

Monitoring



Aufgabenstellung: Untersuchung von zwei annähernd identen Gebäuden am gleichen Standort, um die Auswirkungen der Passivhausbauweise auf den Energieverbrauch im Vergleich zum Niedrigenergiehaus aufzuzeigen

Projekt: Lauterach, Karl-Höll-Straße 14 (Niedrigenergiehaus)
Lauterach, Karl-Höll-Straße 14a (Passivhaus)

Untersuchungszeitraum: 2013, 2014, 2015, 2016

Auftraggeber: Amt der Vorarlberger Landesregierung
Abt. Wohnbauförderung
Wohnbauforschung Zahl: IIIId-018

Bearbeitung: ATRIUM® - Raum für Ideen
Jeannot Fink, MBA
Montfortplatz 2, 6923 Lauterach

Lauterach, 18.12.2017

Inhaltsverzeichnis

1.	Einleitung.....	4
1.1	Problemstellung und Zielsetzung der Arbeit	4
1.2	Aufbau der Arbeit.....	5
2.	Theoretische Grundlagen	6
2.1	Energieausweis 2008	6
2.2	Energieausweis 2011	6
2.3	Energieausweis-Kennzahlen und die Einteilung in die Effizienzklassen.....	8
3.	Beschreibung der Studie	9
3.1	Untersuchungsgegenstand.....	10
3.1.1	Haustechnisches Konzept	11
3.1.2	Bauteile der thermischen Gebäudehülle	12
4.	Auswertung der Ergebnisse.....	15
4.1	Stromverbrauch Gebäude	16
4.1.1	Stromverbrauch für Heizung und Lüftung 2013 [kWh]	16
4.1.2	Stromverbrauch für Heizung und Lüftung 2014 [kWh]	17
4.1.3	Stromverbrauch für Heizung und Lüftung 2015 [kWh]	17
4.1.4	Stromverbrauch für Heizung und Lüftung 2016 [kWh]	18
4.1.5	Gesamtstromverbrauch 2013 [kWh].....	20
4.1.6	Gesamtstromverbrauch 2014 [kWh].....	20
4.1.7	Gesamtstromverbrauch 2015 [kWh].....	21
4.1.8	Gesamtstromverbrauch 2016 [kWh].....	21
4.2	Stromverbrauch Wohnungen	23
4.2.1	Stromverbrauch für Heizung und Lüftung 2013 [kWh]	23
4.2.2	Stromverbrauch für Heizung und Lüftung 2013 pro m ² beheizter Nutzfläche [kWh/m ²].....	24
4.2.3	Stromverbrauch für Heizung und Lüftung 2014 [kWh]	26
4.2.4	Stromverbrauch für Heizung und Lüftung 2014 pro m ² beheizter Nutzfläche [kWh/m ²].....	27
4.2.5	Stromverbrauch für Heizung und Lüftung 2015 [kWh]	28
4.2.6	Stromverbrauch für Heizung und Lüftung 2015 [kWh/m ²].....	29
4.2.7	Stromverbrauch für Heizung und Lüftung 2016 [kWh]	30
4.2.8	Stromverbrauch für Heizung und Lüftung 2016 [kWh/m ²].....	31
5.	Exkurs Nutzerverhalten	33
5.1	Verbrauch Haushaltsstrom 2013 [kWh].....	33
5.2	Verbrauch Haushaltsstrom 2014 [kWh].....	33
5.3	Verbrauch Haushaltsstrom 2015 [kWh].....	34
5.4	Verbrauch Haushaltsstrom 2016 [kWh].....	34
5.5	Verbrauch Warmwasser 2013 [kWh].....	35

5.6 Verbrauch Warmwasser 2014 [kWh].....	35
5.7 Verbrauch Warmwasser 2015 [kWh].....	36
5.8 Verbrauch Warmwasser 2016 [kWh].....	36
6. Exkurs Behaglichkeit	38
6.1 Temperatur [°C] im Wohnbereich.....	38
6.2 Luftfeuchtigkeit [%] im Wohnbereich	40
6.3 CO ₂ [ppm] im Wohnbereich.....	42
7. Zusammenfassung.....	44
8. Abkürzungsverzeichnis	45
9. Glossar	46
10. Abbildungsverzeichnis	49
11. Tabellenverzeichnis	50
12. Anhang	51

1. Einleitung

Knapper werdende Ressourcen, steigende Energiepreise und vor allem die zunehmende Umweltbelastung auf Grund von Treibhausgas-Emissionen - Probleme mit denen die Erde und deren Bewohner immer mehr zu kämpfen haben. Vor allem Verkehr, Industrie, Energieaufbringung sowie die Erzeugung von Raumwärme und der Kleinverbrauch lassen den Anteil an schädlichen Emissionen in der Luft weiter steigen.

Während vor allem in den Sektoren Verkehr und Industrie die Kyoto-Ziele nicht eingehalten werden konnten, gingen die Treibhausgas-Emissionen aus Raumwärme und Kleinverbrauch zurück, was auf den zunehmenden Einsatz erneuerbarer Energieträger, den geringeren Verbrauch von Heizöl und die verbesserte thermische Qualität von Gebäuden zurückzuführen ist. Gemäß einem Zwischenbericht zur Energieautonomie Vorarlberg, Sektor Gebäude, aus 2013, ging der durch Gebäude verursachte Energieverbrauch und CO₂ Ausstoß von 2005 bis heute kontinuierlich zurück. Neben weiteren Bestimmungen ist die Einhaltung der Anforderungen des Wärmeschutzes und der Energieeinsparung beim Bau aber auch bei der Sanierung von Gebäuden durch die Bautechnikverordnung BTV vorgeschrieben.

Durch das Zurückgreifen auf erneuerbare Energieressourcen, den geringeren Ausstoß an schädlichen Emissionen und die verbesserten Gebäudehüllen entsprechen Passiv- sowie auch Niedrigenergiehäuser den erhöhten Vorschriften. Eine energieeffiziente Bauweise auf diesem Niveau ist zwar möglich, verursacht aber höhere Kosten bei der Errichtung.

1.1 Problemstellung und Zielsetzung der Arbeit

Geht es um die Frage Passivhaus oder Niedrigenergiehaus gehen die Meinungen weit auseinander. Während Befürworter des Passivhausstandards die Vorteile in einer besseren Raumluftqualität und einem um ein vielfaches geringeren Heizwärmebedarf sehen, halten Gegner mit erhöhten Kosten für die Errichtung sowie Instandhaltung und einer geringen Energieeinsparung dagegen.

Bisher wurden Ergebnisse von unterschiedlichen Gebäuden in unterschiedlichen Lagen verglichen, die teilweise noch über unterschiedliche Heizsysteme verfügen. Aus diesem Grund wurde im Dezember 2012 der Vorarlberger Bauträger ATRIUM vom Land Vorarlberg beauftragt, eine Untersuchung von zwei annähernd identen Gebäuden durchzuführen und die Auswirkungen der Passivhausbauweise auf den Energieverbrauch im Vergleich zum Niedrigenergiehaus aufzuzeigen. Mit der Messung von Energieverbrauch für Heizung und Lüftungsanlage, von Raumtemperatur, Luftfeuchtigkeit und CO₂-Gehalt der Luft können

Unterschiede in den Energiestandards demonstriert werden. Da sich beide Gebäude auf einem Grundstück nebeneinander befinden, kann von derselben Situation bezüglich Klima und Witterung ausgegangen werden. Weil der Energieträger sowohl für die Wärmepumpe als auch für die Lüftung elektrischer Strom ist, können die Verbräuche gegenübergestellt und addiert werden, ohne dass der Vergleich durch Umrechnungsfaktoren verzerrt wird, wie es beispielsweise bei einer Biomasse- oder Gasheizung der Fall wäre.

Basierend auf dem generellen Ziel, den Energieverbrauch aus Kosten- und Umweltgründen zu reduzieren und dabei das Problem der Leistbarkeit aufzugreifen soll der vorliegende Bericht zu einem aussagekräftigen Ergebnis hinsichtlich der gemessenen Werte und Verbräuche führen und die Frage beantworten, welchen Beitrag der Passivhausstandard der Förderstufe 5 gemäß Vorarlberger Wohnbauförderungsrichtlinie 2011 zur Reduktion des Stromverbrauchs liefert.

Des Weiteren stellt sich insbesondere aus Sicht des Landes die Frage, ob die höheren Kosten und die damit in Zusammenhang stehenden höheren Förderungen, welche durch den Bau eines Passivhauses entstehen, gerechtfertigt sind. Die Mehrkosten bei der Errichtung betragen circa 225€ pro Quadratmeter, bezogen auf die in diesem Forschungsbericht untersuchten Gebäude (siehe dazu den Endbericht "Mehrkosten von Mehrfamilienhäusern im PH-Niveau" von Architekt DI Martin Ploss, Energieinstitut Vorarlberg).

1.2 Aufbau der Arbeit

Um einen Überblick zu erhalten, werden zunächst einige Begriffe aus dem Themenbereich definiert. Anschließend folgt die Beschreibung der Studie mit der Erläuterung des Untersuchungsgegenstandes und der angewandten Forschungsmethodik. Im Bau- und Energiewesen unterliegen Begriffe, Berechnungsmethoden, Grenzwerte u. ä. laufenden Anpassungen. Es wurde festgelegt, die am Beginn der Arbeit verwendeten Größen unverändert zu belassen. Als Schwerpunkt der Arbeit folgt die Auswertung und Darstellung der Energieverbrauchs-Messungen über die Jahre 2013 bis 2016. Zudem wird das Nutzerverhalten aufgezeigt und das Raumklima am Beispiel von vier verschiedenen Tops analysiert.

2. Theoretische Grundlagen

Bevor näher auf die Studie eingegangen wird, werden einige grundlegende Definitionen zu Verständniszwecken erläutert, um dabei zu helfen, den Sachverhalt besser zu verstehen.

2.1 Energieausweis 2008

Seit 2008 ist in Österreich die Vorlage eines Energieausweises bei Verkauf, Verpachtung oder Vermietung von Gebäuden oder Nutzungsobjekten gesetzlich durch das Energieausweis-Vorlage-Gesetz EAVG vorgeschrieben. Die genormte Regelung erfolgt auf Basis der ÖNORM H 5055 – Energieausweis für Gebäude. Der Gültigkeitszeitraum beträgt höchstens zehn Jahre. Mit Hilfe eines Energieausweises kann der energetische Normverbrauch eines Gebäudes aufgezeigt werden und ermöglicht somit eine Einteilung der Gebäude in unterschiedliche Energiestandards. Die genaue Einteilung der Energieklassen wird im nächsten Unterkapitel der Arbeit beschrieben.

Der Energieausweis gibt Auskunft über nutzungsunabhängige Kennzahlen unter Annahme von bestimmten Rahmenbedingungen, wie zum Beispiel einer bestimmten konstanten Innenraumtemperatur. Somit weicht der tatsächliche Verbrauch an Energie meist vom im Energieausweis angegebenen Sollwert ab.

2.2 Energieausweis 2011

Mit Hilfe des 2011 nach OIB-Richtlinie (OIB = österr. Institut für Bautechnik) neu eingeführten Energieausweises, welcher in Vorarlberg mit 1. Jänner 2013 in Kraft trat, können Gebäude differenziert und genauer bewertet werden.

Neben der bisherigen Darstellung der energietechnischen Qualität der Gebäudehülle werden nun auch die Qualität der haustechnischen Systeme, der Einsatz erneuerbarer Energieträger und der Aufwand für Energieumwandlung und Transport der Energieträger aufgezeigt.

Unverändert bleibt der Grundsatz, dass im Energieausweis ausschließlich Indikatoren auf Basis berechneter Bedarfswerte ausgewiesen werden und nicht auf Basis von gemessenen Verbrauchswerten. Somit können auch neu erbaute Gebäude, für die noch keine Verbrauchswerte vorliegen mit bestehenden Gebäuden verglichen werden. Neu ist das Heranziehen des Standortklimas für die Berechnung, der Energieausweis 2008 basierte

ausschließlich auf einem Referenzklima. Im Vergleich dazu weist der Energieausweis ab 2011 auf der ersten Seite neben dem Heizwärmebedarf auch den Primärenergiebedarf, den CO₂-Wert und den Gesamtenergieeffizienzfaktor aus.

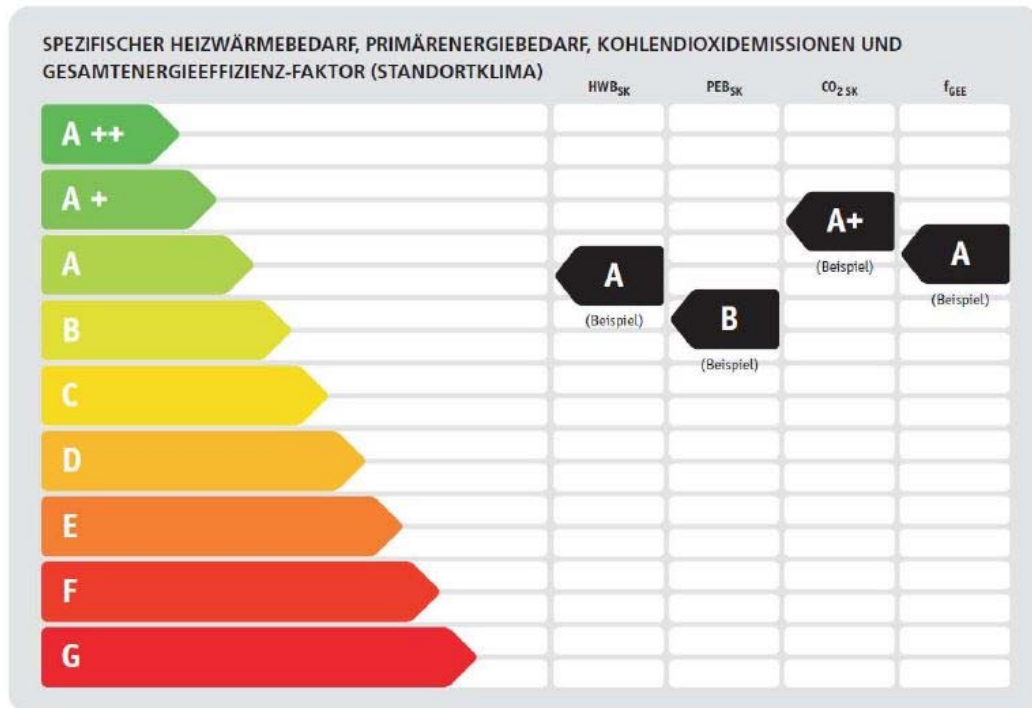


Abbildung 1 Energieausweis 2011

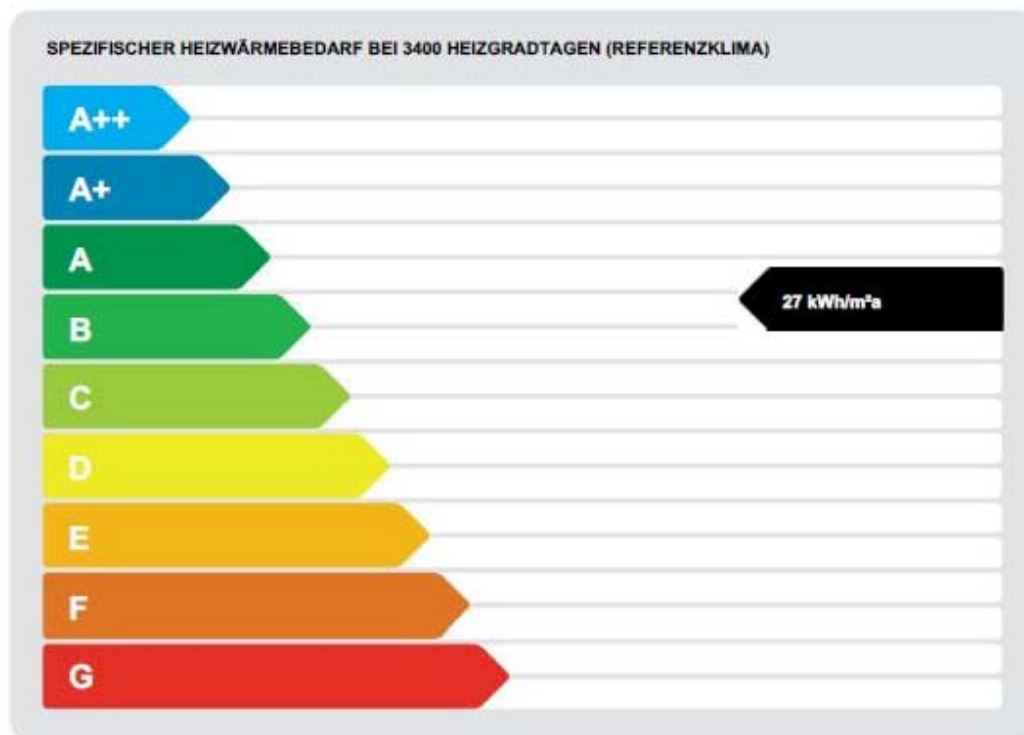


Abbildung 2 Energieausweis 2008

2.3 Energieausweis-Kennzahlen und die Einteilung in die Effizienzklassen

Der Energieausweis teilt Gebäude in neun Effizienzklassen von A++ bis G ein. Die Zuordnung erfolgt auf Grundlage der Werte HWB, PEB, CO₂ und f_{GEE}. Unter A++ fallen Passivhäuser, unter A+ und A Niedrigstenergiehäuser und für Niedrigenergiehäuser gilt die Klasse B. Alte, unsanierte Gebäude weisen Werte der Klassen D bis G auf. In der nachfolgenden Tabelle sind die Anforderungswerte ab 2011 für die jeweiligen Klassen dargestellt.

Effizienzklasse	HWB _{BGF,SK} [kWh/m ² .a]	PEB _{BGF,SK} [kWh/m ² .a]	CO ₂ _{BGF,SK} [kg/m ² .a]	f _{GEE}
A++	≤ 10	≤ 60	≤ 8	≤ 0,55
A+	≤ 15	≤ 70	≤ 10	≤ 0,70
A	≤ 25	≤ 80	≤ 15	≤ 0,85
B	≤ 50	≤ 160	≤ 30	≤ 1,00
C	≤ 100	≤ 220	≤ 40	≤ 1,75
D	≤ 150	≤ 280	≤ 50	≤ 2,50
E	≤ 200	≤ 340	≤ 60	≤ 3,25
F	≤ 250	≤ 400	≤ 70	≤ 4,00
G	> 250	> 400	> 70	> 4,00

Tabelle 1 Effizienzklassen

Die Energieausweise der für die Studie herangezogenen Gebäude finden sich im Anhang der Arbeit. Diese wurden nach der BTV 2012 ausgestellt, da für die Untersuchung der Energieausweis nach der OIB-Richtlinie 2011 erforderlich war.

3. Beschreibung der Studie

Im Zuge des Forschungsprojektes wurden zwei von der Firma ATRIUM im Jahr 2012 fertig gestellte Mehrfamilienhäuser, ein Niedrigenergiehaus (Haus 1) der Förderstufe 3 und ein Passivhaus (Haus 2) der Förderstufe 5 gemäß Vorarlberger Wohnbauförderungsrichtlinie 2011, untersucht. Mit entsprechenden Messgeräten wurde in den Jahren 2013 bis 2016 der Energieverbrauch für Heizung, Warmwasser und Lüftungsanlage je Gebäude sowie Raumtemperatur, Luftfeuchtigkeit und CO₂-Gehalt in einzelnen Wohnungen aufgezeichnet.

Zur Förderung eines energiesparenden Nutzerverhaltens wurden alle Eigentümer mündlich mittels Vortrag sowie schriftlich mittels eines Nutzerhandbuches über das optimale Lüftungsverhalten und die Energiesparmöglichkeiten informiert. Es wurden jedoch keinerlei zwingende Verhaltensregeln aufgestellt, nach denen sich die Bewohner zu richten hätten.

Ein Teil der Anschaffungskosten der erforderlichen Messgeräte wurde vom Land Vorarlberg ersetzt. Die restlichen Anschaffungskosten der Geräte sowie der komplette Organisations- und Zeitaufwand für die Studie wurden von ATRIUM getragen. Ergänzend zum Projektauftrag wurden neben dem Energieverbrauch auch die Unterschiede der Errichtungs- und Folgekosten ausgewertet.

Der Energieverbrauch der Kleinwohnanlagen beziehungsweise der Wohnungen wurde quartalsmäßig von folgenden Zählern abgelesen:

Im Niedrigenergiehaus

- Stromzähler für Wärmepumpe (Strom HT und NT)
- Wärmemengenzähler für WP-Austritt Heizung
- Wärmemengenzähler für WP-Austritt Warmwasser
- Wärmemengenzähler der Wohnungen Top 1-01, Top 1-05 und Top 1-09
- Stromzähler (Strom HT und NT) aller Wohnungen

Im Passivhaus

- Stromzähler für Lüftung
- Stromzähler für Wärmepumpe (Strom HT und NT)
- Wärmemengenzähler für WP-Austritt Gesamt
- Wärmemengenzähler für WP-Frostfreiheit Lüftung (bei Außentemperaturen unter -6 °C)
- Wärmemengenzähler für WP-Austritt Warmwasser
- Wärmemengenzähler für Heizung (Differenz Gesamt – Warmwasser - Frostfrei)
- Wärmemengenzähler der Wohnungen Top 2-01, Top 2-05 und Top 2-09
- Stromzähler (Strom HT und NT) aller Wohnungen

3.1 Untersuchungsgegenstand

Die für diese Studie herangezogenen Wohngebäude weisen in Form, Bauweise und Lage keine wesentlichen Unterschiede auf, weshalb sie zum Vergleich ideal geeignet sind. Sowohl das Passiv- als auch das Niedrigenergiehaus wurden als mittelschwerer Bau mit gut gedämmter Gebäudehülle ausgeführt. Beide Gebäude stehen auf demselben Grundstück nebeneinander und befinden sich in der Österreichischen Marktgemeinde Lauterach (Katastralgemeinde Lauterach, KG-Nummer 91116, Grundstücksnummer 3047/7) in Vorarlberg, auf 412 Meter Seehöhe, in der Klimaregion W.

In beiden Wohngebäuden mit je neun Wohneinheiten befinden sich 2-, 3- und 4-Zimmer-Wohnungen mit Terrasse oder Privatgarten. Die Kleinwohnanlagen verfügen je über eine Wärmepumpenheizung und eine thermische Solaranlage. Das Passivhaus ist zusätzlich mit einer Lüftungsanlage versehen. Die Lüftung erfolgt somit über eine Raumlüftung mit Wärmerückgewinnung. Die Lüftung im Niedrigenergiehaus wird über die Fenster geregelt.



Abbildung 3 Lageplan



Abbildung 4 NEH (Haus 1), v.l.n.r. Ansicht Süd-West, Ansicht Süd-Ost



Abbildung 5 PH (Haus 2), v.l.n.r. Ansicht Süd-Ost, Ansicht Nord-Ost

3.1.1 Haustechnisches Konzept

Beide Gebäude verfügen je über eine Wärmepumpe und eine thermische Solaranlage. Mittels der Wärmepumpen, Typ Weider SW 210 für das Passivhaus und Typ Weider SW 300 für das Niedrigenergiehaus, wird der Umgebung Grundwasser entzogen und in höhere, verwertbare Temperaturen umgewandelt, die für die Gebäudeheizung nötig sind. Über ein wassergeführtes System, eine Fußbodenheizung mit einer Vorlauftemperatur von 32 °C, wird Wärme an den Raum abgegeben. Vor allem beim Passivhaus liegt die maximale Fußbodenoberflächentemperatur normalerweise nur gering über der Temperatur des Raumes (etwa 2-3 °C), was an der geringeren notwendigen Heizlast liegt.

Aufgrund der Tatsache, dass sich die Gebäude in einem Wasserschongebiet befinden, wurde ein Sekundärwärmetauscher von der Wasserrechtsbehörde vorgeschrieben, was die Effizienz und somit die Jahresarbeitszahl (JAZ) der Wärmepumpen reduziert.

Das Warmwasser wird aus einer Kombination von Wärmepumpe (40%) und thermischer Solaranlage (60%) gewonnen. Ein zentraler Energiespeicher erwärmt das Wasser mittels eines Durchlaufprinzips. Für die Solaranlage wurden Flachkollektoren auf den Dächern der Gebäude angebracht, um die von der Sonne gelieferte Energie zu nutzen. Die Größe der Solaranlage beträgt je Gebäude 24m².

Sowohl im Niedrigenergiehaus als auch im Passivhaus stammt die gesamte Energie für die Beleuchtung aus Strom.

Das Passivhaus verfügt zusätzlich über eine entsprechende Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung, durch die Frischluft auf eine Temperatur von 17 °C vorerwärmt wird. Das zentrale Lüftungsgerät zieht verbrauchte Luft aus Küche und Bad/WC ab und führt den Aufenthaltsräumen frische Luft zu. In jeder Wohneinheit kann die Lüftungsanlage separat geregelt und eingestellt werden.

Für das Niedrigenergiehaus sind Dunstabzüge für die Küchen und Abluftanlagen für innenliegende Räume, wie Bad/WC und Abstellräume vorgesehen.

3.1.2 Bauteile der thermischen Gebäudehülle

Beide Gebäude wurden in Bezug auf ihre thermische Gebäudehülle in derselben Bauweise ausgeführt. Einzig die Dämmmaterialien in den Außenwänden und in den obersten Geschossdecken unterscheiden sich in ihrer spezifischen Wärmeleitfähigkeit (λ) und zum Teil in der Dicke voneinander, was sich auf die Wärmedämmeigenschaft der Gebäudeteile auswirkt. Die Decken über Keller weisen in beiden Gebäuden dieselbe Ausführungsart auf und haben somit einen einheitlichen U-Wert.

Aus den folgenden Tabellen können die in den einzelnen Aufbauten verwendeten Materialien sowie die U-Werte der obersten Geschossdecken, der Außenwände und der Decken über Keller abgelesen werden. Unterschiede wurden zur besseren Veranschaulichung orange dargestellt.

Oberste Geschossdecke

Niedrigenergiehaus (Haus 1)			Passivhaus (Haus 2)		
Material	Dicke	λ	Material	Dicke	λ
Sand, Kies	0,0500	1,400	Sand, Kies	0,0500	1,400
Vlies PP	0,0020	0,220	Vlies PP	0,0020	0,220
Sucoflex CB/TB	0,0018	0,500	Sucoflex CB/TB	0,0018	0,500
Polystyrol EPS 20	0,2500	0,038	FLAPORplus Wärmedämmplatte EPS-W25	0,2500	0,029
ECOVAP red	0,0040	0,500	ECOVAP red	0,0040	0,500
Vlies PP	0,0020	0,220	Vlies PP	0,0020	0,220
Stahlbeton	0,2500	2,500	Stahlbeton	0,2500	2,500
U-Wert	0,15		U-Wert	0,11	

Tabelle 2 Bauteile oberste Geschossdecke

Außenwand

Niedrigenergiehaus (Haus 1)			Passivhaus (Haus 2)		
Material	Dicke	λ	Material	Dicke	λ
RÖFIX 300 Innenfeinputz	0,0050	0,540	RÖFIX 300 Innenfeinputz	0,0050	0,540
RÖFIX 510 Kalk-Zement- Grundputz	0,0100	0,470	RÖFIX 510 Kalk-Zement- Grundputz	0,0100	0,470
Hochlochziegel 1200 kg/m ³	0,1800	0,380	Hochlochziegel 1200 kg/m ³	0,1800	0,380
RÖFIX EPS-F 040 EPS- Fassadendämmplatte	0,2000	0,040	RÖFIX EPS-F 030 EPS- Fassadendämmplatte "TAKE- IT AIPIN"	0,2200	0,030
RÖFIX SiSi-Putz VITAL	0,0050	0,700	RÖFIX SiSi-Putz VITAL	0,0050	0,700
U-Wert	0,18		U-Wert	0,12	

Tabelle 3 Bauteile Außenwand

Decke über Keller

Niedrigenergiehaus (Haus 1)			Passivhaus (Haus 2)		
Material	Dicke	λ	Material	Dicke	λ
Parkett 2-Schicht	0,0100	0,150	Parkett 2-Schicht	0,0100	0,150
RÖFIX ZS20 CA-CT-Fliessestrich	0,0600	1,400	RÖFIX ZS20 CA-CT-Fliessestrich	0,0600	1,400
Polystyrol EPS 25	0,0100	0,036	Polystyrol EPS 25	0,0100	0,036
ECOVAP red	0,0004	0,500	ECOVAP red	0,0004	0,500
ISOVER TRITTSCHALL-DÄMMPLATTE T	0,0300	0,033	ISOVER TRITTSCHALL-DÄMMPLATTE T	0,0300	0,033
Polystyrol EPS 25	0,2000	0,036	Polystyrol EPS 25	0,2000	0,036
RÖFIX 831 isolierende Leichtschüttung (Werkstrock)	0,0600	0,046	RÖFIX 831 isolierende Leichtschüttung (Werkstrock)	0,0600	0,046
Stahlbeton	0,2500	2,500	Stahlbeton	0,2500	2,500
U-Wert	0,12		U-Wert	0,12	

Tabelle 4 Bauteile Decke über Keller

Bei den Fenstern handelt es sich um Kunststoff-Alufenstersysteme, welche sich in der Verglasung unterscheiden. Im Niedrigenergiehaus wurde bei raumhohen Fenstern eine dreifache und bei den restlichen Fenstern eine zweifache Wärmeschutzverglasung (U-Wert 1,1 W/m²K) angebracht. Das Passivhaus verfügt bei allen Fenstern über eine Dreifachverglasung (U-Wert 0,7 W/m²K). Der U-Wert der Fensterrahmen beider Gebäude liegt einheitlich bei 1,2 W/m²K.

Abschließend sind hier noch die wichtigsten energierelevanten Daten der untersuchten Gebäude tabellarisch dargestellt

	Niedrigenergiehaus Haus 1	Passivhaus Haus 2
Bauweise	massiv	massiv
Anzahl der Wohneinheiten	9	9
WNF [m ²]	755,62	751,00
Fensterfläche bezogen auf WNF [%]	28,86	29,65
A/V-Verhältnis	0,45	0,44
U-Wert Außenwand [W/m ² K]	0,18	0,12
U-Wert Fenster [W/m ² K]	1,23	0,95
U-Wert oberste Geschoßdecke [W/m ² K]	0,15	0,11
U-Wert unterste Geschoßdecke [W/m ² K]	0,12	0,12
HWB [kWh/m ² _{BGF} a]	27	9

Tabelle 5 energierelevante Daten

4. Auswertung der Ergebnisse

Im folgenden Kapitel werden die Ergebnisse des Energie-Monitorings von 2013 bis 2016 ausgewiesen. Im Zentrum stehen hier vor allem die Stromverbräuche für Heizung und Lüftung. Diese werden genauer betrachtet und analysiert. Für ein leichteres Verständnis für das Zustandekommen einzelner Resultate sind die wichtigsten Eckdaten in den unten angeführten Tabellen zusammengefasst.

Anzahl der Bewohner je Wohneinheit

Niedrigenergiehaus Haus1					Passivhaus Haus 2				
TOP	Personen 2013	Personen 2014	Personen 2015	Personen 2016	TOP	Personen 2013	Personen 2014	Personen 2015	Personen 2016
1-01	2	2	2	2	2-01	2	3	3	3
1-02	2	2	2	2	2-02	2	2	2	2
1-03	2	2	2	2	2-03	2	2	2	2
1-04	2	2	2	2	2-04	1	1	1	1
1-05	4	4	4	4	2-05	4	4	4	4
1-06	3	3	3	3	2-06	2	2	2	2
1-07	1	1	1	1	2-07	2	2	2	2
1-08	2	2	2	2	2-08	2	2	2	2
1-09	2	2	2	2	2-09	1	1	1	1
Gesamt	20	20	20	20	Gesamt	18	19	19	19

Tabelle 6 Anzahl der Bewohner

Beheizte Nutzfläche je Wohneinheit

Niedrigenergiehaus Haus 1		Passivhaus Haus 2	
Wohnung	beheizte Nutzfläche (m ²)	Wohnung	beheizte Nutzfläche (m ²)
1-01	77,80	2-01	76,60
1-02	86,31	2-02	94,19
1-03	59,88	2-03	79,52
1-04	77,81	2-04	76,60
1-05	94,89	2-05	94,19
1-06	79,52	2-06	79,52
1-07	77,81	2-07	76,60
1-08	94,89	2-08	94,19
1-09	79,52	2-09	79,52

Tabelle 7 beheizte Nutzfläche

4.1 Stromverbrauch Gebäude

Die Gebäude beziehen Strom für Heizung, Lüftung, Warmwasser, Allgemeinflächen und Haushalte und die Tiefgarage. Der Verbrauch wird getrennt voneinander erfasst und ausgewiesen, mit Ausnahme des Tiefgaragenstromzählers, weil die Tiefgarage beiden Häusern gemeinsam dient. Hier wird der Verbrauch durch zwei geteilt und das Ergebnis anteilmäßig einmal dem Niedrigenergie- (Haus 1) und einmal dem Passivhaus (Haus 2) zugeordnet.

Der Ausgangsfrage entsprechend, ob das Passivhaus im Vergleich zum Niedrigenergiehaus tatsächlich weniger Energie verbraucht, werden in diesem Kapitel zuerst die Stromverbräuche für Heizung und Lüftung präsentiert, ehe sie mit den anderen Stromverbrauchswerten in Relation gesetzt werden. Für beide Gebäude wurde der Gesamtverbrauch an Strom und Wärme gemessen und daraus der Stromverbrauch für die Heizung je Top rechnerisch ermittelt¹. Der Lüftungsverbrauch kann im Passivhaus an einem eigenen Zähler abgelesen, beim Niedrigenergiehaus wird dieser für das Bad und WC berechnet².

4.1.1 Stromverbrauch für Heizung und Lüftung 2013 [kWh]

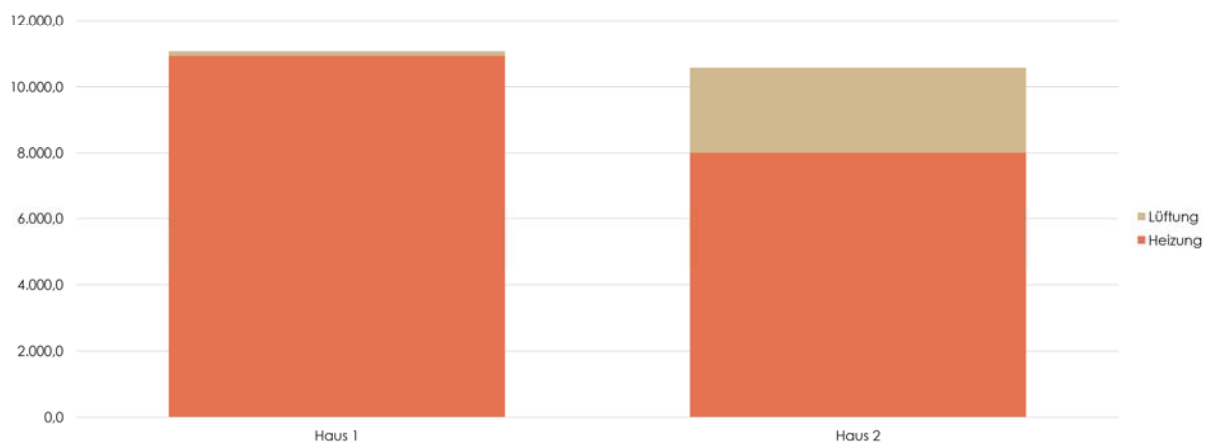


Abbildung 6 Stromverbrauch für Heizung und Lüftung 2013

¹ Die Berechnung des Heizenergieverbrauchs wird folgendermaßen eruiert:
gemessene Summe Stromverbrauch für Wärmepumpe – [(Austritt Warmwasser des Wärmemengenzählers / Gesamtsumme Wärmemengenzähler) * gemessene Summe Stromverbrauch für Wärmepumpe]

² Die rechnerische Ermittlung des Lüftungsverbrauchs für Bad und WC von Haus 1 mit 136,4 kWh wird wie folgt durchgeführt:

1. Annahme, dass in Haus 1 in 7 Bädern (ohne Fenster) die Lüftung mit 11W Leistung täglich 60 Minuten in Betrieb genommen wird: $(11 * 1 * 365 / 1000) * 7 = 28 \text{ kWh}$

2. Annahme, dass in Haus 1 mit insgesamt 9 WCs die Lüftung mit 11W Leistung (und 7 Minuten Nachlaufzeit) täglich 75 Minuten (15 x à 5 Minuten) in Betrieb genommen wird: $15 * (5+7) = 3 \text{ h/Tag} \Rightarrow 3 * 11 = 33 \text{ Wh/Tag} \Rightarrow (33 * 365 / 1000) * 9 = 108,4 \text{ kWh}$

4.1.2 Stromverbrauch für Heizung und Lüftung 2014 [kWh]

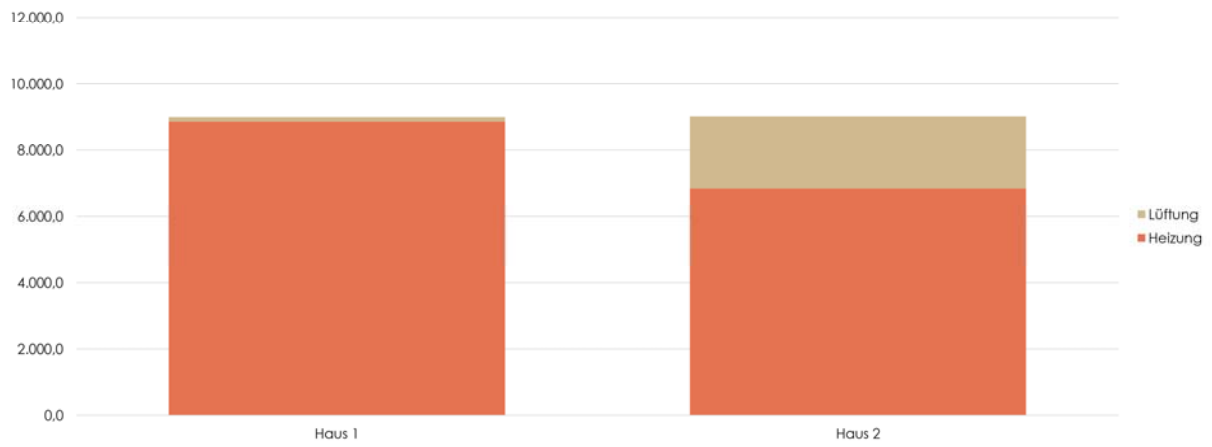


Abbildung 7 Stromverbrauch für Heizung und Lüftung 2014

4.1.3 Stromverbrauch für Heizung und Lüftung 2015 [kWh]

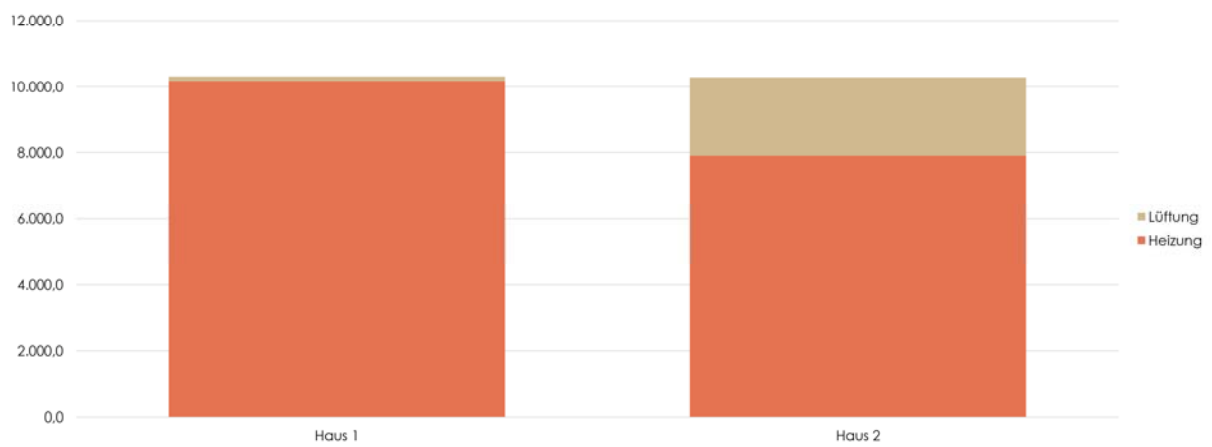


Abbildung 8 Stromverbrauch für Heizung und Lüftung 2015

4.1.4 Stromverbrauch für Heizung und Lüftung 2016 [kWh]

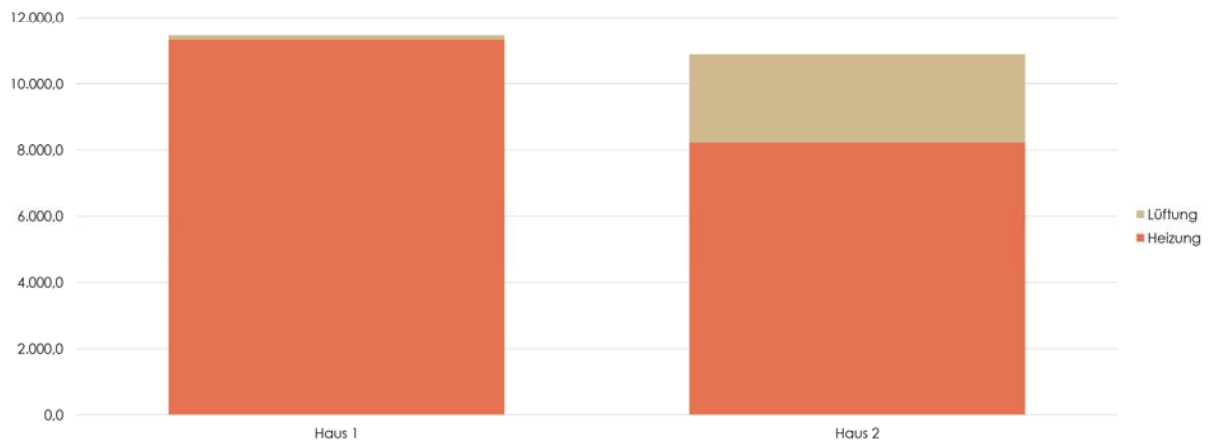


Abbildung 9 Stromverbrauch für Heizung und Lüftung 2015

Der signifikante Unterschied zwischen den Verbrauchswerten für die Lüftung im Niedrigenergie- und im Passivhaus ist auf die differente technische Gebäudeausrüstung innerhalb der Bauwerke zurückzuführen. Während die Lüftung im Niedrigenergiehaus über die Fenster geregelt wird, erfolgt diese im Passivhaus über Raumlufttechnik mit Wärmerückgewinnung. Die angefallenen marginalen Verbräuche im Haus 1 sind der Bad- und WC-Lüftung zuzuschreiben.

Vergleicht man das Niedrigenergiehaus mit dem Passivhaus, so wird ersichtlich, dass der Stromverbrauch für die Heizenergie im Haus 2 geringer ist. Dies ist einerseits auf die hochwertigere thermische Gebäudehülle für den Passivhausstandard zurückzuführen wie beispielsweise eine 3-Scheiben-Isolierverglasung oder spezifische Dämmmaterialien und andererseits auf andere Faktoren wie etwa eine Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung. Letztere wirkt sich jedoch wiederum stark auf den Gesamtenergieverbrauch im Passivhaus aus.

Fasst man die Verbräuche für Heizung und Lüftung zusammen, so lässt sich erkennen, dass die Gesamtstromverbräuche bei beiden Häusern annähernd gleich sind. Das Niedrigenergiehaus erreicht 2013 einen Gesamtstromverbrauch von 11.073,3 kWh und liegt mit knapp 490 kWh höher als das Passivhaus mit 10.584,4 kWh. Auch für das Folgejahr kann ein ähnliches Resultat verzeichnet werden. Dort erreicht das Niedrigenergiehaus einen Gesamtstromverbrauchswert von 8.999,3 kWh und liegt mit 18,5 kWh sogar unter dem Verbrauchswert des Passivhauses mit 9.017,8 kWh. Im Jahr 2015 liegen beide Häuser gerade einmal 25,5 kWh auseinander. Das Niedrigenergiehaus erreicht einen Gesamtstromverbrauchswert von 10.310,3 kWh und das Passivhaus kommt auf 10.284,8 kWh. Im letzten Untersuchungsjahr 2016 beträgt der

Gesamtstromverbrauch von Heizung und Lüftung beim Niedrigenergiehaus 11.466,2 kWh. Im Vergleich dazu, liegt beim Passivhaus der Verbrauch etwas niedriger bei 10.898,0 kWh.

Niedrigenergiehaus Haus 1				Passivhaus Haus 2			
Energieverbrauch pro Jahr [kWh]	Heizung	Lüftung	gesamt	Energieverbrauch pro Jahr [kWh]	Heizung	Lüftung	gesamt
2013	10.936,9	136,4	11.073,3	2013	8.008,9	2.575,5	10.584,4
2014	8.862,9	136,4	8.999,3	2014	6.845,3	2.172,5	9.017,8
2015	10.173,9	136,4	10.310,3	2015	7.904,3	2.380,5	10.284,8
2016	11.329,8	136,4	11.466,2	2016	8237,2	2660,8	10.898,0
Summe 4 Jahre			41.849,10				40.785

Tabelle 8 Energieverbräuche

Aufgrund der Datenlage kann die zentrale Aussage getroffen werden, dass jene kWh, die das Passivhaus an Strom für Heizenergie im Vergleich zum Niedrigenergiehaus einspart, annähernd im selben Verhältnis für die Lüftung gebraucht werden.

Schwankungen zwischen den Jahren sind u.a. auf die unterschiedlichen Außentemperaturen in längeren, kälteren Wintern bzw. kürzeren, wärmeren Wintern zurückzuführen.

4.1.5 Gesamtstromverbrauch 2013 [kWh]

Nachfolgend wird der gesamte Stromverbrauch für Heizung, Lüftung, Warmwasser, Allgemeinflächen, Haushalte und Tiefgarage je Gebäude aufgezeigt und dadurch der Anteil für Heizung und Lüftung am Gesamtstromverbrauch ersichtlich.

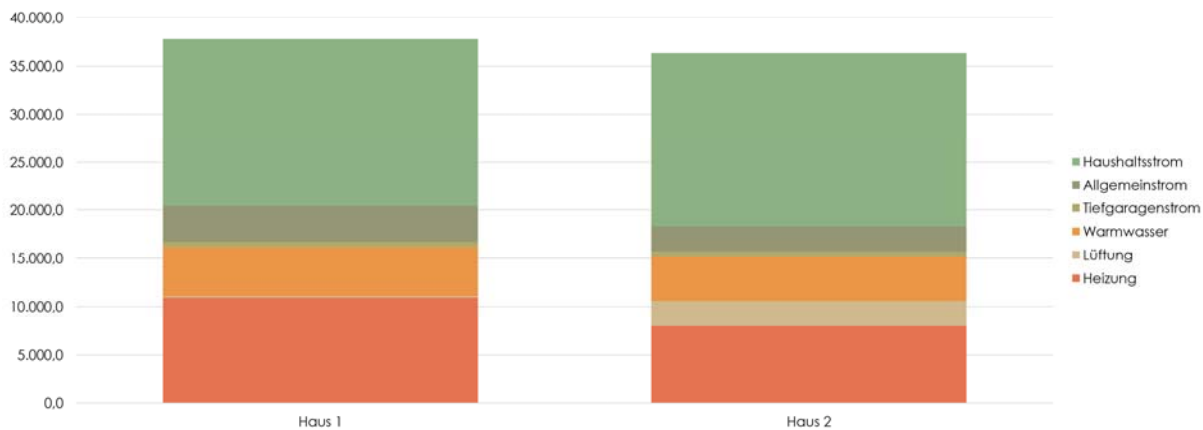


Abbildung 9 Gesamtstromverbrauch 2013

4.1.6 Gesamtstromverbrauch 2014 [kWh]

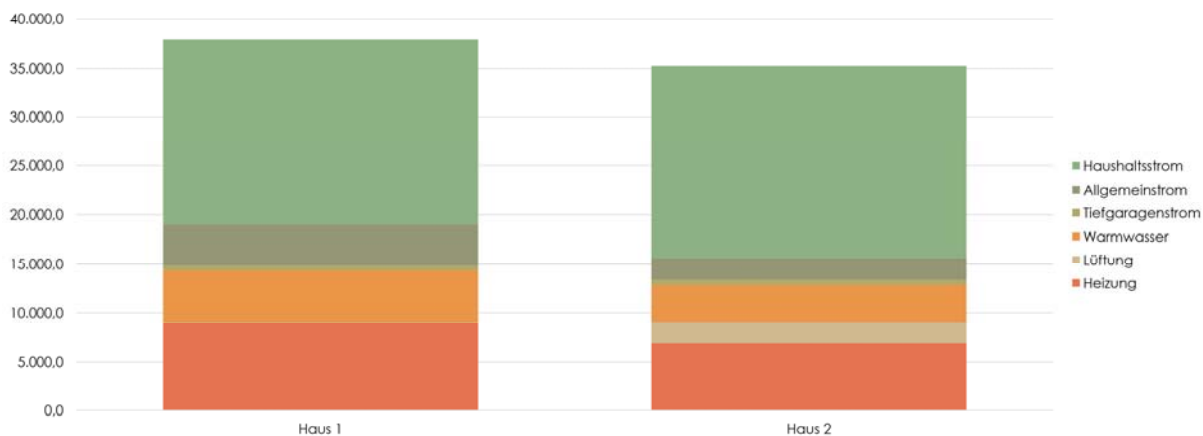


Abbildung 10 Gesamtstromverbrauch 2014

4.1.7 Gesamtstromverbrauch 2015 [kWh]

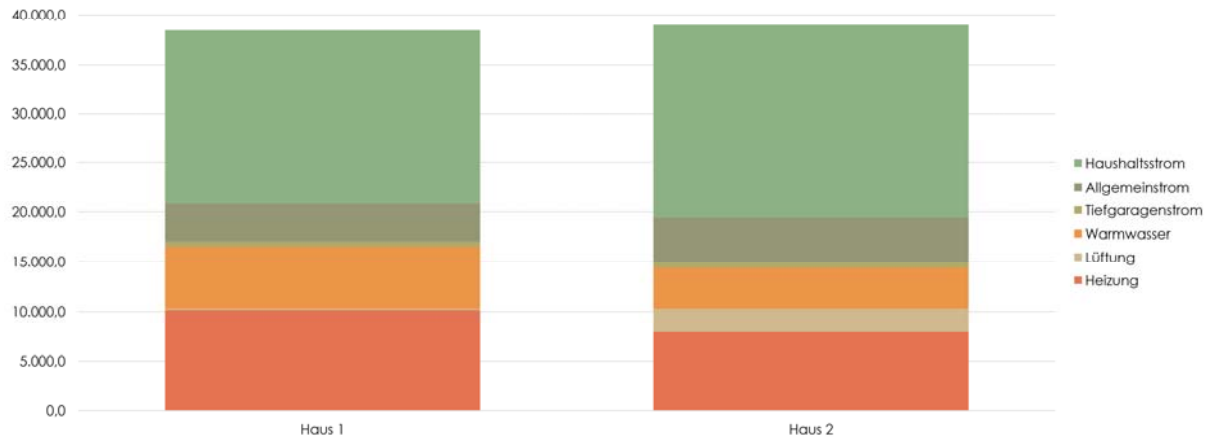


Abbildung 11 Gesamtstromverbrauch 2015

4.1.8 Gesamtstromverbrauch 2016 [kWh]

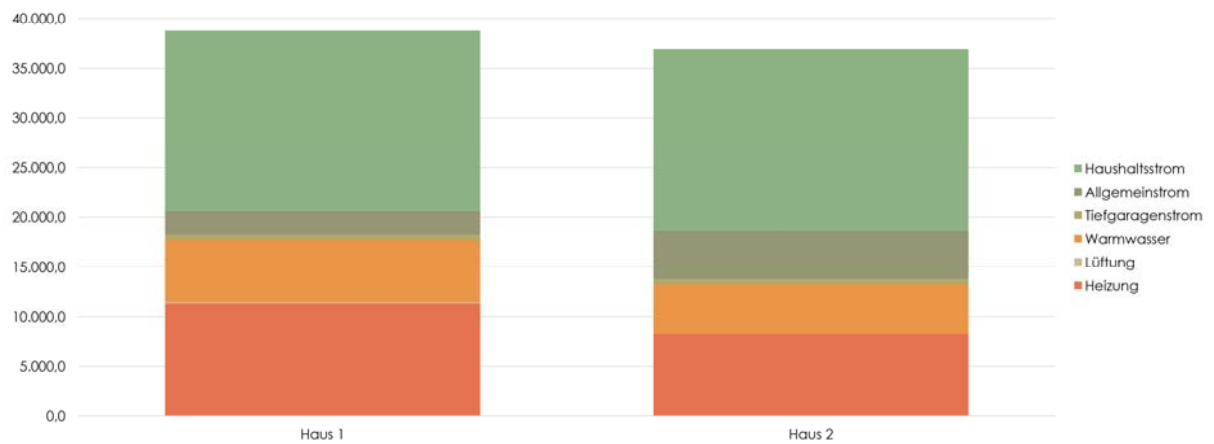


Abbildung 12 Gesamtstromverbrauch 2016

In nachstehender Tabelle sind die Verbrauchswerte der Jahre 2013 bis 2016 ersichtlich:

Verbrauch 2013 [kWh]	Haus 1	Haus 2
Haushaltsstrom	17.349,8	18.044,6
Allgemeinstrom	3.745,8	2.621,5
Tiefgaragenstrom	529,8	529,8
Lüftung	136,4	2.575,5
Heizung	10.936,9	8.008,9
Warmwasser	5.105,2	4.567,7
Gesamt	37.803,9	36.348,0
Verbrauch 2014 [kWh]	Haus 1	Haus 2
Haushaltsstrom	18.875,2	19.640,0
Allgemeinstrom	4.165,2	2.278,2
Tiefgaragenstrom	507,0	507,0
Lüftung	136,4	2.172,5
Heizung	8.862,3	6.845,3
Warmwasser	5.339,5	3.835,8
Gesamt	37.886,2	35.279,0
Verbrauch 2015 [kWh]	Haus 1	Haus 2
Haushaltsstrom	17.586,1	19.562,1
Allgemeinstrom	3.790,4	5.529,9
Tiefgaragenstrom	497,5	497,5
Lüftung	136,4	2.380,5
Heizung	10.173,9	7.904,3
Warmwasser	6.246,6	4.117,3
Gesamt	38.430,9	38.991,6
Verbrauch 2016 [kWh]	Haus 1	Haus 2
Haushaltsstrom	18.148,7	18.266,8
Allgemeinstrom	2.410,1	4.885,0
Tiefgaragenstrom	493,1	493,1
Lüftung	136,4	2.660,8
Heizung	11.329,8	8.237,2
Warmwasser	6.270,2	5.044,2
Gesamt	38.788,3	39.587,1

Tabelle 9 Gesamtenergieverbräuche

Wie die Grafiken und Tabellen zeigen, bewegt sich auch der Gesamtstromverbrauch beider Gebäude in ähnlicher Größenordnung, obwohl mehr als 70 % des Verbrauchs nicht auf die Bauweise zurückzuführen ist. Im Haus 1 wurden für Haushalt, Allgemeinflächen, Tiefgarage, Lüftung, Heizung und Warmwasseraufbereitung im Zeitraum von vier Jahren 152.909 kWh verbraucht, im Haus 2 waren es 150.206 kWh. **Der Anteil des Stromverbrauchs für Heizung und Lüftung am Gesamtstromverbrauch liegt beim Niedrigenergiehaus bei 27,4 %, beim Passivhaus bei 27,2 %.**

4.2 Stromverbrauch Wohnungen

In diesem Teilkapitel werden die jeweiligen Stromverbräuche für Heizung und Lüftung in den einzelnen Wohnungen beider Häuser gegenübergestellt und miteinander verglichen. Des Weiteren soll eine genauere Betrachtung des Verbrauchs pro m² beheizter Nutzfläche in jeder Wohneinheit einschlägigere Ergebnisse liefern.³

4.2.1 Stromverbrauch für Heizung und Lüftung 2013 [kWh]

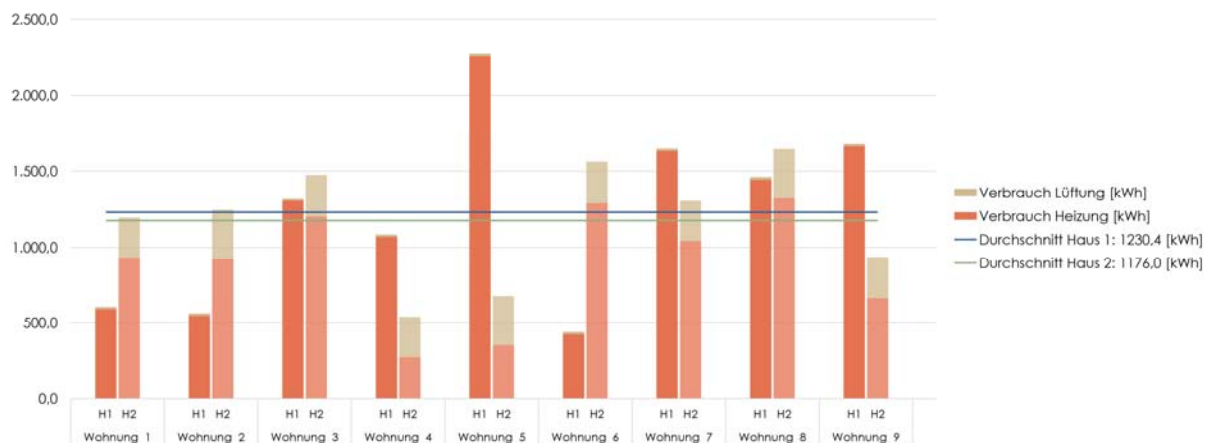


Abbildung 13 Stromverbrauch für Heizung und Lüftung 2013

Stromverbrauch für Heizung und Lüftung 2013 [kWh]

Haus 1				Haus 2			
Top	Heizung [kWh]	Lüftung [kWh]	Gesamt [kWh]	Top	Heizung [kWh]	Lüftung [kWh]	Gesamt [kWh]
1-01	590,8	14,6	605,4	2-01	933,1	262,7	1.195,8
1-02	546,5	16,2	562,6	2-02	923,5	323,0	1.246,5
1-03	1.306,8	11,2	1.318,0	2-03	1.202,1	272,7	1.474,9
1-04	1.069,9	14,6	1.084,5	2-04	276,0	262,7	538,8
1-05	2.260,1	17,8	2.277,9	2-05	354,7	323,0	677,8
1-06	424,6	14,9	439,5	2-06	1.289,5	272,7	1.562,2
1-07	1.632,5	14,6	1.647,1	2-07	1.043,1	262,7	1.305,8
1-08	1.443,3	17,8	1.461,1	2-08	1.322,6	323,0	1.645,7
1-09	1.662,4	14,9	1.677,3	2-09	664,1	272,7	936,9

Tabelle 10 Stromverbrauch für Heizung und Lüftung 2013

³ Die genauen Ergebnisse für jede Wohneinheit können im Anhang entnommen werden

4.2.2 Stromverbrauch für Heizung und Lüftung 2013 pro m² beheizter Nutzfläche [kWh/m²]

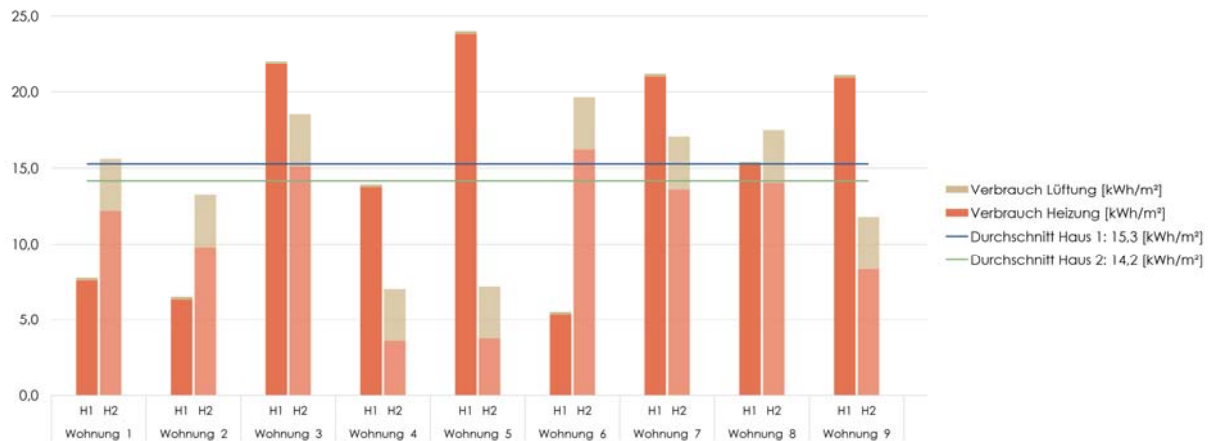


Abbildung 14 Stromverbrauch für Heizung und Lüftung 2013 pro m² beheizter Nutzfläche

Stromverbrauch für Heizung und Lüftung 2013 pro m² beheizter Nutzfläche [kWh/m²]

Haus 1				Haus 2			
Top	Heizung [kWh/m ²]	Lüftung [kWh/m ²]	Gesamt [kWh/m ²]	Top	Heizung [kWh/m ²]	Lüftung [kWh/m ²]	Gesamt [kWh/m ²]
1-01	7,6	0,2	7,8	2-01	12,2	3,4	15,6
1-02	6,3	0,2	6,5	2-02	9,8	3,4	13,2
1-03	21,8	0,2	22,0	2-03	15,1	3,4	18,5
1-04	13,7	0,2	13,9	2-04	3,6	3,4	7,0
1-05	23,8	0,2	24,0	2-05	3,8	3,4	7,2
1-06	5,3	0,2	5,5	2-06	16,2	3,4	19,6
1-07	21,0	0,2	21,2	2-07	13,6	3,4	17,0
1-08	15,2	0,2	15,4	2-08	14,0	3,4	17,5
1-09	20,9	0,2	21,1	2-09	8,4	3,4	11,8

Tabelle 11 Stromverbrauch für Heizung und Lüftung 2013 pro m² beheizter Nutzfläche

Beim Vergleich beider Gebäude fällt sofort ein signifikanter Unterschied zwischen dem Stromverbrauch für Heizung und Lüftung der Wohnung 1-05 und der in Personenanzahl und Größe gleichen Wohnung 2-05 auf. Die Bewohner von Top 1-05 brauchen mit 2.277,9 kWh über drei Mal so viel Energie wie die Bewohner von Top 2-05 mit 677,8 kWh. Pro m² beheizter Nutzfläche bedeutet das ein Verhältnis von 24 kWh/m² zu 7,2 kWh/m².

Zieht man weitere Wohnungen beider Häuser heran, lassen sich ebenfalls starke Unterschiede zwischen den äquivalenten Tops erkennen:

Beispielsweise verbrauchen die Bewohner in Wohnung 6 im Haus 1 mit 439,5 kWh über drei Mal weniger Strom für Heizung und Lüftung als die Bewohner der gleichen Wohnung in Haus 2 mit 1.562,2 kWh. Ähnlich starke Resultate zugunsten des Niedrigenergiehauses weisen auch die Tops 1 und 2 auf. Dort brauchen die Bewohner etwa die Hälfte weniger Energie für Heizung und Lüftung als die Bewohner im Passivhaus.

Vergleicht man wiederum die Gebäude mit den Wohnungen 4 und 9 miteinander, so lassen sich klare Stromverbrauchsunterschiede zugunsten von Haus 2 erkennen. Dort benötigen die Bewohner der jeweiligen Tops mit einem Gesamtstromverbrauch für Heizung und Lüftung etwa halb so viel wie die Bewohner im Niedrigenergiehaus.

Besonders interessant ist auch die Tatsache, dass nicht nur die Verbräuche beim Vergleich der äquivalenten Wohnungen zwischen den Häusern variieren, sondern auch innerhalb der jeweiligen Gebäude stark schwanken. Zum Beispiel lassen sich signifikante Unterschiede in den annähernd gleich großen Wohnungen Top 1, 4, 6, 7 und 9⁴ untereinander festmachen, wie auch bei den Tops 5 und 8⁵. Um genaue Vergleiche ziehen zu können – vor allem bei Wohnungen mit gleicher Personenanzahl und unterschiedlicher Wohnnutzfläche, wie Top 2 und 3 – führen die Verbräuche pro m² Wohnnutzfläche zu relevanten Ergebnissen.

Trotz des großen Unterschieds auf Wohnungsebene wirkt sich dies kaum auf den durchschnittlichen Verbrauch beider Gebäude aus.

⁴ alle zwischen 77m² und 80m² Wohnnutzfläche

⁵ beide etwa 95m² Wohnnutzfläche

4.2.3 Stromverbrauch für Heizung und Lüftung 2014 [kWh]

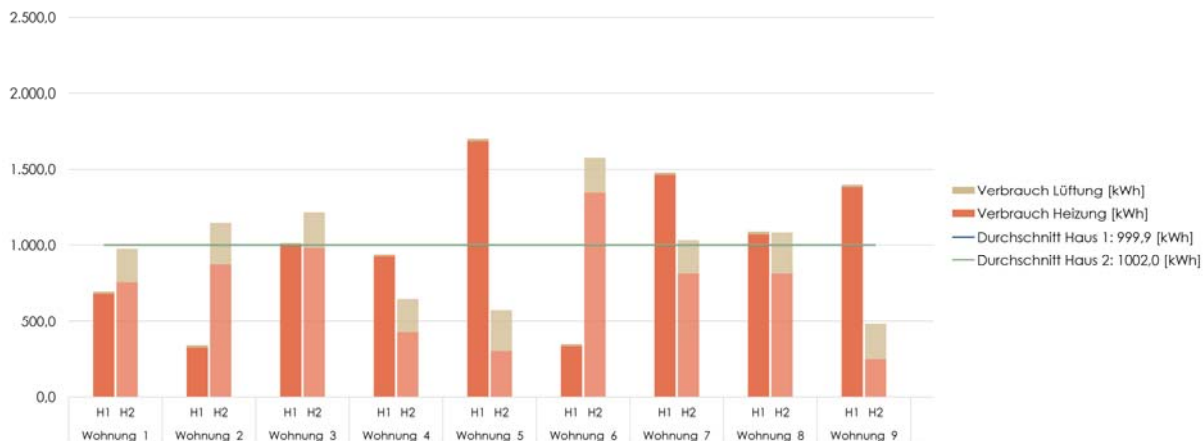


Abbildung 15 Stromverbrauch für Heizung und Lüftung 2014

Stromverbrauch für Heizung und Lüftung 2014 [kWh]

Haus 1				Haus 2			
Top	Heizung [kWh]	Lüftung [kWh]	Gesamt [kWh]	Top	Heizung [kWh]	Lüftung [kWh]	Gesamt [kWh]
1-01	681,3	14,6	695,9	2-01	754,1	221,6	975,7
1-02	324,6	16,2	340,8	2-02	870,4	272,5	1.142,9
1-03	1.002,1	11,2	1.013,3	2-03	982,4	230,1	1.212,5
1-04	921,9	14,6	936,4	2-04	427,1	221,6	648,7
1-05	1.680,7	17,8	1.698,5	2-05	303,1	272,5	575,6
1-06	333,7	14,9	348,6	2-06	1.342,8	230,1	1.572,8
1-07	1.464,4	14,6	1.479,0	2-07	811,0	221,6	1.032,6
1-08	1.070,6	17,8	1.088,4	2-08	811,0	272,5	1.083,5
1-09	1.383,5	14,9	1.398,4	2-09	253,3	230,1	483,4

Tabelle 12 Stromverbrauch für Heizung und Lüftung 2014

4.2.4 Stromverbrauch für Heizung und Lüftung 2014 pro m² beheizter Nutzfläche [kWh/m²]

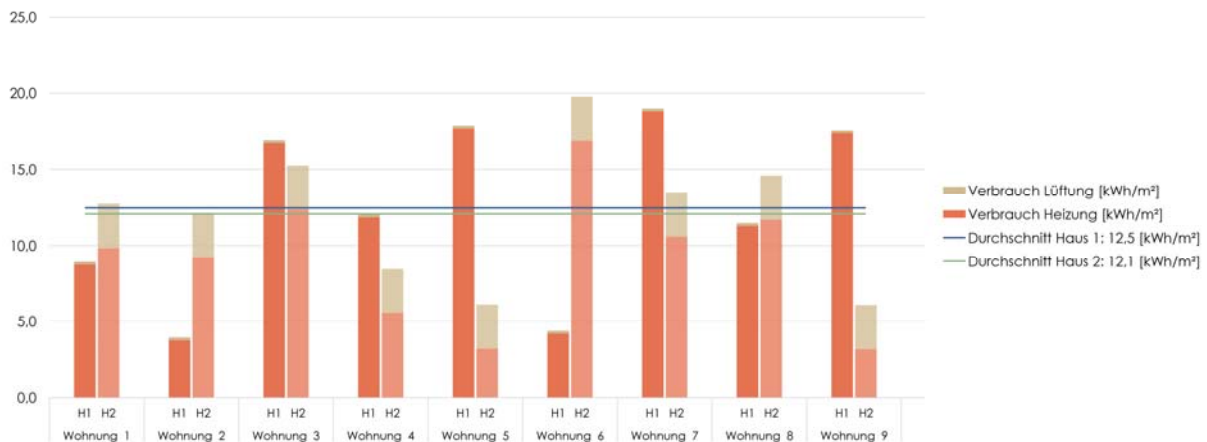


Abbildung 16 Stromverbrauch für Heizung und Lüftung 2014 pro m² beheizter Nutzfläche

Stromverbrauch für Heizung und Lüftung 2014 pro m² beheizter Nutzfläche [kWh/m²]

Haus 1				Haus 2			
Top	Heizung [kWh/m ²]	Lüftung [kWh/m ²]	Gesamt [kWh/m ²]	Top	Heizung [kWh/m ²]	Lüftung [kWh/m ²]	Gesamt [kWh/m ²]
1-01	8,8	0,2	8,9	2-01	9,8	2,9	12,7
1-02	3,8	0,2	3,9	2-02	9,2	2,9	12,1
1-03	16,7	0,2	16,9	2-03	12,4	2,9	15,2
1-04	11,8	0,2	12,0	2-04	5,6	2,9	8,5
1-05	17,7	0,2	17,9	2-05	3,2	2,9	6,1
1-06	4,2	0,2	4,4	2-06	16,9	2,9	19,8
1-07	18,8	0,2	19,0	2-07	10,6	2,9	13,5
1-08	11,3	0,2	11,5	2-08	11,7	2,9	14,6
1-09	17,4	0,2	17,6	2-09	3,2	2,9	6,1

Tabelle 13 Stromverbrauch für Heizung und Lüftung 2014 pro m² beheizter Nutzfläche

Auch im Folgejahr 2014 lassen sich massive Schwankungen im Stromverbrauch für Heizung und Lüftung verzeichnen. Nach wie vor gibt es ein starkes Verbrauchsgefälle von ca. 65% zwischen den Bewohnern in Top 1-05 mit 1.698,5 kWh und den Bewohnern in Top 2-05 mit 575,6 kWh. Ebenso signifikante Unterschiede zwischen den Gebäuden sind bei den Wohnungen 6 und 9 festzustellen. Die Bewohner im Passivhaus brauchen in Top 6 mit 1.572,8 kWh etwa viereinhalb mal so viel Strom für Heizung und Lüftung, wie die Bewohner im äquivalenten Pendant im Niedrigenergiehaus mit 348,6 kWh Verbrauch. Auch Wohnung 9 weist ein ähnliches Ergebnis allerdings zu Gunsten des Passivhauses auf. Jedoch muss hier an dieser Stelle angemerkt werden, dass die Wohnung 2-09 ein halbes Jahr lang leer stand und

erst ab Juni 2014 wieder bewohnt wurde. Daher ist das Ergebnis von 483,4 kWh im Vergleich zu 1.398,4 kWh für Wohnung 1-09 nur bedingt aussagekräftig.

Auch beim Vergleich der in Quadratmeteranzahl ähnlich großen Wohnungen innerhalb der einzelnen Gebäude lassen sich starke Verbrauchsunterschiede festhalten. Nach wie vor gut ablesbar ist diese Differenz bei den Wohnungen 1, 4, 6, 7 und 9 sowie bei den Tops 5 und 8.

4.2.5 Stromverbrauch für Heizung und Lüftung 2015 [kWh]

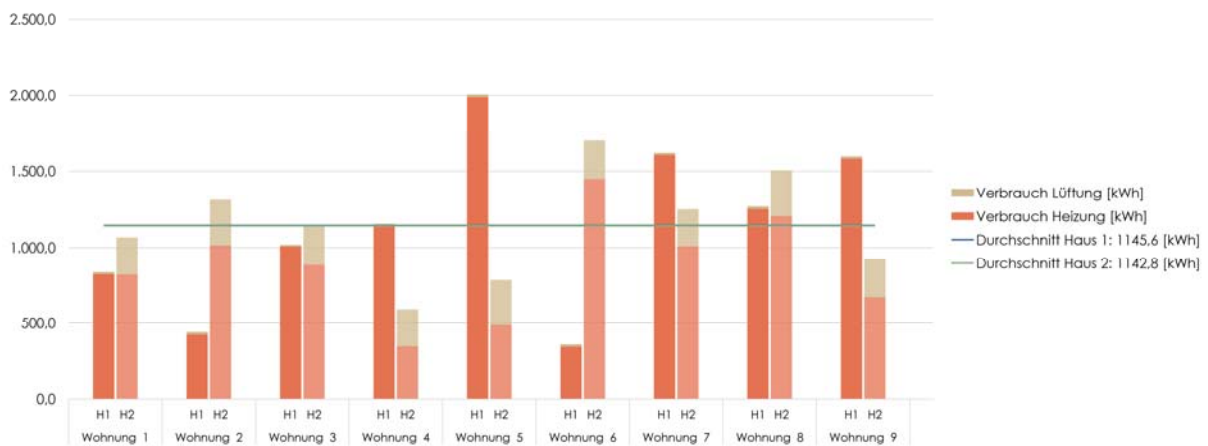


Abbildung 17 Stromverbrauch für Heizung und Lüftung 2015

Stromverbrauch für Heizung und Lüftung 2015 [kWh]

Haus 1				Haus 2			
Top	Heizung [kWh]	Lüftung [kWh]	Gesamt [kWh]	Top	Heizung [kWh]	Lüftung [kWh]	Gesamt [kWh]
1-01	824,5	14,6	836,1	2-01	824,1	242,8	1.066,9
1-02	424,5	16,2	440,7	2-02	1.015,5	298,6	1.314,1
1-03	1.007,5	11,2	1.018,7	2-03	888,0	252,1	1.140,1
1-04	1.141,3	14,6	1.155,9	2-04	348,4	242,8	591,2
1-05	1.989,3	17,8	2.007,1	2-05	488,0	298,6	786,6
1-06	345,5	14,9	360,4	2-06	1.450,6	252,1	1.702,7
1-07	1.605,8	14,6	1.620,4	2-07	1.009,2	242,8	1.252,0
1-08	1.252,4	17,8	1.270,2	2-08	1.207,9	298,6	1.506,5
1-09	1.583,1	14,9	1.598,0	2-09	672,5	252,1	924,6

Tabelle 14 Stromverbrauch für Heizung und Lüftung 2015

4.2.6 Stromverbrauch für Heizung und Lüftung 2015 [kWh/m²]

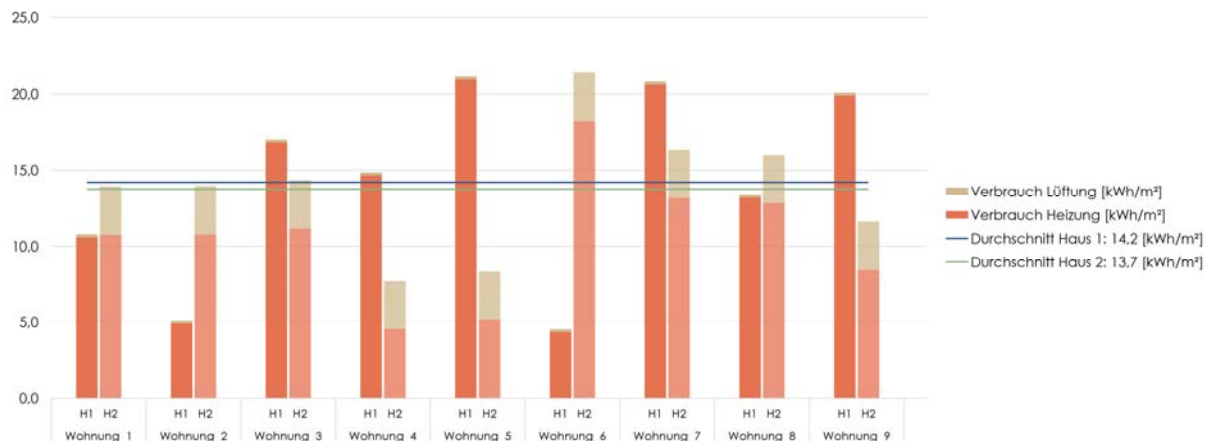


Abbildung 18 Stromverbrauch für Heizung und Lüftung 2015 pro m² beheizter Nutzfläche

Stromverbrauch für Heizung und Lüftung 2015 pro m² beheizter Nutzfläche [kWh/m²]

Haus 1				Haus 2			
Top	Heizung [kWh/m ²]	Lüftung [kWh/m ²]	Gesamt [kWh/m ²]	Top	Heizung [kWh/m ²]	Lüftung [kWh/m ²]	Gesamt [kWh/m ²]
1-01	10,6	0,2	10,8	2-01	10,8	3,2	14,0
1-02	4,9	0,2	5,1	2-02	10,8	3,2	14,0
1-03	16,8	0,2	17,0	2-03	11,2	3,2	14,4
1-04	14,7	0,2	14,9	2-04	4,5	3,2	7,7
1-05	21,0	0,2	21,2	2-05	5,2	3,2	8,4
1-06	4,3	0,2	4,5	2-06	18,2	3,2	21,4
1-07	20,6	0,2	20,8	2-07	13,2	3,2	16,4
1-08	13,2	0,2	13,4	2-08	12,8	3,2	16,0
1-09	19,9	0,2	20,1	2-09	8,5	3,2	11,7

Tabelle 15 Stromverbrauch für Heizung und Lüftung 2015 pro m² beheizter Nutzfläche

Im Jahr 2015 lassen sich die erheblichsten Unterschiede zwischen Wohnung 1-05 und Top 2-05 festmachen. Die Bewohner der letztgenannten Wohnung im Passivhaus verbrauchen mit 786,6 kWh über 2,5 Mal weniger als die Bewohner in der Wohnung im Niedrigenergiehaus. Starke Schwankungen lassen sich auch beim Vergleich der fast identen Wohnung 6 in beiden Häusern erkennen. Obwohl in Top 1-06 drei Personen leben und in Top 2-06 zwei Menschen, verbrauchen die Bewohner im Passivhaus mit 1.702,7 kWh fast fünf Mal so viel wie die Bewohner im Niedrigenergiehaus mit 360,4 kWh. Auch abweichend der gleichen Tops, lassen sich bei den in Quadratmetern ähnlich großen Wohnungen deutliche Unterschiede festhalten: Beispielsweise brauchen die Bewohner des mit Top 1-04 mit 1.155,9 kWh fast drei Mal so viel wie die Bewohner in Top 1-06 mit 360,4 kWh im Niedrigenergiehaus. Ähnliches gilt

auch für die Wohnungen 2-04 und 2-06 im Passivhaus: Während die Bewohner im Top 2-06 mit 1.702,7 kWh etwa doppelt so viel Strom für Heizung und Lüftung verbrauchen, kommen die Bewohner in Top 2-04 auf gerade einmal 591,3 kWh. Ebenso lassen sich starke Verbrauchsunterschiede auch bei den Wohnungen 1, 7 und 9 sowie bei den Tops 5 und 8 erkennen.

4.2.7 Stromverbrauch für Heizung und Lüftung 2016 [kWh]

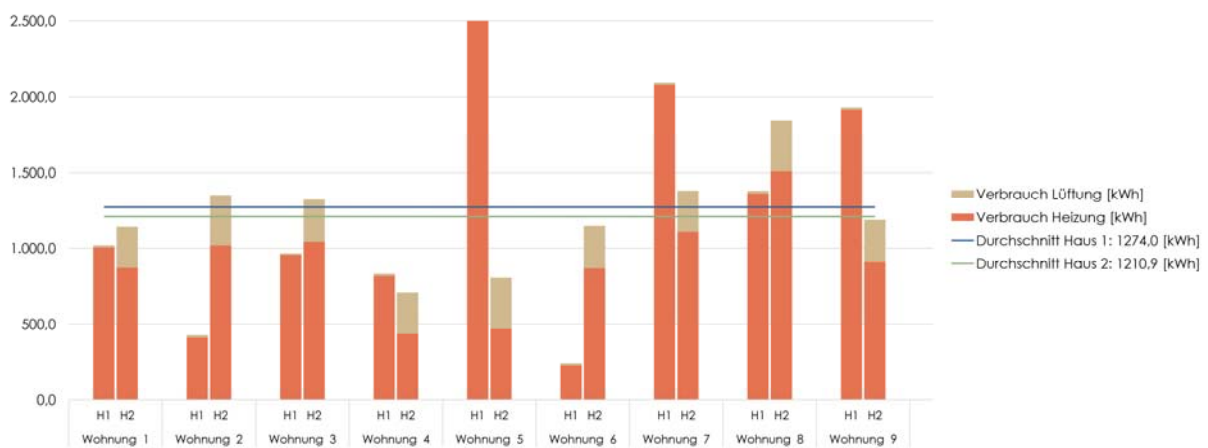


Abbildung 19 Stromverbrauch für Heizung und Lüftung 2016

Stromverbrauch für Heizung und Lüftung 2016 [kWh]

Haus 1				Haus 2			
Top	Heizung [kWh]	Lüftung [kWh]	Gesamt [kWh]	Top	Heizung [kWh]	Lüftung [kWh]	Gesamt [kWh]
1-01	1.005,8	14,6	1.020,4	2-01	871,2	271,4	1.142,6
1-02	412,9	16,2	429,1	2-02	1.019,1	333,7	1.352,8
1-03	955,4	11,2	966,6	2-03	1.042,9	281,8	1.324,7
1-04	817,2	14,6	831,8	2-04	437,2	271,4	708,6
1-05	2.554,6	17,8	2.572,4	2-05	471,3	333,7	805,0
1-06	226,3	14,9	241,2	2-06	867,5	281,8	1.149,3
1-07	2.079,7	14,6	2.094,3	2-07	1.110,2	271,4	1.381,6
1-08	1.362,9	17,8	1.380,7	2-08	1.510,2	333,7	1.843,9
1-09	1.915,1	14,9	1.930,0	2-09	907,6	281,8	1.189,4

Tabelle 16 Stromverbrauch für Heizung und Lüftung 2016

4.2.8 Stromverbrauch für Heizung und Lüftung 2016 [kWh/m²]

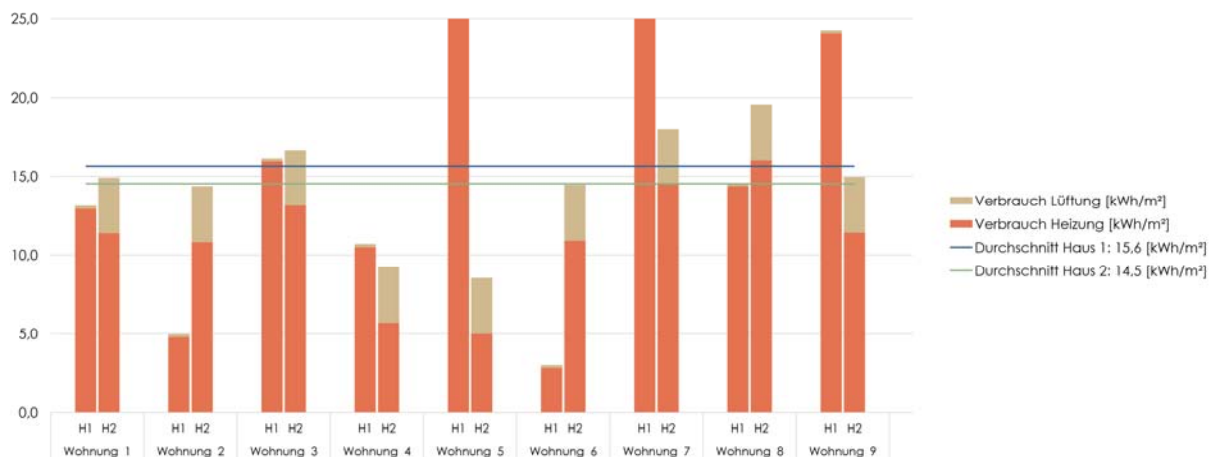


Abbildung 20 Stromverbrauch für Heizung und Lüftung 2016 pro m² beheizter Nutzfläche

Stromverbrauch für Heizung und Lüftung 2016 pro m² beheizter Nutzfläche [kWh/m²]

Haus 1				Haus 2			
Top	Heizung [kWh/m ²]	Lüftung [kWh/m ²]	Gesamt [kWh/m ²]	Top	Heizung [kWh/m ²]	Lüftung [kWh/m ²]	Gesamt [kWh/m ²]
1-01	12,9	0,2	13,1	2-01	11,4	3,5	14,9
1-02	4,8	0,2	5,0	2-02	10,8	3,5	14,3
1-03	16,0	0,2	16,2	2-03	13,1	3,5	16,6
1-04	10,5	0,2	10,7	2-04	5,7	3,5	9,2
1-05	26,9	0,2	27,1	2-05	5,0	3,5	8,5
1-06	2,8	0,2	3,0	2-06	10,9	3,5	14,4
1-07	26,7	0,2	26,9	2-07	14,5	3,5	18,0
1-08	14,4	0,2	14,6	2-08	16,0	3,5	19,5
1-09	24,1	0,2	24,3	2-09	11,4	3,5	14,9

Tabelle 17 Stromverbrauch für Heizung und Lüftung 2016 pro m² beheizter Nutzfläche

2016 lassen sich wie im Vorjahr ähnliche Werte festmachen. Vor allem die Wohnungen 1-05 und 2-05 weisen mit insgesamt 2.572,4 kWh und 805,0 kWh einen signifikanten Unterschied auf. Die Bewohner des Niedrigenergiehauses verbrauchen drei Mal so viel kWh für Heizung und Lüftung wie die Bewohner im Wohnungspendant des Passivhauses. Ebenfalls starke Schwankungen lassen sich in den Wohnungen 1-06 und 2-06 festmachen, wobei in beiden Wohnungen der Verbrauch gesunken ist. Die Wohnung im Niedrigenergiehaus kommt auf einen Heizungs- und Lüftungsverbrauch von 241,2 kWh während die Wohnung im Passivhaus auf einen Verbrauch von 1.149,3 kWh kommt und wie im letzten Jahr mit der gleichen Anzahl an Personen fast fünf Mal so viel Energie benötigt.

Ebenfalls wie im Jahr 2015 lassen sich auch im letzten Untersuchungsjahr bei den in Quadratmetern ähnlich großen Wohnungen deutliche Unterschiede festhalten: Vor allem in den Wohnungen 1-04 und 1-06. Dort brauchen die Bewohner der Wohnung 4 im Niedrigenergiehaus mit 831,8 kWh mehr als drei Mal so viel wie die Bewohner der Wohnung 6 mit 241,2 kWh. Ähnliches gilt auch für die Wohnungen 2-04 und 2-06 im Passivhaus: Während die Bewohner in Wohnung 2-06 mit 1.149,3 kWh etwa doppelt so viel Strom für Heizung und Lüftung verbrauchen, kommen die Bewohner in Top 2-04 auf 708,6 kWh. Ebenso lassen sich starke Verbrauchsunterschiede auch wieder bei den Wohnungen 1, 7 und 9 sowie bei den Tops 5 und 8 erkennen.

Beim Vergleich der verbrauchten Energie für Heizung und Lüftung zwischen einzelnen Wohnungen sind enorme Schwankungen zu erkennen, auch unter Berücksichtigung der unterschiedlichen Wohnungsgrößen und der Haushaltsmitglieder. Das belegt sowohl der Vergleich von äquivalenten Wohnungen in den beiden Häusern als auch jener zwischen Wohnungen innerhalb desselben Gebäudes.

5. Exkurs Nutzerverhalten

Nicht nur im Stromverbrauch für Heizenergie und Lüftung lassen sich starke Schwankungen festmachen, sondern auch bei anderen Verbräuchen wie Haushaltsstrom oder Warmwasser. Die nachfolgenden Tabellen sollen einen Einblick über das Nutzerverhalten im Verbrauch von Haushaltsstrom und Warmwasser geben, um die getätigten Rückschlüsse grafisch zu unterstützen.

5.1 Verbrauch Haushaltsstrom 2013 [kWh]

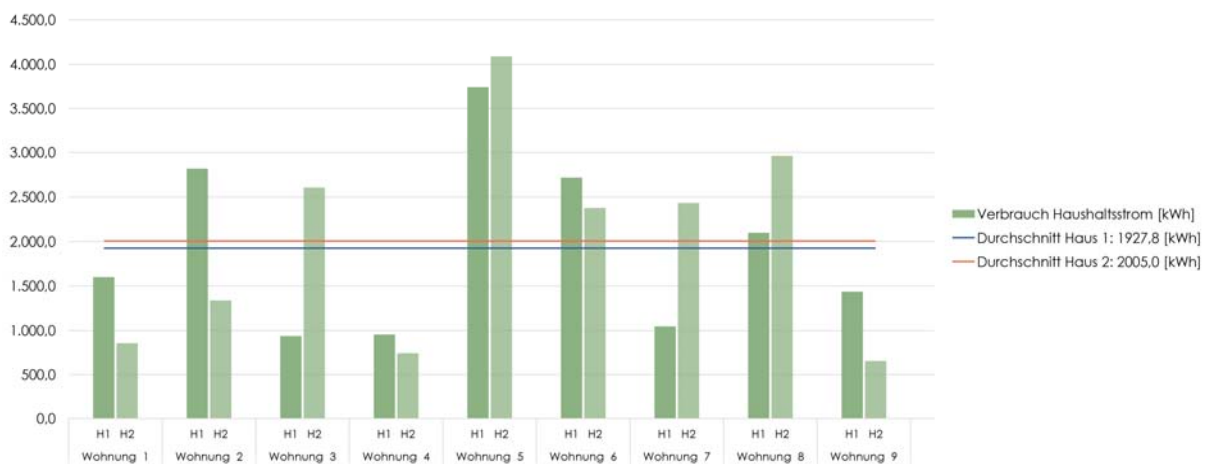


Abbildung 21 Verbrauch Haushaltsstrom 2013

5.2 Verbrauch Haushaltsstrom 2014 [kWh]

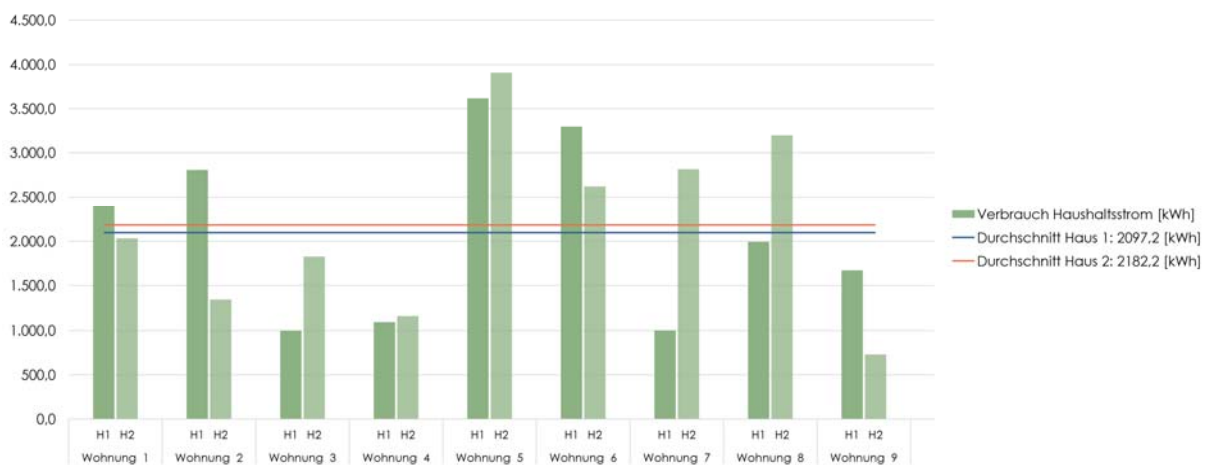


Abbildung 22 Verbrauch Haushaltsstrom 2014

5.3 Verbrauch Haushaltsstrom 2015 [kWh]

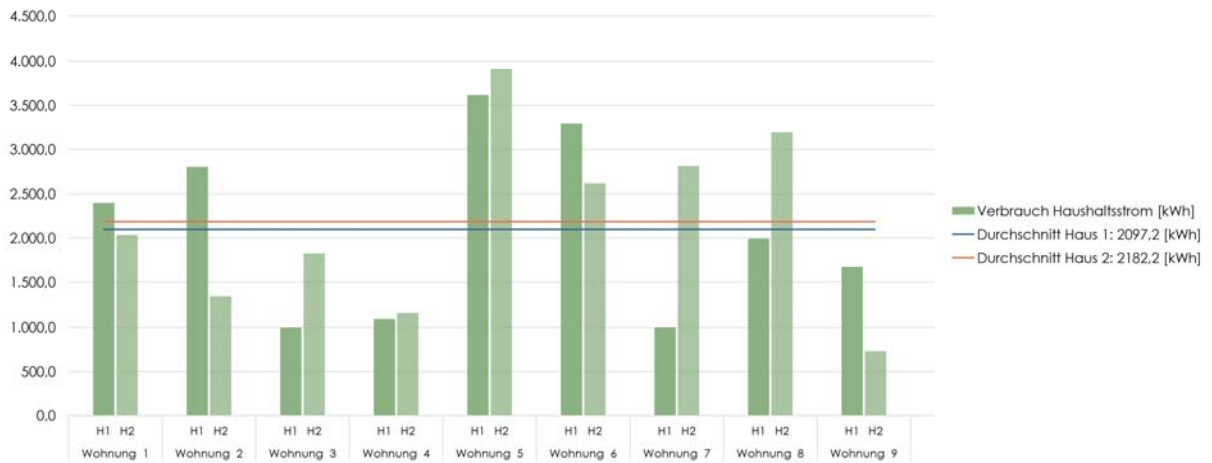


Abbildung 23 Verbrauch Haushaltsstrom 2015

5.4 Verbrauch Haushaltsstrom 2016 [kWh]

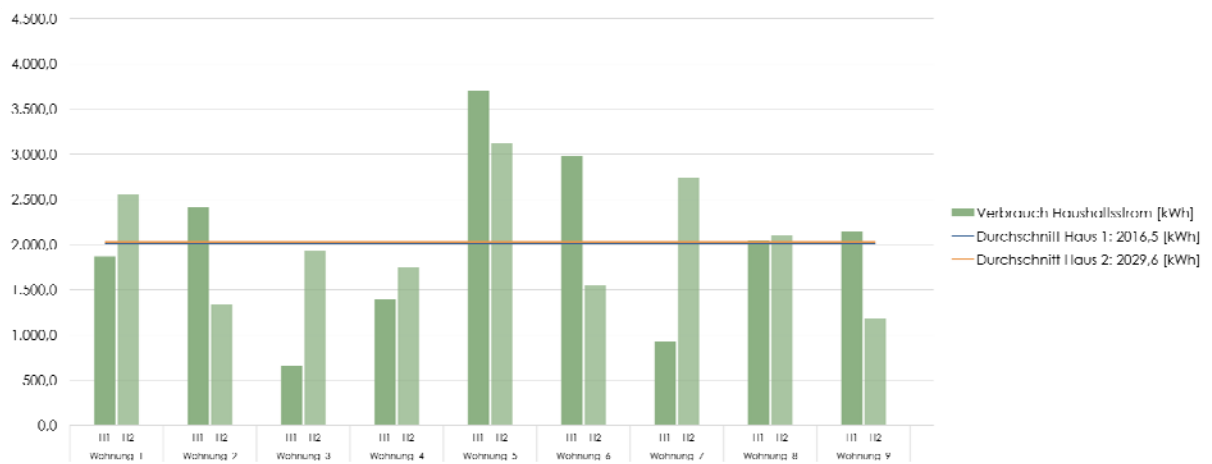


Abbildung 24 Verbrauch Haushaltsstrom 2016

5.5 Verbrauch Warmwasser 2013 [kWh]

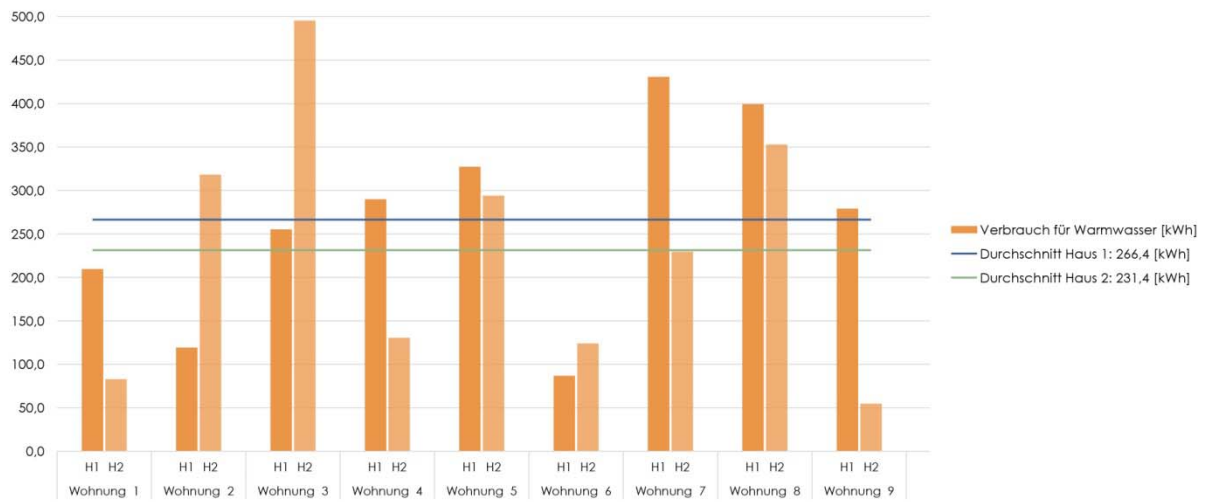


Abbildung 25 Verbrauch Warmwasser 2013

5.6 Verbrauch Warmwasser 2014 [kWh]

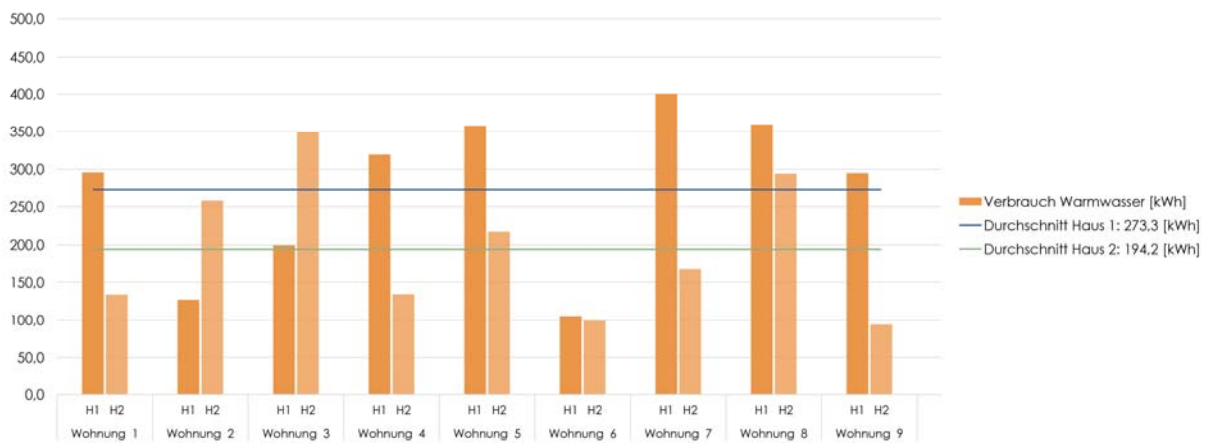


Abbildung 26 Verbrauch Warmwasser 2014

5.7 Verbrauch Warmwasser 2015 [kWh]

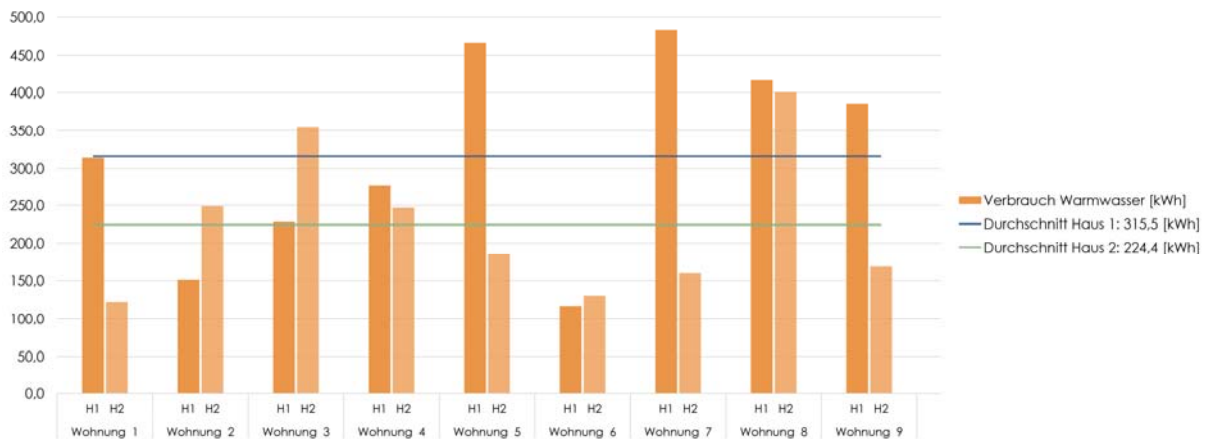


Abbildung 27 Verbrauch Warmwasser 2015

5.8 Verbrauch Warmwasser 2016 [kWh]

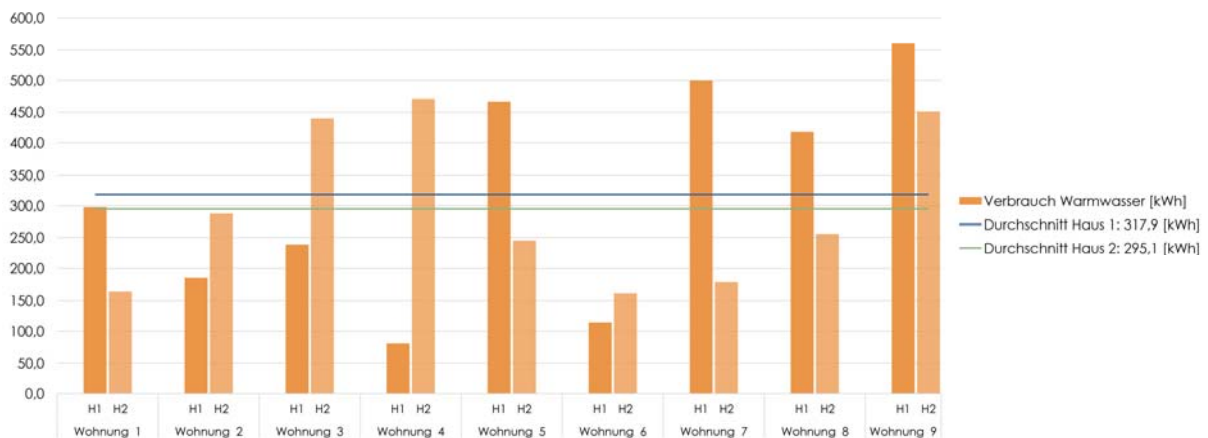


Abbildung 28 Verbrauch Warmwasser 2016

Es zeigt sich, dass weniger das haustechnische System oder die Bauweise die ausschlaggebenden Größen für den Energiebedarf sind, sondern das Nutzerverhalten der Bewohner. Die Schwankungen sind nicht nur beim Heizenergieverbrauch hoch, sondern auch beim Haushaltsstrom-, Kalt- und Warmwasserverbrauch. In beiden Häusern sind Viel- und Wenig-Verbraucher in den Wohnungen anzutreffen, die sich aber nicht pauschal kategorisieren lassen können, denn Viel-Verbraucher bei der Heizung müssen nicht unbedingt auch viel Wasser verbrauchen. Dasselbe gilt auch umgekehrt für die Wenig-Verbraucher. Neben dem Nutzerverhalten sind auch andere Faktoren wie Personenanzahl,

Anwesenheitszeiten, Nutzung fremder Einrichtungen, Raumtemperatur, Lüftungsverhalten, Nutzung interner Lasten und solarer Gewinne ebenfalls von großer Bedeutung.

6. Exkurs Behaglichkeit

Zur Beurteilung der Behaglichkeit wurden im Jahr 2016 in jeweils zwei vergleichbaren Wohnungen des Niedrigenergiehauses und des Passivhauses die Werte für Temperatur, Luftfeuchtigkeit und CO₂ im Wohnbereich gemessen und miteinander verglichen.

6.1 Temperatur [°C] im Wohnbereich

Minimal

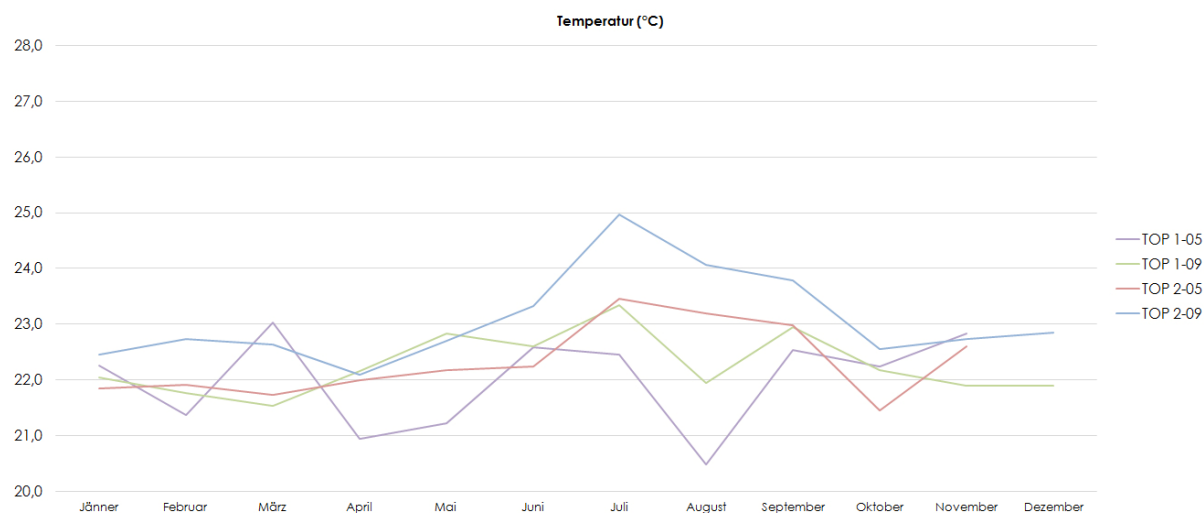


Abbildung 29 Temperatur im Wohnbereich - minimal

Maximal

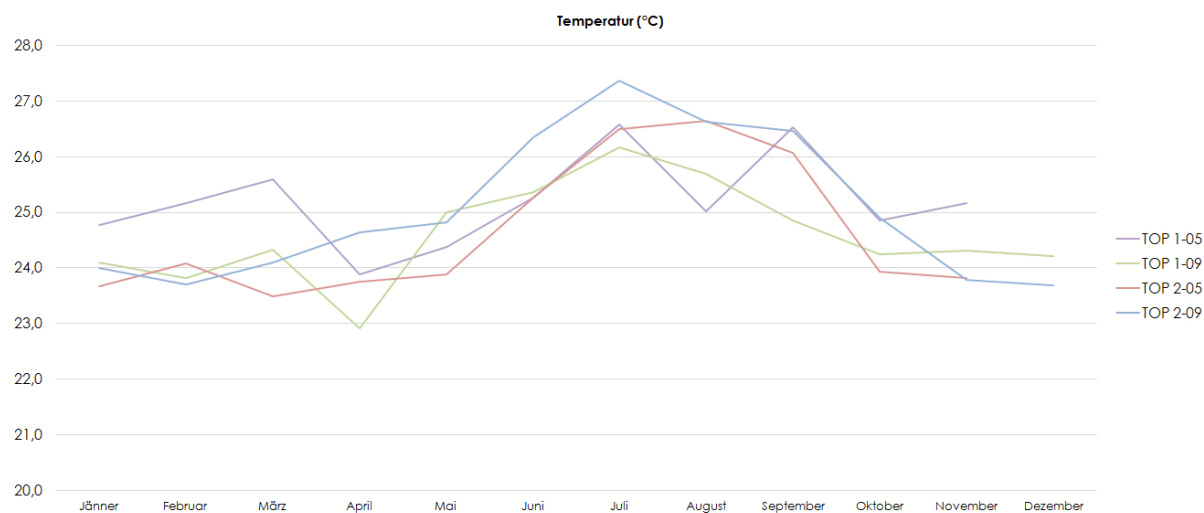


Abbildung 30 Temperatur im Wohnbereich - maximal

Durchschnitt

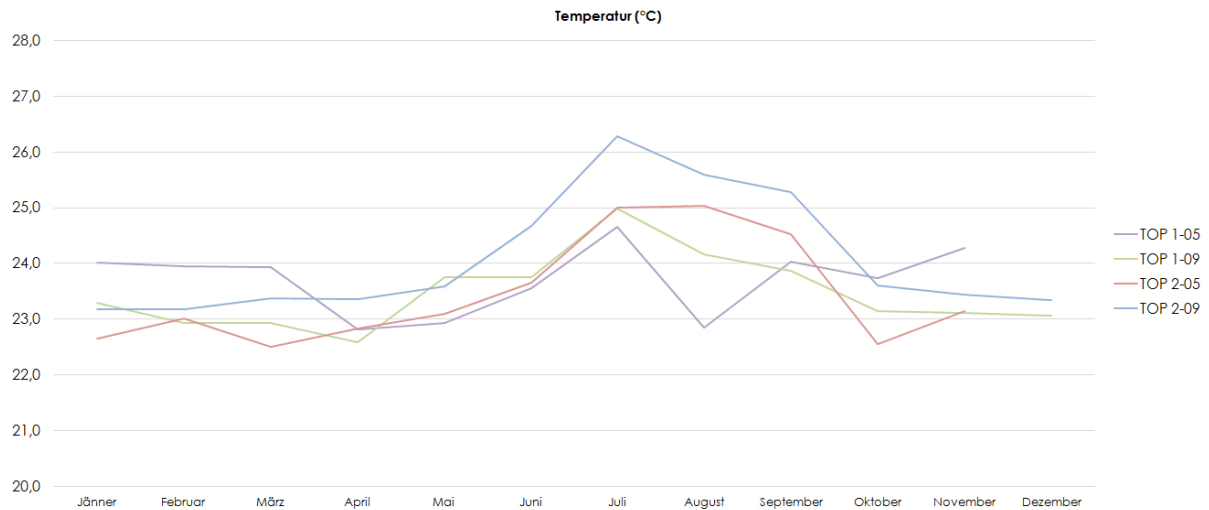


Abbildung 31 Temperatur im Wohnbereich - Durchschnitt

Die vier verglichenen Wohnungen liegen im Durchschnitt in einem ähnlichen Temperaturkorridor.

- Bandbreite Temperatur Heizperiode: 22 – 24 °C
- Bandbreite Temperatur Sommermonate: 24 – 26 °C

Werden die Minimal- und Maximalwerte betrachtet, fällt die Abweichung zum Durchschnitt mit ca. 1 °C sehr gering aus:

- geringster Wert ca. 21 °C (Top 1-05)
- höchster Wert ca. 27 °C (Top 2-09)

6.2 Luftfeuchtigkeit [%] im Wohnbereich

Minimal

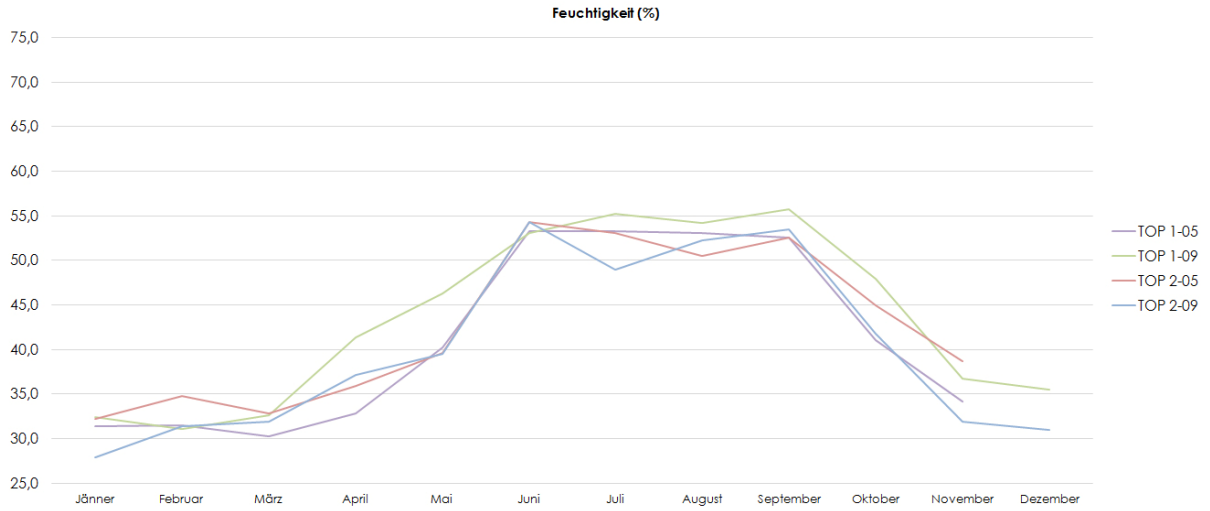


Abbildung 32 Luftfeuchtigkeit im Wohnbereich - minimal

Maximal

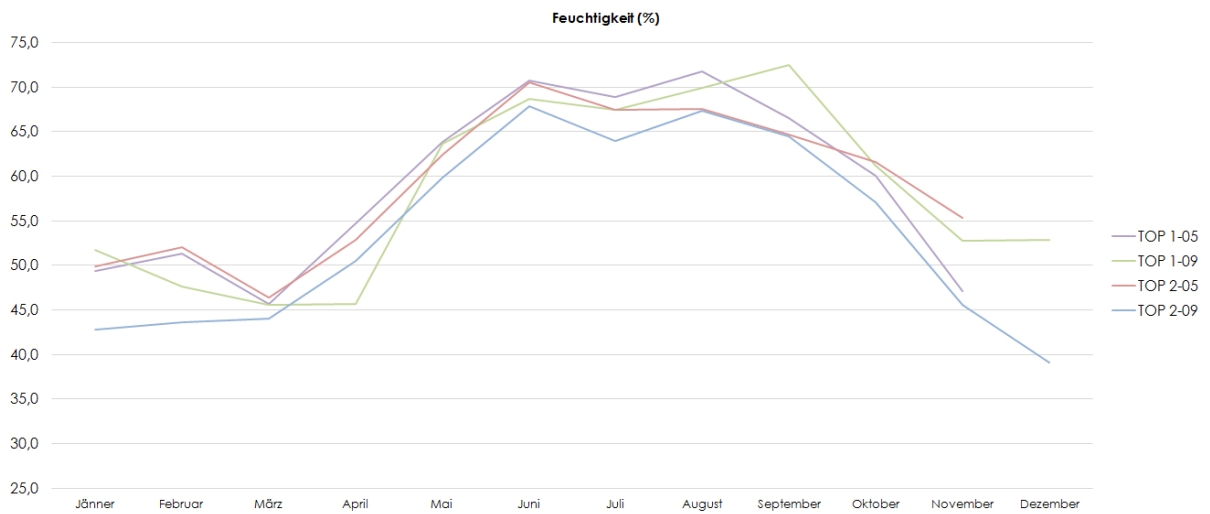


Abbildung 33 Luftfeuchtigkeit im Wohnbereich - maximal

Durchschnitt

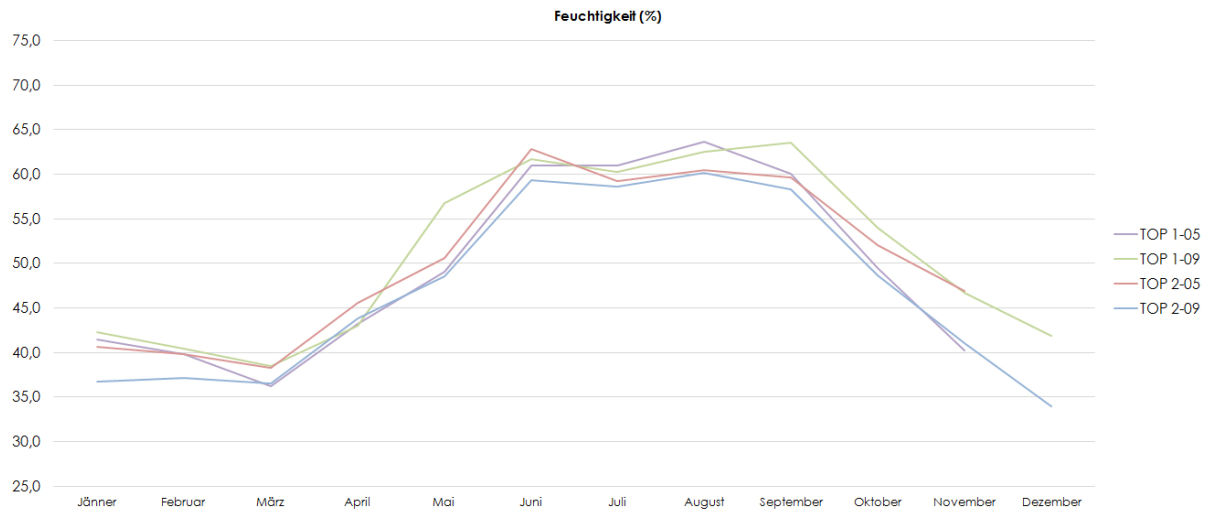


Abbildung 34 Luftfeuchtigkeit im Wohnbereich - Durchschnitt

Die vier verglichenen Wohnungen liegen im Durchschnitt in einem ähnlichen Luftfeuchtigkeitskorridor.

- Bandbreite Luftfeuchtigkeit Heizperiode: 35 – 45 %
- Bandbreite Luftfeuchtigkeit Sommermonate: 55 – 65 %

Werden die Minimal- und Maximalwerte betrachtet, fällt die Abweichung zum Durchschnitt mit ca. 5 % sehr gering aus:

- geringster Wert ca. 30 % (Top 2-09)
- höchster Wert ca. 70 % (Top 1-09)

6.3 CO₂ [ppm] im Wohnbereich

Minimal

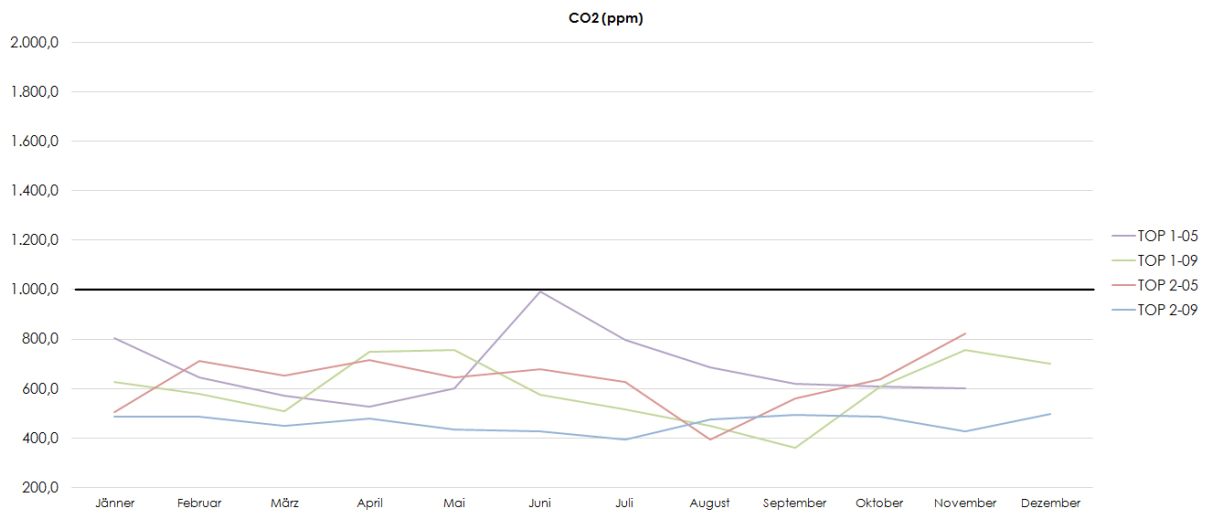


Abbildung 35 CO₂ im Wohnbereich - minimal

Maximal

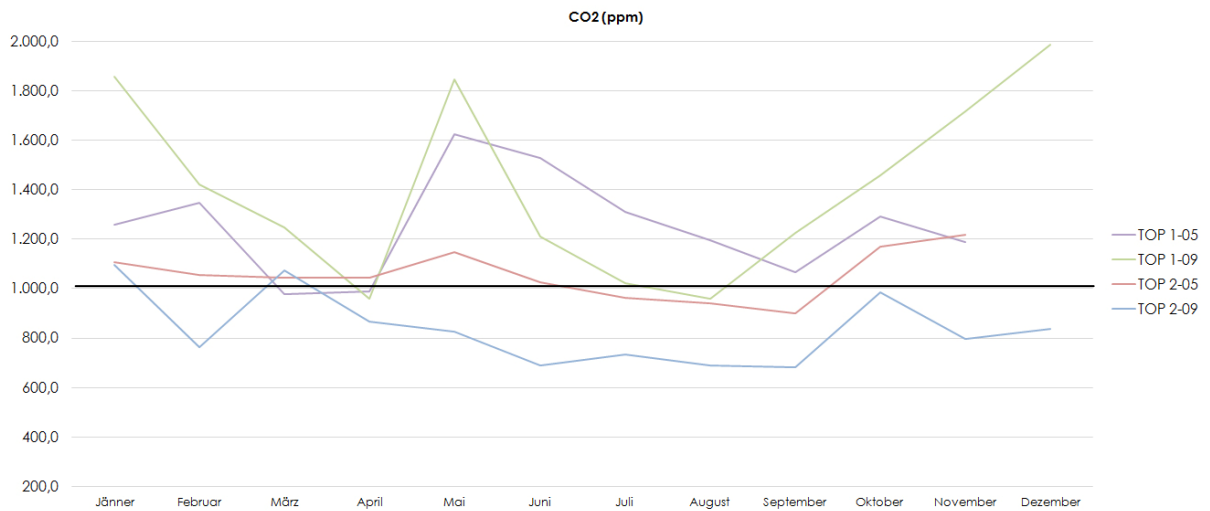


Abbildung 36 CO₂ im Wohnbereich - maximal

Durchschnitt

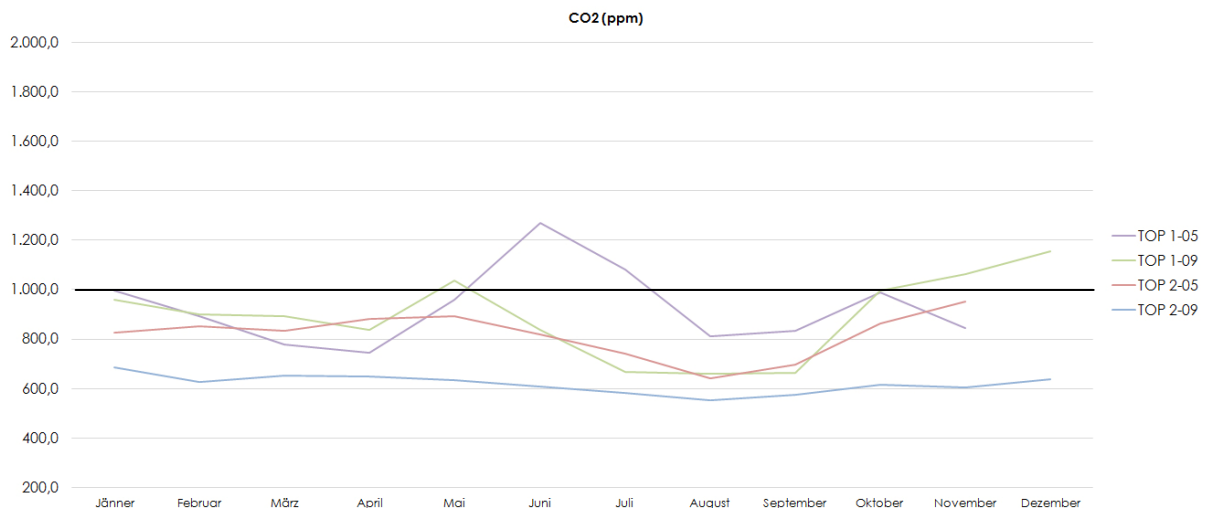


Abbildung 37 CO₂ im Wohnbereich - Durchschnitt

Alle vier verglichenen Wohnungen liegen im Durchschnitt in einem ähnlichen CO₂-Korridor.

- Bandbreite CO₂: 600 – 1.000 ppm

Werden die Minimal- und Maximalwerte betrachtet, wird jedoch ersichtlich, dass das Lüftungsverhalten im Niedrigenergiehaus einen erheblichen Einfluss auf die CO₂-Konzentration hat:

- geringster Wert ca. 400 ppm (Top 1-09)
- höchster Wert ca. 1.800 ppm (Top 1-09)

Alle vier betrachteten Wohnungen weisen unter Berücksichtigung der Temperatur, der Luftfeuchtigkeit sowie des CO₂-Gehalts eine hohe Behaglichkeit auf. Im Niedrigenergiehaus schwankt die CO₂-Konzentration stärker, abhängig von Lüftungsintervallen. Im Passivhaus ist sie konstant niedrig.

7. Zusammenfassung

Mit der Gegenüberstellung von zwei baulich annähernd identen Gebäuden werden die Auswirkungen der Passivhausbauweise auf den Energieverbrauch im Vergleich zum Niedrigenergiehaus an ein und demselben Standort, mit annähernd gleichen Baukörpern (geringe Flächendifferenz wird berücksichtigt) und in identer Bauweise, mit gut gedämmter Gebäudehülle aufgezeigt. Als Energieträger für Heizung und Lüftung dient Strom, wodurch keine Umrechnung mit Faktoren erforderlich sondern die Verarbeitung der tatsächlich gemessenen Verbräuche möglich ist.

Aufgrund der Datenlage, kann die zentrale Aussage getroffen werden, dass jene kWh, die das Passivhaus an Strom für Heizenergie im Vergleich zum Niedrigenergiehaus einspart, annähernd im selben Verhältnis für die Lüftung gebraucht werden.

Der Anteil des Stromverbrauchs für Heizung und Lüftung am Gesamtstromverbrauch liegt beim Niedrigenergiehaus bei 27,4 %, beim Passivhaus bei 27,2 %.

Beim Vergleich der verbrauchten Energie für Heizung und Lüftung zwischen einzelnen Wohnungen sind enorme Schwankungen zu erkennen, auch unter Berücksichtigung der unterschiedlichen Wohnungsgrößen und der Haushaltsmitglieder. Das belegt sowohl der Vergleich von äquivalenten Wohnungen in den beiden Häusern als auch jener zwischen Wohnungen innerhalb desselben Gebäudes.

Es zeigt sich, dass weniger das haustechnische System oder die Bauweise die ausschlaggebenden Größen für den Energiebedarf sind, sondern das Nutzerverhalten der Bewohner. Die Schwankungen sind nicht nur beim Heizenergieverbrauch hoch, sondern auch beim Haushaltsstrom-, Kalt- und Warmwasserverbrauch. In beiden Häusern sind Viel- und Wenig-Verbraucher in den Wohnungen anzutreffen, die sich aber nicht pauschal kategorisieren lassen, denn Viel-Verbraucher bei der Heizung müssen nicht unbedingt auch viel Wasser verbrauchen. Dasselbe gilt auch umgekehrt für die Wenig-Verbraucher. Neben dem Nutzerverhalten sind auch andere Faktoren wie Personenanzahl, Anwesenheitszeiten, Nutzung fremder Einrichtungen, Raumtemperatur, Lüftungsverhalten, Nutzung interner Lasten und solarer Gewinne ebenfalls von großer Bedeutung.

Die vier in Bezug auf Behaglichkeit betrachteten Wohnungen weisen unter Berücksichtigung der Temperatur, der Luftfeuchtigkeit sowie des CO₂-Gehalts eine hohe Behaglichkeit auf. Im Niedrigenergiehaus schwankt die CO₂-Konzentration stärker, abhängig von Lüftungsintervallen. Im Passivhaus ist sie konstant niedrig.

8. Abkürzungsverzeichnis

BGF.....	Bruttogrundfläche
CO ₂	Kohlenstoffdioxid
EEB.....	Endenergiebedarf
f _{GEE}	Gesamtenergieeffizienzfaktor
g/kWh.....	Gramm pro Kilowattstunde
HEB.....	Heizenergiebedarf
HT.....	Hochpreistarif
HTEB.....	Heiztechnikenergiebedarf
HTEB-RH.....	Heiztechnikenergiebedarf Raumheizung
HTEB-WW.....	Heiztechnikenergiebedarf Warmwasser
HWB.....	Heizwärmebedarf
KG-Nummer.....	Katastralgemeinde-Nummer
kWh/m ² a.....	Kilowattstunden pro Quadratmeter und Jahr
l _c	Charakteristische Länge
LEK.....	Linie europäischer Kriterien
NT.....	Niedrigpreistarif
NEH.....	Niedrigenergiehaus
OIB.....	Österreichisches Institut für Bautechnik
PEB.....	Primärenergiebedarf
PH.....	Passivhaus
SK.....	Standortklima
WP.....	Wärmepumpe
WWWB.....	Warmwasserwärmebedarf
λ.....	spezifische Wärmeleitfähigkeit

9. Glossar

▪ Art der Lüftung

Die Lüftung kann über die Fenster erfolgen oder über eine Raumluftechnik mit Wärmerückgewinnung (RLT mit WRG), also über eine Lüftungsanlage.

▪ Bauweise

Die Bauweise lässt sich in ‚sehr schwer‘, ‚schwer‘, ‚mittelschwer‘ und ‚leicht‘ unterteilen:

- sehr schwere Gebäude: massive Außen- und Innenbauteile
- schwere Gebäude: vorwiegend massive Außen- und Innenbauteile
- mittelschwere Gebäude: Massivbau mit abgehängten Decken und leichten Trennwänden
- leichte Gebäude: Holzbau ohne massive Innenbauteile

▪ Brutto-Grundfläche

Die Brutto-Grundfläche, welche auch als Bruttogeschossfläche oder Bruttogrundrissfläche bekannt ist, stellt die Summe aller Flächen inklusive Wände dar.

▪ Brutto-Volumen (VB)

Dieser Wert ergibt sich aus der Summe der Brutto-Rauminhalte aller beheizten Räume.

▪ Charakteristische Länge (lc)

Die Charakteristische Länge ist ein Maß für die Gebäudegeometrie und ergibt sich aus dem Verhältnis von beheiztem Brutto-Volumen und der Oberfläche der Gebäudehülle (V_B/A_B).

▪ CO₂

Durch diese Kennzahl ist es möglich, den Anteil umweltfreundlicher Energieträger zu bestimmen. Die Angabe erfolgt in Kilogramm pro Quadratmeter und Jahr ($\text{kg}/\text{m}^2\cdot\text{a}$). Berechnet wird dieser Wert mit Hilfe eines Konversionsfaktors mit den folgenden Werten: für Strom 276, für Erdgas 236, für Biomasse 4, für Heizöl 311 und für Kohle 337.

▪ Endenergiebedarf (EEB)

Diese Kennzahl zeigt neben der Nutzenergie des HWB auch die durch die Energieaufbereitung entstehenden Verluste, wie etwa Verteilungsverluste und entspricht dadurch etwa der von außen zugeführten Energiemenge und wird in $\text{kWh}/\text{m}^2\cdot\text{a}$ angegeben.

- Gebäude-Hüllfläche (AB)

Die Gebäude-Hüllfläche ist die Umfassungsfläche des konditionierten Teils eines Gebäudes, bestehend aus Wänden, Böden, Geschossdecken, Fenstern und Türen.

- Gesamtenergieeffizienzfaktor (f_{GEE})

Der Gesamtenergieeffizienzfaktor ergibt sich aus dem Verhältnis von tatsächlichem Endenergiebedarf EEB des Gebäudes und dem EEB-Anforderungswert laut Bauordnung. ($f_{GEE} < 1 \Rightarrow$ Gebäude ist besser als die Mindestanforderung).

- Heizgradtage

Die Heizgradtage geben den Temperaturunterschied zwischen innen und außen an Heiztagen an.

- Heiztage

Gibt die Tagesanzahl an, an denen geheizt werden muss.

- Heizwärmebedarf HWB

Er gibt an, wie viel Kilowattstunden Energie pro Quadratmeter Fläche in einem Jahr [kWh/m².a] für die Raumwärme benötigt wird und ist somit ein Indikator für die energietechnische Qualität der Gebäudehülle. Im Untersuchungszeitraum hat zudem noch die Wärmerückgewinnung aus der Lüftung Berücksichtigung gefunden. Dies wurde mit Einführung der BTV 2017 geändert.

- Kompaktheit (A/V-Verhältnis)

Je geringer das A/V-Verhältnis ist, desto weniger wärmeabgebende Oberflächen weist ein Gebäude im Verhältnis zum Volumen auf. Somit ist die Kompaktheit eine Kennzahl für die Gebäudegeometrie und zugleich auch der Kehrwert der Charakteristischen Länge.

- Klimaregion

Die Region in der sich das Gebäude befindet.

- LEK-Wert

Die „Linie europäischer Kriterien“, kurz LEK, gibt den Wärmeschutz einer Gebäudehülle unter Einbezug der Gebäudegeometrie an und ergibt sich aus der Formel $300 \cdot (U_m / (2 + I_c))$.

- Nutzenergiebedarf (NEB)

Bedarf an Energie für die Raumwärme und das genutzte Warmwasser. Die Einheit sind Kilowattstunden pro Quadratmeter und Jahr, kWh/m².a.

- Norm-Außentemperatur

Die Norm-Außentemperatur ist die kälteste Durchschnittstemperatur im Jahr.

- Primärenergiebedarf PEB

Der Wert PEB [kWh/m².a] bezieht neben dem eigentlichen Energiebedarf auch die Werte der vorgelagerten Prozesse, wie Gewinnung, Umwandlung und Transport des Energieträgers, mit ein. Zur Berechnung muss der Endenergiebedarf für Beleuchtung, Kühlung, Heizung und Warmwasser mit einem Konversionsfaktor multipliziert werden. In Österreich gilt für Strom ein Faktor von 1,91, für Erdgas 1,17, für Biomasse 1,08, für Heizöl 1,23 und für Kohle 1,46.

- Soll-Innentemperatur

Sie ist die Temperatur, welche Gebäude durchschnittlich aufweisen sollen.

- Sommertauglichkeit

Bei Gebäuden mit Nachweis der Sommertauglichkeit, ist eine Überwärmung an Hitzetagen dank einer entsprechenden Bauweise ohne zusätzlichen Energieaufwand vermeidbar.

- U-Wert

Der U-Wert (Wärmedurchgangskoeffizient) ist ein Maß für den Wärmedurchgang durch einen festen Körper (etwa eine Wand) aufgrund eines Temperaturunterschiedes. Je höher der Wert ist, desto schlechter ist die Wärmedämmeigenschaft eines Bauteils.

10. Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1 Energieausweis 2011	7
Abbildung 2 Energieausweis 2008	7
Abbildung 3 Lageplan	10
Abbildung 4 NEH (Haus 1), v.l.n.r. Ansicht Süd-West, Ansicht Süd-Ost	11
Abbildung 5 PH (Haus 2), v.l.n.r. Ansicht Süd-Ost, Ansicht Nord-Ost.....	11
Abbildung 6 Stromverbrauch für Heizung und Lüftung 2013	16
Abbildung 7 Stromverbrauch für Heizung und Lüftung 2014	17
Abbildung 8 Stromverbrauch für Heizung und Lüftung 2015	17
Abbildung 9 Gesamtstromverbrauch 2013	20
Abbildung 10 Gesamtstromverbrauch 2014	20
Abbildung 11 Gesamtstromverbrauch 2015	21
Abbildung 12 Gesamtstromverbrauch 2016	21
Abbildung 13 Stromverbrauch für Heizung und Lüftung 2013	23
Abbildung 14 Stromverbrauch für Heizung und Lüftung 2013 pro m ² beheizter Nutzfläche	24
Abbildung 15 Stromverbrauch für Heizung und Lüftung 2014	26
Abbildung 16 Stromverbrauch für Heizung und Lüftung 2014 pro m ² beheizter Nutzfläche	27
Abbildung 17 Stromverbrauch für Heizung und Lüftung 2015	28
Abbildung 18 Stromverbrauch für Heizung und Lüftung 2015 pro m ² beheizter Nutzfläche	29
Abbildung 19 Stromverbrauch für Heizung und Lüftung 2016	30
Abbildung 20 Stromverbrauch für Heizung und Lüftung 2016 pro m ² beheizter Nutzfläche	31
Abbildung 21 Verbrauch Haushaltsstrom 2013	33
Abbildung 22 Verbrauch Haushaltsstrom 2014	33
Abbildung 23 Verbrauch Haushaltsstrom 2015	34
Abbildung 24 Verbrauch Haushaltsstrom 2016	34
Abbildung 25 Verbrauch Warmwasser 2013	35
Abbildung 26 Verbrauch Warmwasser 2014	35
Abbildung 27 Verbrauch Warmwasser 2015	36
Abbildung 28 Verbrauch Warmwasser 2016	36
Abbildung 29 Temperatur im Wohnbereich - minimal.....	38
Abbildung 30 Temperatur im Wohnbereich - maximal	38
Abbildung 31 Temperatur im Wohnbereich - Durchschnitt	39
Abbildung 32 Luftfeuchtigkeit im Wohnbereich - minimal.....	40
Abbildung 33 Luftfeuchtigkeit im Wohnbereich - maximal.....	40
Abbildung 34 Luftfeuchtigkeit im Wohnbereich - Durchschnitt	41
Abbildung 35 CO ₂ im Wohnbereich - minimal.....	42
Abbildung 36 CO ₂ im Wohnbereich - maximal.....	42

Abbildung 37 CO₂ im Wohnbereich - Durchschnitt 43

11. Tabellenverzeichnis

Tabelle 1 Effizienzklassen8

Tabelle 2 Bauteile oberste Geschossdecke 13

Tabelle 3 Bauteile Außenwand..... 13

Tabelle 4 Bauteile Decke über Keller 14

Tabelle 5 energierelevante Daten 14

Tabelle 6 Anzahl der Bewohner 15

Tabelle 7 beheizte Nutzfläche 15

Tabelle 8 Energieverbräuche 19

Tabelle 9 Gesamtenergieverbräuche 22

Tabelle 10 Stromverbrauch für Heizung und Lüftung 2013..... 23

Tabelle 11 Stromverbrauch für Heizung und Lüftung 2013 pro m² beheizter Nutzfläche 24

Tabelle 12 Stromverbrauch für Heizung und Lüftung 2014..... 26

Tabelle 13 Stromverbrauch für Heizung und Lüftung 2014 pro m² beheizter Nutzfläche 27

Tabelle 14 Stromverbrauch für Heizung und Lüftung 2015..... 28

Tabelle 15 Stromverbrauch für Heizung und Lüftung 2015 pro m² beheizter Nutzfläche 29

Tabelle 16 Stromverbrauch für Heizung und Lüftung 2016..... 30

Tabelle 17 Stromverbrauch für Heizung und Lüftung 2016 pro m² beheizter Nutzfläche 31

12. Anhang

Energieausweis für Wohngebäude - Planung

Objekt WA Lauterach Dorf NEH - BTV 2012

Gebäude (-teil)	Wohnen	Baujahr	2012
Nutzungsprofil	Mehrfamilienhaus	Letzte Veränderung	
Straße	Karl-Höll-Straße 14	Katastralgemeinde	Lauterach
PLZ, Ort	6923 Lauterach	KG-Nummer	91116
Grundstücksnr.	3047/7	Seehöhe	412 m

SPEZIFISCHER KENNWERTE AM GEBÄUDESTANDORT



HWB: Der Heizwärmebedarf beschreibt jene Wärmemenge, die in einem Raum bereitgestellt werden muss, um diesen auf einer normativ geforderten Raumtemperatur (Wohngebäude 20°C) halten zu können.



PEB: Der Primärenergiebedarf für den Betrieb berücksichtigt in Ergänzung zum Endenergiebedarf (EEB) den Energiebedarf aus vorgelagerten Prozessen (Gewinnung, Umwandlung, Verteilung und Speicherung) für die eingesetzten Energieträger.



CO₂: Gesamte dem Endenergiebedarf (EEB) zuzurechnende Kohlendioxidemissionen für den Betrieb des Gebäudes einschließlich der Emissionen aus vorgelagerten Prozessen (Gewinnung, Umwandlung, Verteilung und Speicherung) der eingesetzten Energieträger.



NEB (Nutzenergiebedarf): Energiebedarf für Raumwärme (siehe HWB) und Energiebedarf für das genutzte Warmwasser.



EEB: Gesamter Nutzenergiebedarf (NEB) inklusive der Verluste des haustechnischen Systems und aller benötigten Hilfsenergien, sowie des Strombedarfs für Geräte und Beleuchtung. Der Endenergiebedarf entspricht - unter Zugrundelegung eines normierten Benutzerhaltens - jener Energiemenge, die eingekauft werden muss.



f_{GEE}: Der Gesamtenergieeffizienz-Faktor ist der Quotient aus dem Endenergiebedarf und einem Referenz-Endenergiebedarf (Anforderung 2007).

Alle Werte gelten unter der Annahme eines normierten BenutzerInnenverhaltens. Sie geben den rechnerischen Jahresbedarf je m² beheizter Brutto-Grundfläche am Gebäudestandort an.

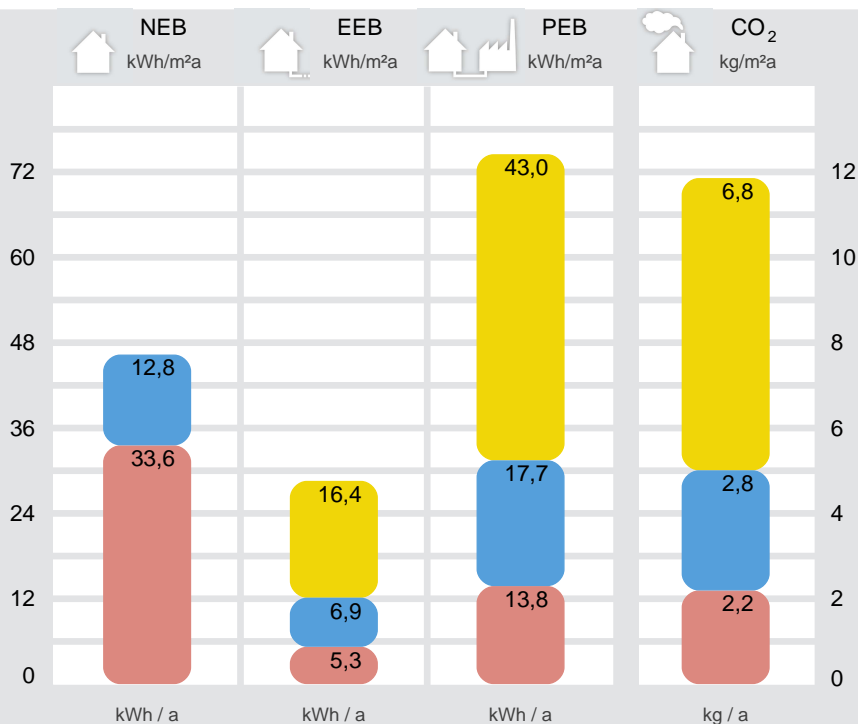
Entwurfsausdruck – der offizielle Energieausweis ist entsprechend der baurechtlichen Vorgaben in Vorarlberg über die Landesplattform zum Energieausweis (www.eawz.at) auszustellen.

Energieausweis für Wohngebäude - Planung

GEBÄUDEKENNDATEN

Brutto-Grundfläche	956 m ²	Klimaregion	W	mittlerer U-Wert	0,36 W/m ² K
Brutto-Volumen	2.942 m ³	Heiztage	193 d	Bauweise	mittelschwer
Gebäude-Hüllfläche	1.332 m ²	Heizgradtage 12/20	3469 Kd	Art der Lüftung	Fensterlüftung
Kompaktheit A/V	0,45 1/m	Norm-Außentemperatur	-11,2 °C	Sommertauglichkeit	nachgewiesen
charakteristische Länge	2,21 m	Soll-Innentemperatur	20 °C	LEK _T -Wert	25,5

ENERGIEBEDARF AM STANDORT



Category	NEB (kWh/a)	EEB (kWh/a)	PEB (kWh/a)	CO ₂ (kg/a)
Beleuchtung und Betrieb ¹ 100% Strom	-	15.709	41.158	6.551
Warmwasser 1% Strom, 48% WP, 51% therm. Solar	12.218	6.614	16.922	2.693
Raumwärme 100% WP	32.116	5.032	13.183	2.098
Gesamt	44.334	27.355	71.263	11.342

¹ österreichischer Mittelwert

ERSTELLT

EAW-Nr.	ErstellerIn	ATRIUM Bauträger GmbH
GWR-Zahl		Landstraße 38
Ausstellungsdatum		6900 Bregenz
Gültig bis	20.09.2013	Stempel und Unterschrift
	Planung	

Energieausweis für Wohngebäude - Planung

Objekt	WA Lauterach Dorf PH - BTV 2012		
Gebäude (-teil)	Wohnen	Baujahr	2012
Nutzungsprofil	Mehrfamilienhaus	Letzte Veränderung	
Straße	Karl-Höll-Straße 14a	Katastralgemeinde	Lauterach
PLZ, Ort	6923 Lauterach	KG-Nummer	91116
Grundstücksnr.	3047/7	Seehöhe	412 m



HWB: Der Heizwärmebedarf beschreibt jene Wärmemenge, die in einem Raum bereitgestellt werden muss, um diesen auf einer normativ geforderten Raumtemperatur (Wohngebäude 20°C) halten zu können.



PEB: Der Primärenergiebedarf für den Betrieb berücksichtigt in Ergänzung zum Endenergiebedarf (EEB) den Energiebedarf aus vorgelagerten Prozessen (Gewinnung, Umwandlung, Verteilung und Speicherung) für die eingesetzten Energieträger.



CO₂: Gesamte dem Endenergiebedarf (EEB) zuzurechnende Kohlendioxidemissionen für den Betrieb des Gebäudes einschließlich der Emissionen aus vorgelagerten Prozessen (Gewinnung, Umwandlung, Verteilung und Speicherung) der eingesetzten Energieträger.



NEB (Nutzenergiebedarf): Energiebedarf für Raumwärme (siehe HWB) und Energiebedarf für das genutzte Warmwasser.



EEB: Gesamter Nutzenergiebedarf (NEB) inklusive der Verluste des haustechnischen Systems und aller benötigten Hilfsenergien, sowie des Strombedarfs für Geräte und Beleuchtung. Der Endenergiebedarf entspricht - unter Zugrundelegung eines normierten Benutzerverhaltens - jener Energiemenge, die eingekauft werden muss.



f_{GEE}: Der Gesamtenergieeffizienz-Faktor ist der Quotient aus dem Endenergiebedarf und einem Referenz-Endenergiebedarf (Anforderung 2007).

Alle Werte gelten unter der Annahme eines normierten BenutzerInnenverhaltens. Sie geben den rechnerischen Jahresbedarf je m² beheizter Brutto-Grundfläche am Gebäudestandort an.

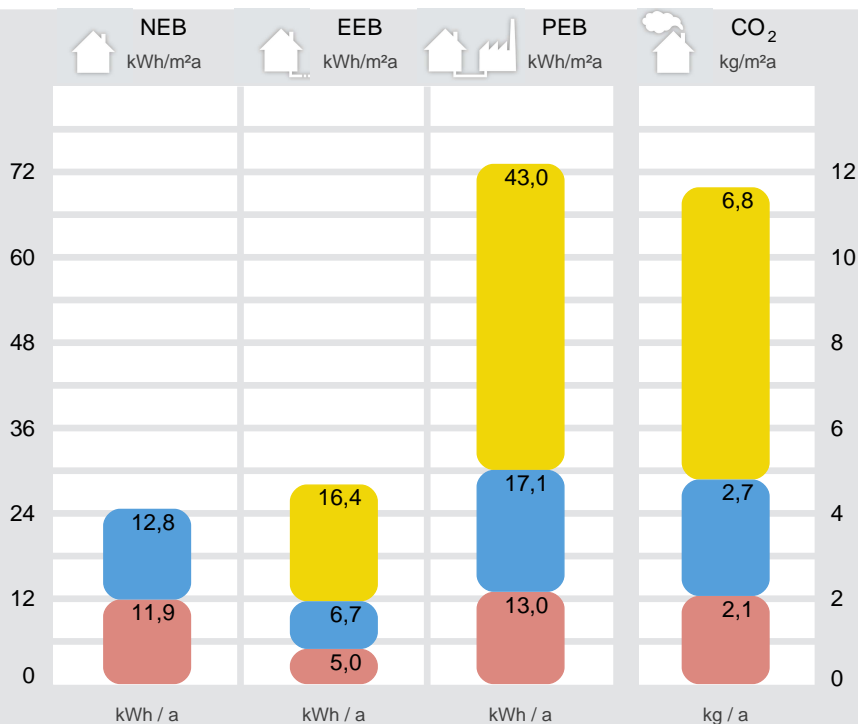
Entwurfsausdruck – der offizielle Energieausweis ist entsprechend der baurechtlichen Vorgaben in Vorarlberg über die Landesplattform zum Energieausweis (www.eawz.at) auszustellen.

Energieausweis für Wohngebäude - Planung

GEBÄUDEKENNDATEN

Brutto-Grundfläche	992 m ²	Klimaregion	W	mittlerer U-Wert	0,28 W/m ² K
Brutto-Volumen	3.097 m ³	Heiztage	136 d	Bauweise	mittelschwer
Gebäude-Hüllfläche	1.347 m ²	Heizgradtage 12/20	3469 Kd	Art der Lüftung	RLT mit WRG
Kompaktheit A/V	0,44 1/m	Norm-Außentemperatur	-11,2 °C	Sommertauglichkeit	nachgewiesen
charakteristische Länge	2,30 m	Soll-Innentemperatur	20 °C	LEK _T -Wert	19,3

ENERGIEBEDARF AM STANDORT



Kategorie	Scenario 1	Scenario 2	Scenario 3	CO ₂ (kg/a)
Beleuchtung und Betrieb ¹ 100% Strom	-	16.296	42.695	6.795
Warmwasser 1% Strom, 45% WP, 55% therm. Solar	12.674	6.650	17.013	2.708
Raumwärme 100% WP	11.800	4.919	12.889	2.051
Gesamt	24.474	27.865	72.597	11.554

¹ österreichischer Mittelwert

ERSTELLT

EAW-Nr.		ErstellerIn	ATRIUM Bauträger GmbH
GWR-Zahl			Landstraße 38
Ausstellungsdatum	20.09.2013		6900 Bregenz
Gültig bis	Planung	Stempel und Unterschrift	