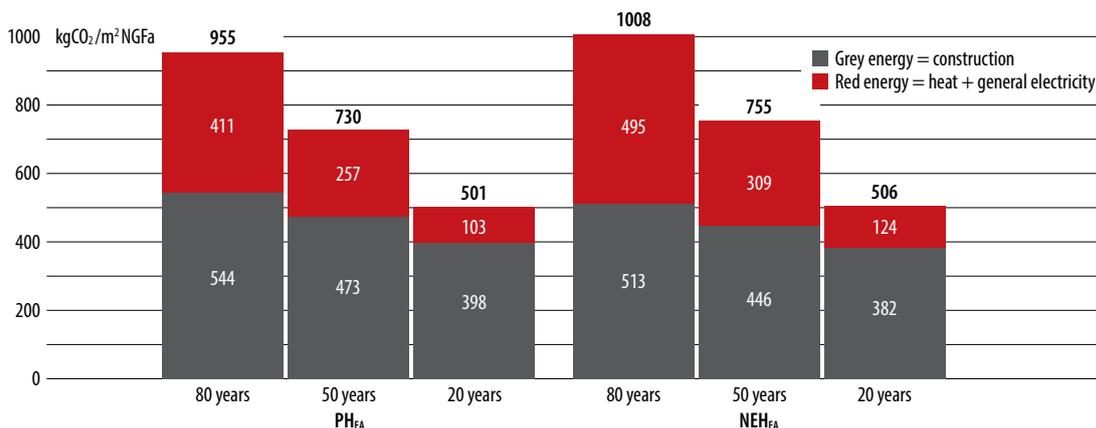
For comparison between the passive house and the low-energy house, a fictional low-energy house model was created as there was no real case study available. This involved converting the Lodenareal residential complex into a “fictional” low-energy house by making structural changes. The calculations for the low-energy house were based on standard values for the energy indices. The energy levels in the energy pass or the ÖNORM standard are always **energy requirement levels**. In order to compare requirements equally, the consumption values for the passive house surveyed as it were converted into requirement values.

In a low-energy house, the simpler TGA fittings, especially with respect to the ventilation system, mean that there are fewer pipes than in a passive house. In order to be able to take this factor into consideration, the comparison between PH<sub>EA</sub> and NEH<sub>EA</sub> was carried out with the pipes and sanitary installations included in the building. The grey energy in PH<sub>EA</sub> therefore corresponds to variant A including pipes and sanitary installations. For NEH<sub>EA</sub>, the sanitary installations were taken over as for PH<sub>EA</sub> and the proportion of pipes was assumed to be 70% of PH<sub>EA</sub>.

In the passive house variant, the consumption-based energy levels were converted according to the energy pass (PH<sub>EA</sub>) into requirement-based energy indices, the proportion of grey energy for the entire construction remains the same as for the actual passive house.

### Greenhouse potential (GWP) - PH<sub>EA</sub> and NEH<sub>EA</sub>

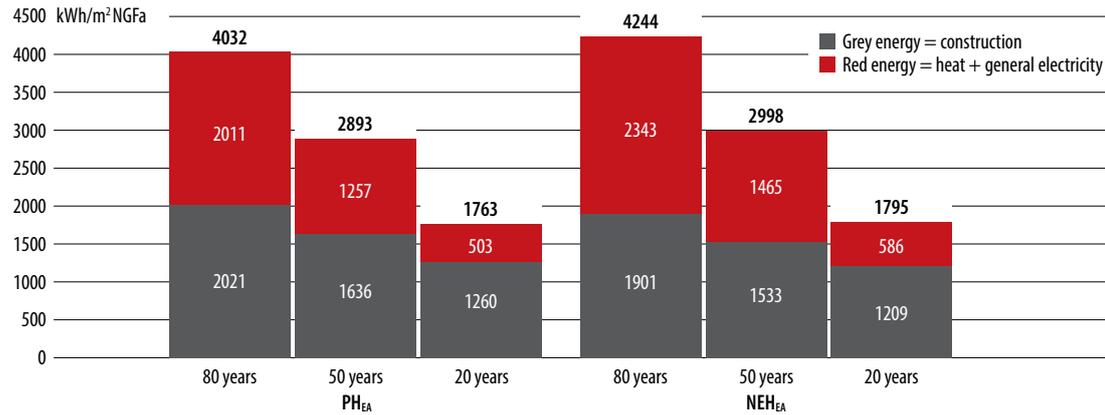
Grey and red energy per m<sup>2</sup> net floor area (NGFa) for 20, 50 and 80 years



## Evaluation of passive house vs. low-energy house variant

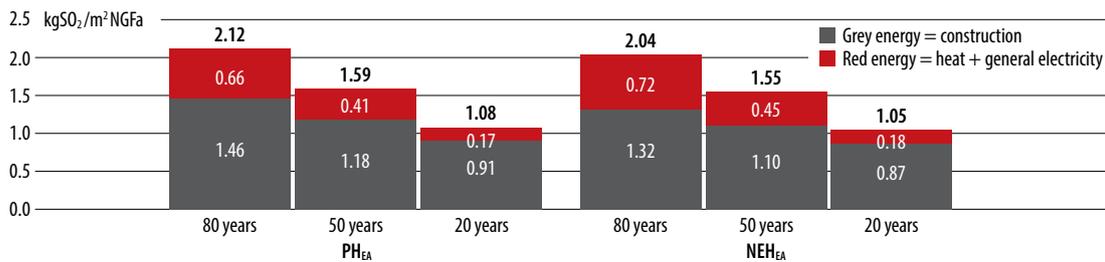
### Primary energy intensity (PEI) - PH<sub>EA</sub> and NEH<sub>EA</sub>

Grey and red energy per m<sup>2</sup> net floor area (NGFa) for 20, 50 and 80 years



### Acidification potential (AP) - PH<sub>EA</sub> and NEH<sub>EA</sub>

Grey and red energy per m<sup>2</sup> net floor area (NGFa) for 20, 50 and 80 years



**Conclusion Passive house vs. low-energy house variant**

grey and red energy	Greenhouse potential [kg CO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> NGFa*]	Primary energy intensity [kWh/m <sup>2</sup> NGFa*]	Acidification potential [kgSO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> NGFa*]
<b>80 years</b>			
PH <sub>EA</sub>	954.85	4031.30	2.12
NEH <sub>EA</sub>	1007.60	4244.50	2.04
<b>Delta Δ [%]</b>	<b>-5.5%</b>	<b>-5.3%</b>	<b>+3.9%</b>
<b>50 years</b>			
PH <sub>EA</sub>	729.70	2892.70	1.590
NEH <sub>EA</sub>	755.00	2997.30	1.545
<b>Delta Δ [%]</b>	<b>-3.5%</b>	<b>-3.6%</b>	<b>+3.0%</b>
<b>20 years</b>			
PH <sub>EA</sub>	500.30	1763.00	1.08
NEH <sub>EA</sub>	505.30	1794.50	1.05
<b>Delta Δ [%]</b>	<b>-1.0%</b>	<b>-1.8%</b>	<b>+2.8%</b>

**Summary passive house vs. low-energy house Comparison for grey and red energy**

grey energy	Greenhouse potential [kg CO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> NGFa*]	Primary energy intensity [kWh/m <sup>2</sup> NGFa*]	Acidification potential [kgSO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> NGFa*]
<b>80 years</b>			
PH <sub>EA</sub>	544.20	2020.70	1.46
NEH <sub>EA</sub>	512.90	1901.10	1.32
<b>Delta Δ [%]</b>	<b>-5.8%</b>	<b>-5.9%</b>	<b>-9.5%</b>
<b>50 years</b>			
PH <sub>EA</sub>	473.00	1636.10	1.18
NEH <sub>EA</sub>	445.80	1532.70	1.10
<b>Delta Δ [%]</b>	<b>-5.8%</b>	<b>-6.3%</b>	<b>-7.0%</b>
<b>20 years</b>			
PH <sub>EA</sub>	397.60	1260.40	0.91
NEH <sub>EA</sub>	381.60	1208.70	0.87
<b>Delta Δ [%]</b>	<b>-4.0%</b>	<b>-4.1%</b>	<b>-4.9%</b>

**Summary passive house vs. low-energy house (Comparison of grey energy only)**

\* NGFa = net floor area

## Conclusion passive house vs. low-energy house variant

---

The reduction of the insulation thicknesses and the reduced levels of ducts and pipes in the low-energy house means that, over 50 years, around 6% greenhouse potential and primary energy intensity and 7.0% acidification potential can be saved on the construction (compared to the passive house).

However, a holistic, joint consideration of red and grey energy suggests an overall energy saving for the passive house system. In the variant of the study comparing the passive house to the low-energy house, there is a saving of heating energy in the passive house of 45% and a 9% saving on electrical energy. At the same time, there is a 4–6% saving on CO<sub>2</sub> emissions. During its use, the passive house uses less heat energy than the low-energy house, which justifies the additional cost in terms of grey energy.

If you consider the overall cost in terms of greenhouse potential and primary energy intensity, the passive house pays off after just 20 years. But the percentage difference is still under the 10% mark.

## Outlook

---

Because of its outstanding documentation and excellent monitoring system, it is possible to carry out a comprehensive environmental assessment of the Lodenareal passive house residential complex. This comprehensive evaluation provided valuable findings which should be taken into consideration during the future planning of energy-optimised and energy-efficient residential complexes.

The constantly increasing energy efficiency of buildings means the component of construction, insulation and building materials is becoming increasingly significant to the environmental footprint. In order to optimise the environmental footprint, the choice of materials also plays a decisive role. The load-bearing solid construction system, with its heat insulation compound system which is currently normally based on EPS insulation, can be significantly improved in environmental terms using mineral insulation (façade and balconies). This kind of consideration of different variants can be utilised even at early stages of planning in order to achieve optimisation and can contribute to the decision-making process by virtue of a life cycle costs analysis.

The evaluation of consumption data (monitoring over a period of 3 years) has shown that the actual values are 30% in excess of the planned values (as per energy pass). This is partly due to the calculations being too optimistic (losses and operating temperatures too low, occupancy too low) and partly to user behaviour (opening windows, higher room temperatures than planned). The calculation processes (determining requirement) needs to be adapted.

The overall household electricity consumption identified was considerably higher than the other energy consumption figures. The household electricity consumption is within the sphere of influ-

ence of the apartment occupants. In terms of sustainable reduction in household energy consumption, user awareness needs to be raised and the use of energy-saving products extended. Usage centred on energy saving needs to be incentivised. As the basic costs (inc. tax) of power supply are relatively high in Austria compared to other EU countries and the electricity price itself is relatively low, there is a lack of incentive to save.

The formation of what are known as energy co-operatives could result in increased awareness of energy consumption among the residents.

The business model of these energy cooperatives mainly lies in constructing and operating systems (e.g. photovoltaic systems) for the generation of renewable energies (electricity). The residents of a local or political unit take a stake in this model of energy generation or supply. With an energy association, they can generate, buy or distribute energy as a community based on the principle of covering costs. Any revenue achieved goes back to the members. If, for example, a solar system is fitted to the building, the residents have a stake in the revenue and can make profit by feeding excess power back into the network. This means the apartment users are directly involved in the process of power generation and power consumption. The option of making a profit by feeding back into the network creates an incentive to save energy (Fliegler & Lange, 2012)<sup>7</sup>. The model for (citizen) energy associations has been very successful for many years, especially in Germany. However, in Austria, there are legal obstacles which need to be overcome (grid connection, taxation) which need to be overcome before it can be successfully implemented. (Wahlmüller, 2015)<sup>8</sup>

---

<sup>7</sup> Fliegler, B. & Lange, R., 2012. Citizens make energy. Seven steps towards an energy association. Founding energy associations. Rheinland Pfalz Ministry for Economy, Climate Protection, Energy and Regional Planning.

<sup>8</sup> Wahlmüller, J., 2015. Citizen participation models for renewable energies in Austria, Germany and Great Britain. Dissertation Technical University Vienna.





## Welche Bedeutung hat das Ergebnis der Studie für die Zukunft des Passivhauses?

---

Die vorliegende Studie zeigt einmal mehr, dass der eingeschlagene Weg der NEUEN HEIMATTIROL der richtige ist. Die nachhaltige Denkweise in allen Bereichen macht sich nicht nur auf dem Gebiet der Gebäudeerrichtung bezahlt, sondern insbesondere während der Nutzungsphase. Diese stellt bei einer Kostenbetrachtung über den gesamten Lebenszyklus beachtliche 80 Prozent dar.

Zu diesem Schluss kam jetzt eine wissenschaftliche Arbeit über eines unserer Wohnprojekte, das erste „Netto-Null-Gebäude“ der NHT. Dort lagen die Kosten während der Nutzungsphase bei 74 Prozent.

Die ersten Gehversuche in Richtung Passivhaus haben wir bereits Ende der 1990er Jahre unternommen. Die ersten Erkenntnisse und Erfahrungen waren dabei nicht nur innerhalb unserer Organisation notwendig und wichtig, sondern in weiterer Folge auch für die Fachplaner und ausführenden Professionisten. Es wurde ein Lernprozess in Gang gesetzt. Das angeeignete Wissen bildet die Basis für weitere zukunftsweisende Schritte, mit noch mehr energetisch optimierten Häusern.

### Lernen für die Zukunft

Die Studie der TU Wien belegt, dass die Errichtung eines Passivhauses und damit der Verbrauch der grauen Energie nach wie vor einen hohen Optimierungsgrad aufweist. Erstaunlich ist zudem, wie hoch der individuelle Energieverbrauch seitens der BewohnerInnen ist. Hier gilt es anzusetzen: durch Information, durch Beratung, durch Aufzeigen von individuellen Einsparungspotentialen sowie durch die konsequente Darstellung einer Energiebilanz für das gesamte Gebäude.

Wir nehmen diese Herausforderung gerne an. Denn: Nur mit vereinten Kräften wird es möglich sein, zukünftig bewusster und sparsamer mit der kostbaren Ressource Energie umzugehen. Es genügt nicht mehr, nur einen Teilbereich (z.B. die Errichtung einer Immobilie) zu betrachten. Vielmehr sind die Einbeziehung aller Phasen sowie die Einbindung der BewohnerInnen von entscheidender Bedeutung.

Wir sind überzeugt, dass in diesem Bereich noch vieles möglich ist. Als zentraler Player der Wohnbaubranche wollen wir den Weg in eine ressourcenschonende Zukunft aktiv mitgestalten.

## **What is the significance of the result of the study for the future of the passive house?**

---

This study demonstrates once again that the route taken by NEUE HEIMAT TIROL is the correct one. Sustainable thinking in all areas is paying off not only in the construction phase, but also during the use of the building. With respect to costs, the usage phase makes up for an impressive 80 percent throughout the whole life cycle.

This was the conclusion reached by a scientific paper on one of our residential projects, NHT's first "net zero building". In this case, the costs during the usage phase were 74 percent.

We took our first tentative steps towards the passive house back in the late nineties. The first findings and experiences were not only necessary and important within our organisation, they were also key for the specialist planners and professional tradesmen further down the line. A learning process had been set in motion. The knowledge obtained forms the basis for further future-oriented steps to houses which are even more optimised in terms of energy.

### **Learning for the future**

The TU Vienna study proves that the construction of a passive house and therefore the consumption of grey energy still demonstrates a high level of optimisation. The level of individual energy consumption by the residents is also remarkable. This needs to be tackled by providing information and advice, highlighting individual potential savings and by means of consistent reporting of the energy footprint for the building as a whole.

We relish taking on this challenge. Because only by joining forces can it be possible to handle the valuable resource of energy more consciously and more economically in the future. It is no longer sufficient merely to consider one aspect (e.g. the construction of a property). Considering all the phases and involving the residents are of decisive importance.

We are convinced that there are still a lot of opportunities in this area. As a key player in the residential construction industry, we want to play an active role in shaping the way towards a future which is more gentle on resources.



Auflage / Print run:  
4 3 2 1  
2019 2018 2017 2016

© 2016

**HAYMON**verlag  
Innsbruck-Wien  
www.haymonverlag.at

Alle Rechte vorbehalten. Kein Teil des Werkes darf in irgendeiner Form (Druck, Fotokopie, Mikrofilm oder in einem anderen Verfahren) ohne schriftliche Genehmigung des Verlages reproduziert oder unter Verwendung elektronischer Systeme verarbeitet, vervielfältigt oder verbreitet werden.

All rights reserved. No parts of the document may be reproduced in whatsoever form (print, photocopy, microfilm or other process) or processed, reproduced or distributed in electronic form without the written consent of the publisher.

**ISBN 978-3-7099-7268-7**

Für den Inhalt verantwortlich: NEUE HEIMAT TIROL, Mag. (FH) Gerda Maria Embacher, MSc  
Umschlag- und Buchgestaltung, Satz: Christian Waha, Innsbruck  
Fotos: Christof Lackner, Salzburg; Luftbilder: Peter Fiby, Innsbruck  
Illustration Seite 28: Susanne Runkel, ATP Sustain  
Grundriss Gebäude A–E, Seite 26 und Lageplan, Seite 27: DIN A4 Architektur ZT GmbH  
Übersetzung: Norbert J. Heikamp, Konferenzdolmetscher, Köln

Gedruckt auf umweltfreundlichem, chlor- und säurefrei gebleichtem Papier.

Responsible for content: NEUE HEIMAT TIROL, Mag. (FH) Gerda Maria Embacher, MSc  
Cover and book design, layout: Christian Waha, Innsbruck  
Photos: Christof Lackner, Salzburg, Aerial photos: Peter Fiby, Innsbruck  
Illustration page 48: Susanne Runkel, ATP Sustain  
Floor plan of buildings A–E, page 46 and Map of location, page 47: DIN A4 Architektur ZT GmbH  
Translation: Norbert J. Heikamp, Conference Interpreter, Cologne

Printed on environmentally-friendly, chlorine and alkali-free bleached paper.

## **Ökobilanzierung Passivhaus-Wohnanlage Lodenareal**

Ökologischer „Aufwand–Nutzen“ zwischen Konstruktion und Betrieb

Autoren: DI Julia Reisinger, Prof. Dr. techn. DI Iva Kovacic, DI Jens Glögger

## **Environmental impact of Lodenareal passive house residential complex**

Environmental “cost to benefit” between construction and operation

Authors: DI Julia Reisinger, Prof. Dr. techn. DI Iva Kovacic, DI Jens Glögger

Herausgegeben von der NEUEN HEIMAT TIROL, Gemeinnützige WohnungsGmbH

Publisher: NEUE HEIMAT TIROL, Gemeinnützige WohnungsGmbH

### **NEUE HEIMAT TIROL**

Gemeinnützige WohnungsGmbH

Gumpstraße 47, A-6023 Innsbruck

Tel.: (0512) 3330, [nhtiroel@nht.co.at](mailto:nhtiroel@nht.co.at)

[www.neueheimattiroel.at](http://www.neueheimattiroel.at)

ISBN 978-3-7099-7268-7



[www.haymonverlag.at](http://www.haymonverlag.at)

9 783709 972687