

Studie

TinyHouse Energieeffizienz

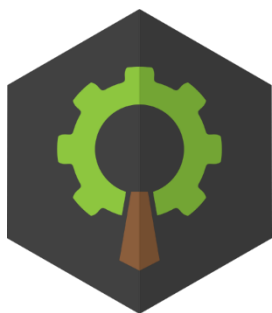
EnEV für TinyHouse(s) sinnvoll?

Wie viel Wärmedämmung ist notwendig?

Verbraucht ein TinyHouse mehr Energie als ein
klassisches Gebäude?

13.08.2018

M.Sc. Aurèle Haupt



WirBauenZukunft.de



RaumKollektiv.eco

ABSTRAKT

TinyHouses legen derzeit im Trend. Bauherren stehen vor der Herausforderung, dass sie die EnEV einhalten müssen. Vor dem Hintergrund das ein TinyHouse eine geringe Wohnfläche hat, stellt sich die Frage, ob diese Anforderungen notwendig sind. Verglichen wird daher ein nach EnEV-gedämmter, durchschnittlicher Wohnraum mit 45 m² und ein 12 m² großes TinyHouse mit unterschiedlichen Dämmstandard.

Der Heizenergiebedarf von einem TinyHouse mit 10 cm Heizenergieverbrauch beträgt 2000 kWh pro Jahr und liegt damit um fast 50 % unter dem Niveau des 45 m² großen Vergleichsgebäudes (3800 kWh/a). Ein Heizenergiebedarf eines TinyHouse von 3800 kWh/a könnte bereits mit 3...4 cm Wärmedämmung erreicht werden. Eine Einhaltung der EnEV für ein TinyHouse ist energetischen Gründen nicht notwendig.

Um für TinyHouses und TinyHouse-Bauherren wirtschaftlich vertretbare und konstruktiv realisierbare Rahmenbedingen zu schaffen, ist eine Anpassung der EnEV notwendig. Es wird empfohlen, einen weiteren Paragraphen zu der EnEV für Gebäude kleiner 25 m² hinzuzufügen sowie angepasste Werte für opake Außenbauteilen zu geben. Der Autor dieser Studie empfiehlt eine Wärmedämmung von rund 10 cm (WLG 040) beziehungsweise einen U-Wert < 0,45 W/m²K.

Der aktuelle Vergleichswert für Energieausweise ist der Jahresprimärenergiebedarf, gerechnet in Kilowattstunden pro Quadratmeter (kWh/m²). Hierbei unberücksichtigt bleibt, wie viele Quadratmeter pro Person in Anspruch genommen werden, sodass es bei großen Gebäuden dennoch ein hoher Heizenergiebedarf auftreten kann. Durch die Einführung eines weiteren Vergleichswertes des Primärenergiebedarfs pro Person, könnte ein suffizientes Verhalten gefördert und zusätzliche Energieeinsparungen aktiviert werden. TinyHouses leisten einen Beitrag zur Reduzierung des Energie- und Ressourcenverbrauchs und somit ggf. zur Reduktion der Schadstoffemissionen.

Inhaltsverzeichnis

Abstrakt.....	2
1 Einleitung.....	4
2 Randbedingungen & Eingangsparameter	6
2.1 Variante 1: 45 m ² - Wärmedämmung nach EnEV 2016.....	6
2.2 Variante 2: 12 m ² TinyHouse - Wärmedämmung nach EnEV 2016.....	8
2.3 Variante 3: 12 m ² TinyHouse mit reduzierter Wärmedämmung.....	9
2.4 Variante 4: 12 m ² TinyHouse mit 10 cm Wärmedämmung.....	9
3 Auswertung.....	10
3.1 Heizwärmebedarf.....	10
3.2 Vergleich Variante 1 zu Variante 2	11
3.3 Vergleich Variante 1 mit Variante 3.....	12
3.4 Vergleich Variante 1 mit Variante 4.....	13
3.5 Diskussion der Ergebnisse	13
4 Fazit & Ausblick	14
5 Publication bibliography.....	15
6 Anhang.....	16
6.1 Energiebilanz Variante 1 zu Variante 4	16

1 EINLEITUNG

Trotz vieler Bemühungen im Bereich der Effizienzsteigerung und Entwicklung neuer Technologien sowie gesetzlichen Regelungen wie zum Beispiel die Energie-Einsparverordnung (EnEV), blieb die Reduktion des Energieverbrauchs von Gebäuden deutlich hinter den gesetzten Zielen der Bundesregierung zurück. Die technologischen Möglichkeiten stoßen an ihre Grenzen und nicht berücksichtigte Rebound-Effekte kompensieren die Energieeinsparungen teilweise. Einer dieser Reboundeffekte ist der steigende Pro-Kopf-Flächenverbrauch [vgl. Abbildung 1]. Zwischen 1998 und 2016 stieg dieser von 39 m² auf 46,5 m² an (BIB 2013; UBA 2018). Dies führt unter anderem zu einem erhöhten Energie- und Ressourcenverbrauch und ggf. zu höheren Schadstoffemissionen (UBA 2018).

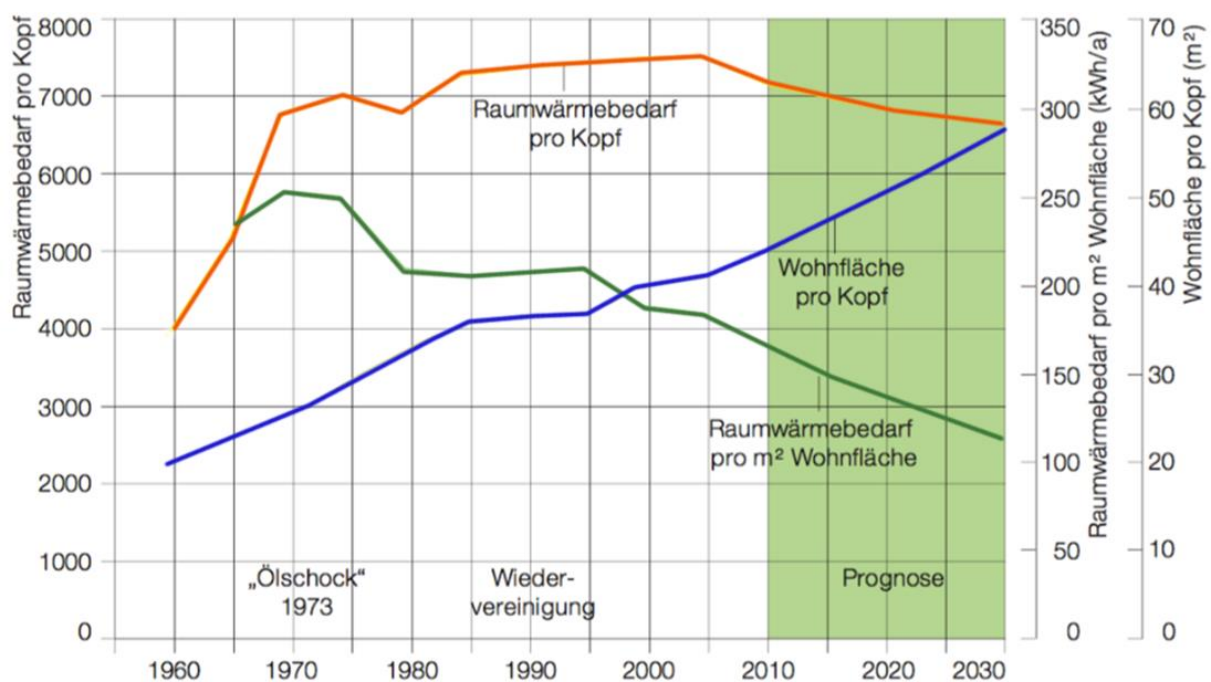


Abbildung 1 - Entwicklung des Raumwärmebedarfs pro Kopf (Hauser et al. 2010)

In dem aktuellen Klimaschutzplan 2050 (BMUB 2016) werden weiterhin Effizienzmaßnahmen zur Reduzierung des Energieverbrauchs angestrebt. Nicht mit berücksichtigt werden die soziokulturellen Möglichkeiten (z.B. die Suffizienz-Strategie) zur Reduktion des Energieverbrauchs, obwohl diese zu einer Senkung des Energieverbrauchs führen könnten. Eine mögliche Lösung zur Förderung der Suffizienz und somit zu einem reduzierten Energieverbrauch, bietet ein TinyHouse.

Ein oft diskutiertes contra Argument zu TinyHouses ist es, dass Sie eine schlechtere Energieeffizienz und einen höheren Energieverbrauch als ein herkömmliches Haus aufweisen. Ein hierfür angeführter Grund ist eine größere Außenwandfläche bei einer geringeren Wohnfläche bzw. einem geringeren Gebäudevolumen (→ ein geringeres A/V-

Verhältnis¹) wodurch höhere Transmissionswärmeverluste als bei einem größeren Gebäude auftreten.

Als zweites sind mobile Tiny Houses (THoW) an die Vorgaben der STVO gebunden und haben oft eine maximale Breite von 2,55 m. Damit der Wohnraum nicht zu klein wird, werden viele TinyHouses mit 10 cm, 8 oder 4 cm starker Wärmedämmung gebaut. Diese sind in der Praxis, je nach Nutzung, an die EnEV gebunden, wodurch die gleiche U-Werte wie für herkömmliche Gebäude nachgewiesen werden müssen.

In Hinblick auf die maximale Breite der Gebäude und den dadurch resultierenden Flächenverlust, wird eine Dämmung nach EnEV von den Bauherren oft in Frage gestellt und nicht ausgeführt. Eine quantitative Bewertung und Beurteilung unter energetischen Gesichtspunkten gibt es bis dato noch nicht. Es stellt sich die Frage, ob die Energieeinsparungen durch eine geringere Wohnfläche (pro Person) nicht so hohe Energieeinsparpotentiale mit sich bringen, dass eine Wärmedämmung nach EnEV nach aktuellen Vorgaben nicht notwendig ist und dennoch eine hohe (oder sogar höhere) ökologische und energetische Qualität erreicht werden kann.

In dieser Studie wird daher ein 12 m² großes TinyHouse mit einem 45m² großem (der durchschnittlichen Pro-Kopf-Wohnfläche) verglichen.

¹ Das A/V-Verhältnis beschreibt das Verhältnis von Hüllfläche zu Gebäudevolumen. Umso größer das A/V-Verhältnis, umso mehr Außenfläche gibt es, über die Energieverluste stattfinden.

2 RANDBEDINGUNGEN & EINGANGSPARAMETER

Grundlage der Berechnungen dieser Studie sind DIN 4108-6 / 4701-10 sowie die EnEV 2016.

Alle Gebäude werden im Rechenmodell mit einem Flachdach ausgestattet. Die lichte Raumhöhe beträgt in allen Varianten 2,5 m. In den Gebäuden wohnt jeweils eine Person. Fensterflächen werden nach der Regel zur vereinfachten Datenaufnahme automatisch ermittelt.

2.1 VARIANTE 1: 45 m² - WÄRMEDÄMMUNG NACH ENEV 2016

Das Gebäude wird vereinfacht als Einraumwohnung mit einer Etage ohne Keller abgebildet.

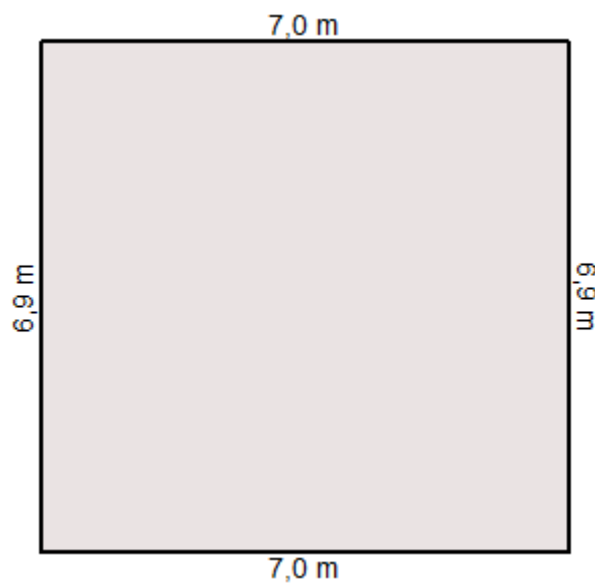


Abbildung 2 – Grundriss (Bruttogrundfläche)

Es resultieren folgende Werte:

Nutzfläche	44,8	m ²
Hüllfläche	177,2	m ²
Beheiztes Volumen	140	m ³
Luftvolumen	106	m ³
A/V	1,27	1/m

Tabelle 1 - Gebäudegeometrie

Die Außenbauteile werden so gedämmt, dass der Mindestwärmeschutz nach EnEV eingehalten wird (siehe Tabelle 1)².

V 1: 45 m ² - Dämmung nach EnEV 2016		
	U-Wert	Fläche
	W/m ² K	m ²
Dach	0,20	46,3
Wand	0,24	64,6
Boden	0,30	46,3
Fenster	1,30	18,0

Tabelle 2 – U-Werte

2.1.1 Anlagentechnik: Heizung

Als Heiztechnik wird eine Nah- / Fernwärme aus regenerativer Quelle (Primärenergiefaktor 0,1) angesetzt. Die Heizung erfolgt mittels Radiatoren (Leitungen gedämmt nach EnEV), mit einer Vorlauf-/Rücklauftemperatur von 55°C/45°C.

Eine Solare-Heizungsunterstützung wird nicht verwendet.

2.1.2 Warmwasser

Im Gegensatz zu der EnEV wird der Warmwasserverbrauch in der Auswertung nicht berücksichtigt, da sich die Sanitäranlagen häufig nicht in dem TinyHouse sondern in einem externen Versorgungsgebäude befinden.

Zur EnEV-konformen Berechnung, muss jedoch ein Warmwasserbedarf mit berechnet werden. Dieser wird in der abschließenden Auswertung nicht mitberücksichtigt und herausgerechnet.

² Für Gebäude < 50 m² nach EnEV 2016 - Tabelle 1

2.2 VARIANTE 2: 12 m² TINYHOUSE - WÄRMEDÄMMUNG NACH ENEV 2016

Als Vergleichsobjekt wird in Variante 2 ein typisches TinyHouse mit der Grundfläche von 5 m x 2,5 m abgebildet.

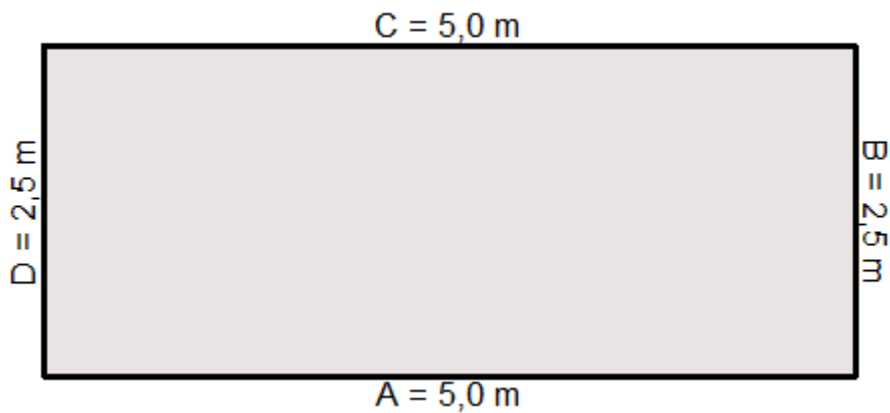


Abbildung 3 – Grundriss TinyHouse (BGF)

Die Wärmedämmung erfolgt analog zu Variante 1 nach den EnEV 2016 vorgaben:

V 1: 12,5 m ² - Dämmung nach EnEV 2016		
	U-Wert	Fläche
	W/m ² K	m ²
Dach	0,20	11,5
Wand	0,24	33,6
Boden	0,30	11,5
Fenster	1,30	10,0
Nutzfläche	11,6	m ²
Hüllfläche	68,5	m ²
Beheiztes Volumen	36,3	m ³
Luftvolumen	27,6	m ³
A/V	1,89	1/m

Tabelle 3 – Geometrie und U-Werte

Die Wärmebereitstellung erfolgt im Rechenmodell analog zu Variante 1.

2.3 VARIANTE 3: 12 m² TINYHOUSE MIT REDUZIERTER WÄRMEDÄMMUNG

In Variante 3 werden die U-Werte alle Außenbauteile schrittweise erhöht, bis der Jahres-Heizwärmebedarf identisch mit der ersten Variante (45 m² - EnEV: 3800 kWh/a) ist. Alle Maße entsprechen Variante 2.

Nutzfläche	11,6	m ²
Hüllfläche	68,5	m ²
Beheiztes Volumen	36,3	m ³
Luftvolumen	27,6	m ³
A/V	1,89	1/m

Tabelle 4 -

Es ergeben sich folgende U-Werte:

V2: 12 m ² - reduzierte Wärmedämmung		
	U-Wert	Fläche
	W/m ² K	m ²
Dach	1,00	11,50
Wand	1,00	33,60
Boden	1,00	11,50
Fenster	1,30	10,00

Tabelle 5 – U-Werte Variante 3

Zum Vergleich: Diese U-Werte können bereits mit einer 4 cm starken Dämmung (WLG 040) unterschritten werden.

2.4 VARIANTE 4: 12 m² TINYHOUSE MIT 10 CM WÄRMEDÄMMUNG

Unter baulichen Gesichtspunkten gelten 10 - 12 cm Wärmedämmung (WLG 040) als ein akzeptierbarer Kompromiss zwischen Wärmeschutz und Flächeneinbußen (bei einer maximalen TinyHouse-Breite von 2,55 m mit hinterlüfteter Vorhangfassade). Es ergeben sich U-Werte von 0,41 W/m²K.

V2: 12 m ² - reduzierte Wärmedämmung		
	U-Wert	Fläche
	W/m ² K	m ²
Dach	0,41	11,50
Wand	0,41	33,60
Boden	0,41	11,50
Fenster	1,30	10,00

Tabelle 6 – U-Werte Variante 4

3 AUSWERTUNG

3.1 HEIZWÄRMEBEDARF

Der Primärenergiebedarf pro Quadratmeter wird in dieser Studie nicht als Vergleichswert herangezogen, da dieser Wert ebenfalls den Warmwasserbedarf beinhaltet, der wie bereits erwähnt für diese Studie nicht relevant ist. Für eine quantitative Vergleichbarkeit wird daher der absolute Heizwärmebedarf pro Jahr betrachtet (Nutzenergie). Da die Gebäude von einer Person bewohnt werden, ist dieser Wert äquivalent dem Heizenergiebedarf pro Person (P) und Jahr (a).

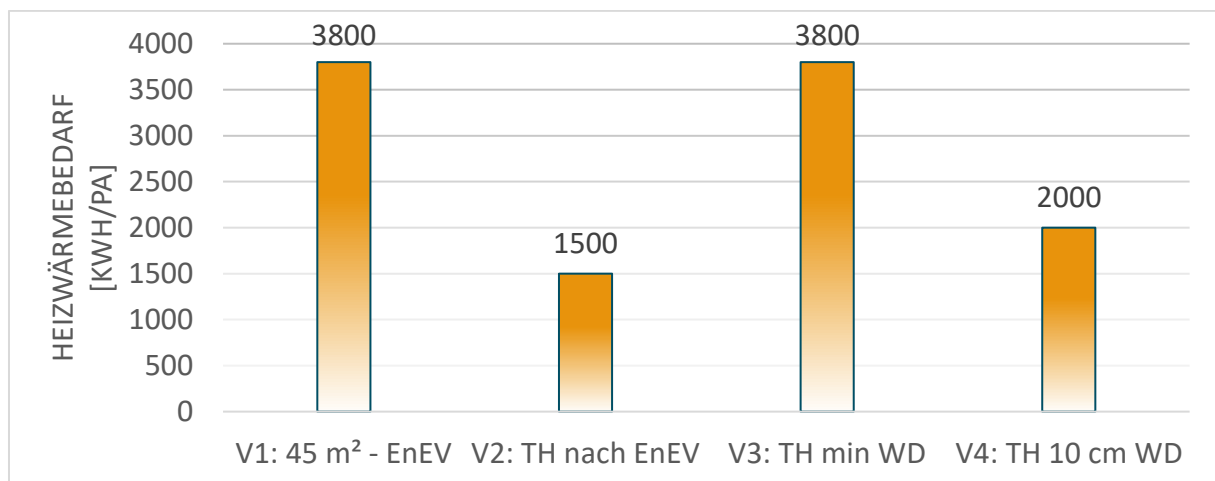


Abbildung 4 – Heizwärmebedarf pro Jahr

Der Heizenergiebedarf der Variante 1 beträgt 3800 kWh/PA und beschreibt somit den durchschnittlichen Heizenergiebedarf einer Person die eine Wohnfläche von 45 m² bewohnt.

Der Heizenergiebedarf der zweiten Variante (TinyHouse nach EnEV) beträgt 40 % der Ausgangsvariante. Dieser Wert gibt Hinweise auf das maximale Energieeinsparpotential von einem Tiny House im Vergleich zu der durchschnittlichen Pro-Kopf-Wohnfläche.

Der Heizenergiebedarf der ersten Studie (3800 kWh/PA) bildet die Grundlage um die minimal benötigten U-Werte in Variante 3 zu Ermitteln und ist demnach gleich hoch.

Hieraus kann die minimal benötigte Wärmedämmung für ein 12 m² großes TinyHouse abgeleitet werden, dass einen ebenso niedrigen Energieverbrauch wie ein Neubau nach EnEV mit 45 m² hat. Die erforderlichen U-Werte können mit 3 cm Wärmedämmung (WLG 040) erreicht werden.

Variante 4 zeigt, dass selbst mit 40 % höheren U-Werten (0,40 W/m²K statt 0,24 W/m²K), ein rund 50 % geringerer Heizenergiebedarf als in der Ausgangsvariante erreicht werden kann.

3.2 VERGLEICH VARIANTE 1 ZU VARIANTE 2

Nachfolgend wird die Ausgangsvariante 1 (45 m² nach EnEV) mit dem nach EnEV gedämmten TinyHouse verglichen.

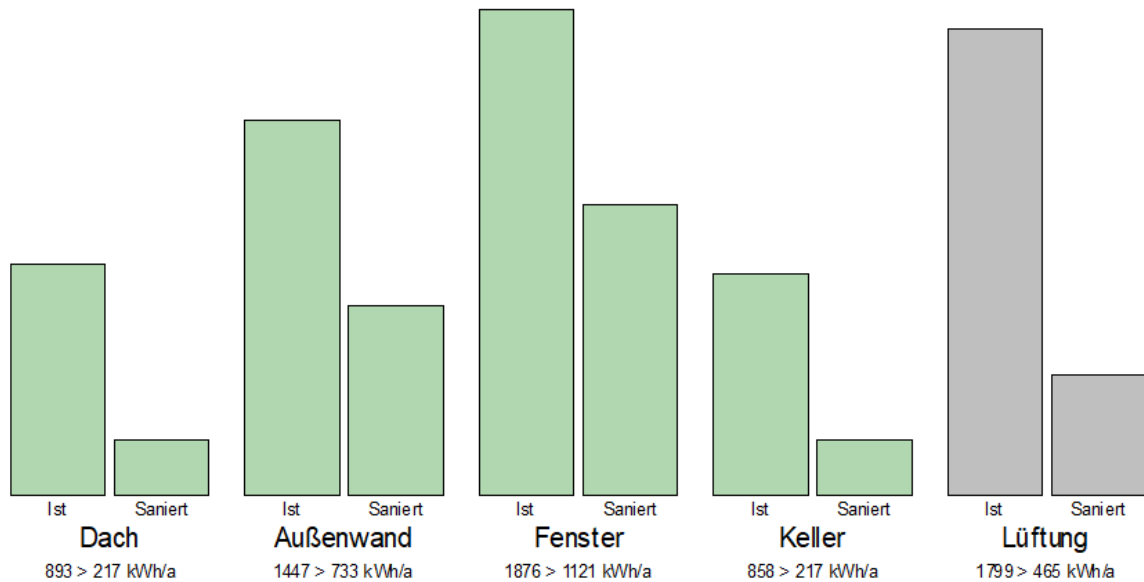


Abbildung 5 – Vergleich der Wärmeverluste: 45 m² nach EnEV zu 12 m² TinyHouse nach EnEV

Auf Grund der geringeren Abmaße bei gleichen Dämmstandart sinken die Verluste in allen Bereichen (Abbildung 5). Die Transmissionswärmeverluste die „Keller“ stehen für Transmissionswärmeverluste der Bodenplatte an das Erdreich. „Ist“ steht für die Ausgangsvariante während die Werte „saniert“ stehen für die zu vergleichende Variante steht (hier Tiny House mit Wärmedämmung nach EnEV).

3.3 VERGLEICH VARIANTE 1 MIT VARIANTE 3

Variante 1 und Variante 3 haben bei unterschiedlicher Bauart (45 m² nach EnEV und 12 m² U-Wert 1,0 W/m²K) einen identischen Heizenergieverbrauch von 3800 kWh/Pa.

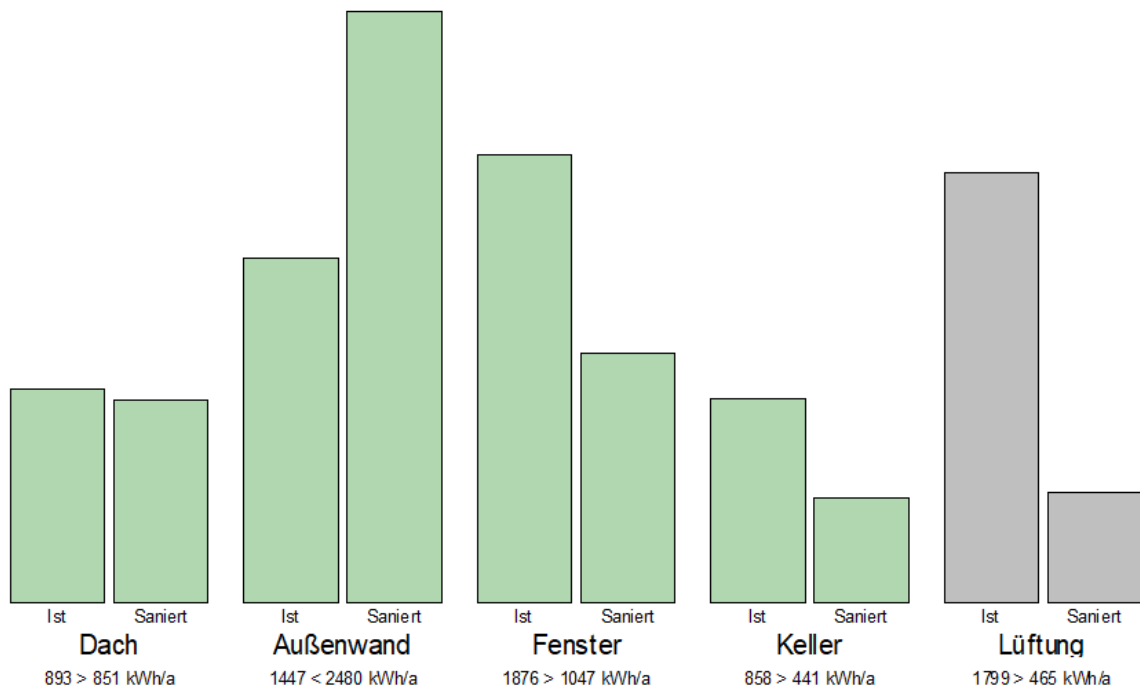


Abbildung 6 – Vergleich der Wärmeverluste: 45 m² nach EnEV zu 12 m² TinyHouse mit U-Werten von 0,40 W/m²K

Faktoren die einen höheren Heizenergieverbrauch verursachen, sind in erster Linie die Transmissionswärmeverluste auf Grund der geringeren Wärmedämmung, trotz der um rund 50 % kleineren Außenwandfläche.

Im Gegenzug ist die Fensterfläche auf Grund der geringeren Gebäudemaße in den Varianten 2 & 3 um rund 45 % geringer, wodurch die Transmissionswärmeverluste sinken.

Ebenso ist das beheizte Gebäudevolumen um 75 % geringer als in der Variante 1, was sich begünstigend auf die Lüftungswärmeverluste auswirkt.

3.4 VERGLEICH VARIANTE 1 MIT VARIANTE 4

Abschließend wird Variante 1 (45 m² nach EnEV) mit Variante 4 (TinyHouse mit 10 cm Wärmedämmung) verglichen.

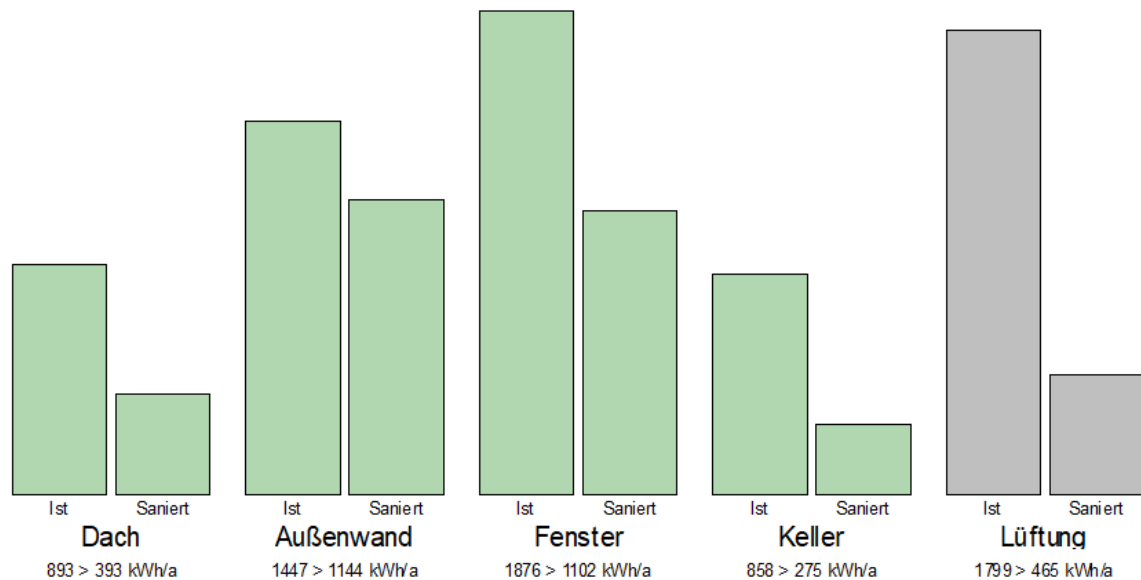


Abbildung 7 – Vergleich der Wärmeverluste: 45 m² nach EnEV zu 12 m² TinyHouse nach EnEV

Die Wärmeverluste des TinyHouse mit 10 cm Wärmedämmung sind in allen Bereich geringer als bei einem Gebäude mit 45 m² Wohnfläche.

3.5 DISKUSSION DER ERGEBNISSE

Der Vergleich zwischen dem TinyHouse ist insofern nicht vollständig, dass in einem herkömmlichen Gebäude in den 45 m² ebenfalls Sanitäranlagen und eine Küche mit enthalten ist. Dies ist bei einem TinyHouse, je nach Ausführung, nur bedingt der Fall. Während manche TinyHouses die Küche sowie die Toiletten integriert haben, sind diese bei anderen Konzepten ausgelagert und werden gemeinschaftlich benutzt. Diese Fläche und der entstehende Heizenergiebedarf müsste in diesem Fall mit hinzugerechnet werden.

Die inneren Quellen (Personen & elektrische Geräte etc.) werden in der Berechnungssoftware nach DIN automatisch pro Quadratmeter berechnet. Dies bedeutet, dass in den TinyHouse Varianten 2 – 4 in Realität mit höheren internen Wärmegewinnen zu rechnen ist. Dies wirkt sich wiederum auf einen noch niedrigeren Heizenergiebedarf als in der Berechnung aus (vgl. Anhang 6.1).

4 FAZIT & AUSBLICK

TinyHouses liegen derzeit im Trend und bieten eine kostengünstige Alternative zu Wohnraum. Werden TinyHouses als Erstwohnsitz genutzt, regen Sie ebenfalls zu einem suffizienten Wohnverhalten an, wodurch auf Grund der kleinen Wohnfläche langfristig der Energieverbrauch und somit die Umweltauswirkungen sinken. Dies gilt jedoch nicht für TinyHouses die als Zweitwohnsitz oder Ferienhäuser genutzt werden.

Ein 12 m² großes TinyHouse mit einer Wärmedämmung von 3 cm (U-Wert 1,0 W/m²K) führt zu einem ebenso hohen Raumwärmebedarf wie ein 45 m² großes Gebäude nach EnEV. Ein derart geringer Dämmstandart ist unter den Gesichtspunkten der Energieeffizienz nicht als sinnvoll zu bewerten.

Ein TinyHouse mit 12 m² und 10 cm Wärmedämmung (WLG 040) hat einen rund 50 % geringeren Heizwärmebedarf im Vergleich zu einem 45 m² großen Neubau, der nach EnEV-Vorgaben gedämmt ist (~ 18- 20 cm Wärmedämmung 040).

Die Einhaltung der EnEV ist aus energetischen Gesichtspunkten in Bezug auf den Raumwärmebedarf nicht zu rechtfertigen. Die aktuelle EnEV enthält Richtwerte für Gebäude kleiner 50 m². Eine Ergänzung der EnEV mit Vorgaben für Gebäude kleiner 25 m² (TinyHouse) sollte zukünftig mit aufgenommen werden. Der Autor dieser Studie empfiehlt Vorgaben für opaken Außenbauteile (Dach, Außenwände, Boden) mit U-Werten kleiner 0,45 W/m²K.

Ebenfalls muss zukünftig die Suffizienz als ein weiterer Schritt für einen Klimaneutralen Gebäudebestand mitberücksichtigt werden. Der Vergleichswert der EnEV (neben den Transmissionswärmeverlusten) ist der Primärenergiebedarf pro Quadratmeter. Dies regt nicht zu einer Reduzierung der Wohnfläche pro Kopf an, da es hierbei keine Rolle spielt, ob eine Person auf 10, 20, 50 oder sogar 150 m² lebt und schafft somit eine Ungleichheit bei der energetischen Bewertung. Gleichzeitig werden Personen in TinyHouses benachteiligt, da sie derzeit die Vorgaben der EnEV einhalten müssen. Dies ist bei einem TinyHouse auf Grund des schlechteren Verhältnisses von Oberfläche zu Volumen und den oft begrenzten Außenmaßen (bei mobilen TinyHouses) meist nicht zu realisieren.

Um ein suffizienteres Wohnverhalten zu fördern, empfiehlt sich eine zusätzliche Beurteilung des Jahresheizenergiebedarfs pro Person und Jahr.

Neben den positiven Effekten für den Heizenergiebedarf, kann der Ressourcenverbrauch für Geräte und Technik weiter reduziert werden, indem Küche, Bad etc. gemeinschaftlich in einem zentralen Versorgungsgebäude von mehreren TinyHouse-Bewohnern genutzt werden. Dieses Konzept eignet sich auf Grund des höheren Flächenbedarfs im Vergleich zum Mehrgeschoss-Wohnungsbaus eher für ländliche- als für urbane Räume.

5 PUBLICATION BIBLIOGRAPHY

BIB, Bundesinstitut für Bevölkerungsforschung (2013): Pro-Kopf-Wohnfläche erreicht mit 45m² neuen Höchstwert. With assistance of Dr. Christian Fiedler. Available online at <https://www.bib.bund.de/DE/Service/Presse/2013/2013-07-Pro-Kopf-Wohnflaeche-erreicht-mit-45-m2-neuen-Hoechstwert.html>, updated on 7/31/2018.

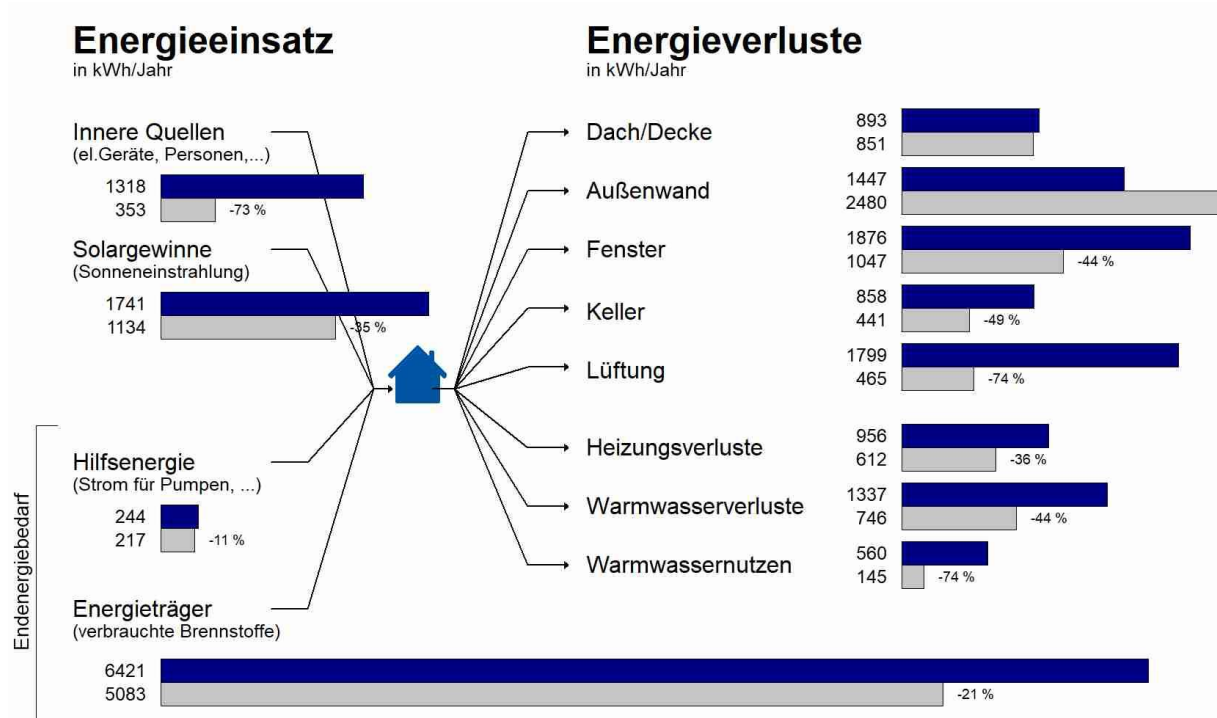
BMUB (2016): Klimaschutzplan 2050. Available online at https://www.bmu.de/fileadmin/Daten_BMU/Download_PDF/Klimaschutz/klimaschutzplan_2050_bf.pdf, updated on 7/31/2018.

Hauser, Gerd; Eßig, Natalie; Ebert, Thilo (2010): Zertifizierungssysteme für Gebäude: Nachhaltigkeit bewerten - Internationaler Systemvergleich - Zertifizierung und Ökonomie // Zertifizierungssysteme für Gebäude. Nachhaltigkeit bewerten - Internationaler Systemvergleich - Zertifizierung und Ökonomie. Berlin, München: De Gruyter; Detail (DETAIL Green Books).

UBA, Umweltbundesamt (2018): Wohnfläche. Available online at <https://www.umweltbundesamt.de/daten/private-haushalte-konsum/wohnen/wohnflaeche>, updated on 7/31/2018.

6 ANHANG

6.1 ENERGIEBILANZ VARIANTE 1 ZU VARIANTE 4



Die Nutzfläche im Ist-Zustand beträgt 45 m², nach der Sanierung beträgt sie 12 m². Die absoluten Zahlenwerte für die einzelnen Energien sind ggf. nicht direkt miteinander vergleichbar!

Endenergiebedarf:	6665 kWh/Jahr = 149 kWh/m ² Jahr	
	5300 kWh/Jahr = 457 kWh/m ² Jahr	+207 %
Primärenergiebedarf:	4100 kWh/Jahr = 91 kWh/m ² Jahr	
	3288 kWh/Jahr = 283 kWh/m ² Jahr	+210 %
CO ₂ -Emissionen:	849 kg/Jahr = 18,9 kg/m ² Jahr	
	1251 kg/Jahr = 107,8 kg/m ² Jahr	+469 %