



Köhler & Meinzer

Die KfW Effizienz-Standards

Theorie und Praxis

**Vergleichende Untersuchung des Heizenergieverbrauchs
verschiedener Mehrfamilienhäuser nach unterschiedlichen
energetischen Standards**

Verfasser:

Gerold Köhler

Mitarbeit:

Thomas Stöcker
Maximilian Mayer

Februar 2019

Inhaltsverzeichnis

1.0 Einführung.....	2
2.0 Fallstudien	3
2.1. Analyse Projekt "Brüssel", EnEV 2004, KfW-Effizienzhaus 60.....	3
2.2. Analyse Projekt "Berlin", EnEV 2009, Standard	11
2.3. Analyse Projekt „Berckmüller 28“, EnEV 2014, Standard	14
2.4. Analyse Projekt „Parkcarré A“, EnEV 2014, KfW-Effizienzhaus 55 .	15
2.5. Analyse Projekt „Paul Klee“, EnEV 2004, KfW-Effizienzhaus 40	19
2.6. Theoretische Überlegungen zur Außenwand des Passivhauses	20
3.0 Zusammenfassung.....	23
4.0 Schlussfolgerungen, Konsequenzen und Ausblick	25

1.0 Einführung

Im Rahmen der Vorbereitung des europäischen Forschungsprojektes „CRAVEZero“ stellte sich für uns als Industriepartner die Frage, welche Informationen und Erkenntnisse wir aus unserem Geschäftsbereich zum Projekt beitragen können. Als regionales Wohnungsbauunternehmen haben wir den Vorteil, den gesamten Prozess der Projektrealisierung im eigenen Haus abzubilden und zu steuern. Das umfasst alle Planungs- und Ausführungsstadien, beginnend bei der Bebauungsplanung und Quartiersentwicklung, über die architektonische Gebäudeplanung, die Steuerung des eingesetzten haustechnischen Energiekonzepts, die Bauleitung der Objekte bis hin zu deren Vermarktung. Mittlerweile sind wir auch für die Eigentümergemeinschaften von mehr als 400 von uns realisierter Wohnungen als Hausverwalter tätig.

Aus dieser Verwaltungstätigkeit verfügen wir über eine umfassende Datenbasis zu Betriebs- und Unterhaltskosten der von uns errichteten Objekte. Beginnend mit dem Jahr 2008 wurden die im Folgenden analysierten Mehrfamilienhäuser angelehnt an die sich kontinuierlich verschärfende EnergieEinsparverordnung (EnEV) in verschiedenen Dämmstandards mit unterschiedlichen Energiekonzepten errichtet.

Es war nun naheliegend, die in theoretischen Gebäudesimulationen errechneten Verbrauchswerte mit den in der Realität gemessenen Werten abzugleichen. Die kostenintensiven Verbesserungsmaßnahmen der thermischen Gebäudehülle und der Haustechnik konnten somit auf ihre Wirksamkeit überprüft werden.

In einem umfassenden Erhebungsbogen haben wir eine Vielzahl von Parametern der Gebäude erfasst. In den folgenden Betrachtungen konzentrieren wir uns auf die Heizenergieverbräuche der einzelnen Wohnungen. Die Daten liegen uns vor in Form einer jährlichen Abrechnung durch ein externes Ableser-Unternehmen, sowohl für das Gebäude selbst, als auch für jede einzelne Wohnung.

Auch wenn dieser Fokus auf dem Heizenergieverbrauch der Wohnungen liegt, sollen auch weitere aus der Datenanalyse gewonnene Erkenntnisse und Zusammenhänge in die Studie mit einfließen.

2.0 Fallstudien

2.1 Analyse „Brüssel“, Eggenstein-Leopoldshafen, EnEV 2004, KfW-Effizienzhaus 60

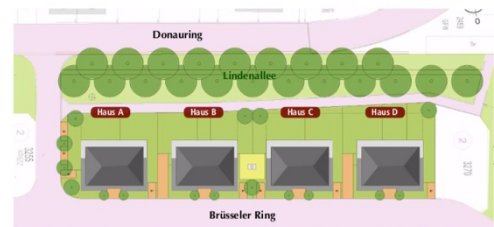
In den Jahren 2008 - 2012 haben wir im Brüsseler Ring in Eggenstein-Leopoldshafen insgesamt sieben identische Mehrfamilienhäuser mit ca. 1000 m² Wohnfläche bei jeweils zehn Wohneinheiten errichtet. Sechs der Häuser wurden paarweise mit gemeinsamer Tiefgarage gebaut, so dass hier jeweils zwei Mehrfamilienhäuser eine Wohnungseigentümergeinschaft und damit eine Abrechnungseinheit bilden. Das siebte Gebäude steht einzeln.



Neubauobjekte in Leopoldshafen, Viermorgen III



10-Familienhäuser Brüssel 89 - 95



Grundstücke 10-Familienhäuser



Visualisierung 10-Familienhäuser

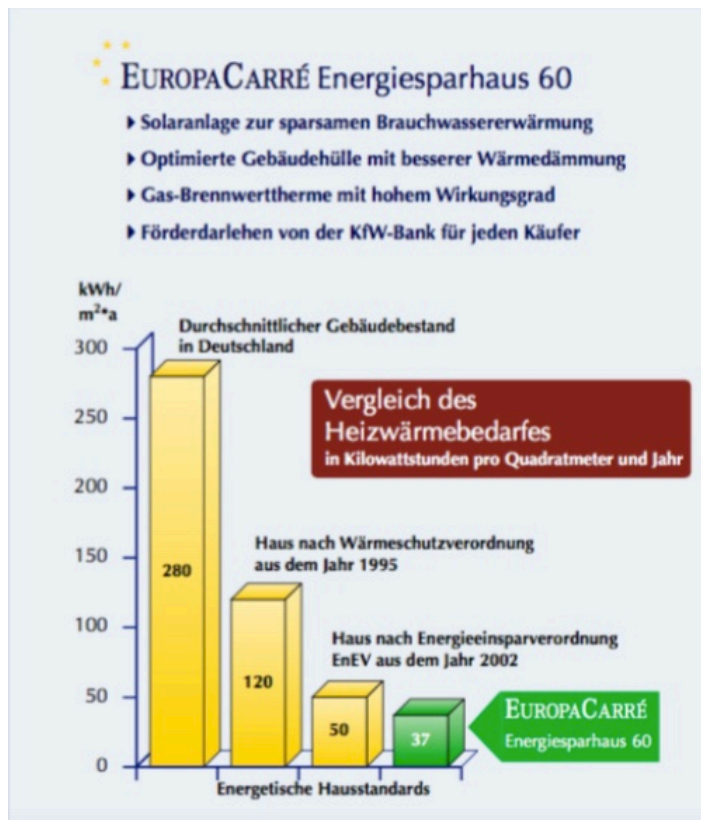


Straßenansicht Brüsseler Ring

Die Gebäude verfügen über unterschiedliche Wohnungsgrößen, beginnend von Einzimmerappartements bis hin zu Fünfstückerwohnungen.



Grundrisstypologien mit Variationsmöglichkeiten



Energetische Klassifizierung

Das energetische Konzept und der Dämmstandard der thermischen Hülle wurde auf der Grundlage der Bestimmungen der EnEV von 2004 KfW- Effizienzhaus 60 konzipiert.

KfW-Effizienzhaus 60 bedeutet, dass der Primärenergiebedarf des Gebäudes höchstens $60 \text{ kWh/m}^2\text{a}$ betragen darf.

Brüsseler Ring 93 + 95

type of building	multi family house	
net floor area (heated floor area)	2012,50	m ²
year of construction	2010	
Enev-standard	EnEV 2007/2009?	
orientation	east-west	
roof type	hipped roof	
relation surface window / outer wall	26,85%	
relation heated NFA / volume	28,19%	
quality of wall + insulation	U=0,2 W/(m ² K)	
quality of window	U _w =1,1-1,7 W/(m ² K)	double glazing
	g=0,55-1,0	
quality of roof	U=0,22 W/(m ² K)	
thermal bridges	not considered	
air-tightness	not considered	
heating system	gas condensing boiler	
ventilation	none	
total energy consumption kWh / a	137777,00	
total energy consumption kWh / (m ² NFA*a)	68,46	
total heating consumption kWh / a	71974,70	
total heating consumption kWh / (m ² NFA*a)	35,76	
total heating consumption kWh / a ; level of efficiency	100750,00	73,13%
total energy costs € / a ; € / kWh	9.544,86 €	0,0693 €
total energy costs € / (m ² NFA*a)	4,74 €	
% hot water	47,76%	
% heating	52,24%	
total additional charges	56.880,00 €	56.229,94 €
relation total heating costs / total additional charges	8,66%	

In der dargestellten Tabelle wurden die einzelnen Parameter der Gebäude auf der Grundlage unserer Planungsunterlagen und der Abrechnungen unserer Hausverwaltung ermittelt und dargestellt. Der Fokus der Auswertung lag auf dem Heizenergiebedarf der Wohnungen.

Dieser Heizenergiebedarf aus dem Jahr 2017 jeder einzelnen der insgesamt 70 Wohnungen wurde in der folgenden Tabelle in Abhängigkeit von der Wohnungsgröße und der Lage im Gebäude (Geschoss) aufgetragen. Für jeden Wohnungstyp in jedem Geschoss wurde der Durchschnittsverbrauch, sowie der Maximal- und Minimalverbrauch eingetragen. Des Weiteren die Spreizung sowie die Anzahl des in dem entsprechenden Geschoss erfassten Wohnungstyps.

Heizwärmebedarf Brüsseler Ring / 70 Wohneinheiten																	
		1 ZW		2 ZW		3 ZW		3 ZW PH		4 ZW		4 ZW		4 ZW PH		5 ZW	
		38,80 m ²		67,00 m ²		82,20 m ²		102,00 m ²		109,60 m ²		125,10 m ²		128,00 m ²		133,60 m ²	
		kWh/(m ² a) €/m ² a)		kWh/(m ² a) €/m ² a)		kWh/(m ² a) €/m ² a)		kWh/(m ² a) €/m ² a)		kWh/(m ² a) €/m ² a)		kWh/(m ² a) €/m ² a)		kWh/(m ² a) €/m ² a)		kWh/(m ² a) €/m ² a)	
EG	Anzahl	1	1	3	3	3	3	-	-	6	6	2	2	-	-	3	3
	Ø	14,52	1,01	38,86	2,74	42,63	2,99	-	-	47,31	3,10	25,41	1,75	-	-	39,30	2,70
	min	14,52	1,01	31,60	2,40	28,21	2,15	-	-	19,80	1,36	23,57	1,61	-	-	38,37	2,66
	max	14,52	1,01	47,80	3,27	55,61	3,81	-	-	73,03	5,00	27,25	1,89	-	-	40,38	2,76
	Spannbreite	-	-	151,24 %	136,25 %	197,13 %	177,21 %	-	-	368,84 %	367,65 %	115,61 %	117,39 %	-	-	105,24 %	103,76 %
1.OG	Anzahl	1	1	9	9	9	9	-	-	11	11	4	4	-	-	4	4
2.OG	Ø	11,63	0,80	26,75	1,85	31,26	2,19	-	-	32,92	2,27	30,55	2,12	-	-	40,17	2,89
	min	11,63	0,80	13,47	0,92	17,47	1,20	-	-	16,09	1,11	22,36	1,70	-	-	32,01	2,19
	max	11,63	0,80	50,26	3,44	52,62	4,00	-	-	60,28	4,18	41,63	2,85	-	-	67,73	5,15
	Spannbreite	-	-	373,13 %	373,91 %	301,20 %	333,33 %	-	-	374,64 %	376,58 %	186,18 %	167,65 %	-	-	211,59 %	235,16 %
3.OG	Anzahl	-	-	-	-	-	-	7	7	-	-	-	-	7	7	-	-
	Ø	-	-	-	-	-	-	38,19	2,66	-	-	-	-	49,81	3,46	-	-
	min	-	-	-	-	-	-	22,13	1,53	-	-	-	-	29,50	2,04	-	-
	max	-	-	-	-	-	-	56,22	3,85	-	-	-	-	65,60	4,48	-	-
	Spannbreite	-	-	-	-	-	-	254,04 %	251,63 %	-	-	-	-	222,37 %	219,61 %	-	-

Heizwärmebedarf der 70 Wohneinheiten am Brüsseler Ring, geschossweise aufgeschlüsselt nach Wohnungsgrößen und -typen



Gemessene Wohnungen im Beobachtungszeitraum

3 ZW		213 Ab	223 N	01.01.17 - 31.12.17	01.01.17 - 31.12.17
82,20 m ²		82,800 qm beh. Fläche	82,800 qm beh. Fläche	65,96	65,96
kWh/(m ² a) €/m ² a)		30% Grundkosten 70% Verbrauchskosten Heizkosten	30% Grundkosten 70% Verbrauchskosten Heizkosten	0,796644 65,667874	249,47
42,63	2,99	3,799 MWh	0,494 MWh	315,43	315,43
28,21	2,15				
55,61	3,81				
197,13%	177,21%				
3	3				
31,26	2,19				
17,47	1,20				
52,62	4,00				
301,20%	333,33%				

Max. Unterschied Heizwärmeverbrauch:
3,799 MWh / 0,494 MWh
769 %

Verbrauchsdiskrepanzen bei baugleichen Wohnungen

Erkenntnisse:

Die Auswertung dieser Zahlen kommt zu drei wesentlichen Ergebnissen:

1. Es ist möglich, nahezu jede Wohnung in jedem Geschoss im Niedrigenergie-Standard oder sogar im Passivhaus-Standard zu betreiben. Und dies obwohl die Gebäude auf Grundlage der EnEV 2004 nicht annähernd den Anforderungen des aktuellen Passivhaus-Standards entsprechen.
2. Der entscheidende Faktor für den Heizenergieverbrauch der einzelnen Wohnung ist das Nutzerverhalten. Hier zeigen sich Spreizungen von 300-400%, legt man der Berechnung die aktuelle deutsche Heizkostenverordnung zu Grunde. Hier werden 30 % des Gesamtverbrauchs an Heizenergie eines Hauses auf die Wohnfläche jeder einzelnen Wohnung umgelegt, die restlichen 70 % auf die gemessenen Verbräuche der Wärmemengenzähler in den Wohnungen. Vergleicht man nur die Werte dieser Zähler ergibt sich sogar eine maximale Spreizung von über 700 %.
3. Trotz der starken Abweichungen der einzelnen Wohnungen untereinander liegt sowohl der Durchschnittswert jedes Zehnfamilienhauses als auch der Durchschnittswert aller siebenzig untersuchter Wohnungen sehr nahe am errechneten Wert von $37 \text{ kWh/m}^2\text{a}$.

Relevanz der Heizkosten für den Nutzer

Eines der Ziele unseres Forschungsprojektes CRAVEzero ist die Marktdurchdringung für Nahenull-Energiehäuser (Nzebs). In diesem Zusammenhang ist es sinnvoll, die Relevanz der Heizkosten für den einzelnen Nutzer zu betrachten. In der folgenden Nebenkostenabrechnung für eine zur Betrachtung herangezogene, im Wesentlichen nach Norden ausgerichtete, Dreizimmerwohnung im 1. Obergeschoss des Projekts „Brüssel“ werden die Heizkosten den übrigen Nebenkosten gegenübergestellt. Im Ergebnis beträgt der Anteil der Heizkosten lediglich 5% der gesamten Nebenkosten der Wohnung. Betrachtet man die gesamten Wohnkosten, bei Zugrundelegung einer Kaltmiete von 10,00€ / m² Wohnfläche, ergibt sich ein Wert von gerade 0,8%. Für den Nutzer stellt dies keinen Anreiz dar, die Heizkosten in den Fokus seiner Überlegungen zu rücken. Für ein Gelingen der Energiewende ist die Motivation des Nutzers aufgrund seines hohen verhaltensbedingten Einflusses auf den Energieverbrauch jedoch von entscheidender Bedeutung.



3-Zimmerwohnung
Typ „Mainau“

Individual billing resident N.

accounting period	01.01.2017 until 31.12.2017	365 days				
your accounting period	01.01.2017 until 31.12.2017	365 days				
	allocation formula	amounts				
accounting position	distributed after	total	your share	unit	total [€]	your share

Costs

certain costs not to allocate to possible tenants

caretaker fees	accommodation unit	20,00	1,00 AU	5.040,00 €	252,00 €
additional costs					
money transfer	co-ownership share	1.000,00	41,00 COS	171,10 €	7,02 €
repair	co-ownership share	1.000,00	41,00 COS	867,99 €	35,59 €
rent for the room for the OM	co-ownership share	1.000,00	41,00 COS	50,00 €	2,05 €
subtotal not allocatable costs				6.129,09 €	296,66 €

Certain costs to allocate to resident N. (01.01.2017 until 31.12.2017)

building service/care	accommodation unit	20,00	1,00 AU	7.147,98 €	357,40 €
total heating consumption	external heating costs	20.699,97	577,64 EUR	20.699,97 €	
heating costs	m ² heated floor area	1.000,00	82,20 m ²	98,40 €	65,96 €
	MWH		0,49 MWH		32,44 €
DHW costs	m ² DHW area	1.000,00	82,20 m ²		59,27 €
	m ³ DHW		9,20 m ³		76,60 €
additional charges heating and hot water			343,37 EUR		343,37 €
general power	co-ownership share	1.000,00	41,00 COS	1.216,18 €	73,71 €
cable fees	accommodation unit	20,00	1,00 AU	2.446,44 €	122,32 €
waste disposal	co-ownership share	1.000,00	41,00 COS	1.949,60 €	79,93 €
elevator costs	accommodation unit	20,00	1,00 AU	5.175,87 €	258,79 €
insurance costs	co-ownership share	1.000,00	41,00 COS	3.480,12 €	142,69 €
maintenance	co-ownership share	1.000,00	41,00 COS	530,10 €	21,74 €
subtotal allocatable cost				42.646,26 €	1.634,22 €

Total Operating Costs

48.775,35 € 1.930,88 €

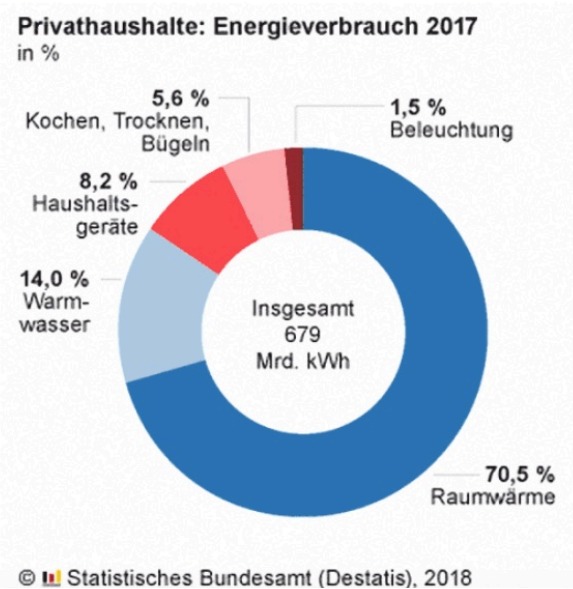
COS = co-ownership share

AU = accommodation unit

Relation heating costs / operating costs:	98,40 € / 1.930,88 €	5,1 %
Operating costs	1.930,88 €	
Costs of the apartment rental	82,2 m ² x 10,00 €/m ² x 12	<u>9.864,00 €</u>
Total annual costs	11.794,88 €	
Relation heating costs / total annual costs:	98,40 € / 11.794,88 €	0,8 %

Relevanz des Heizenergieverbrauchs im Vergleich zum gesamten Energieverbrauch

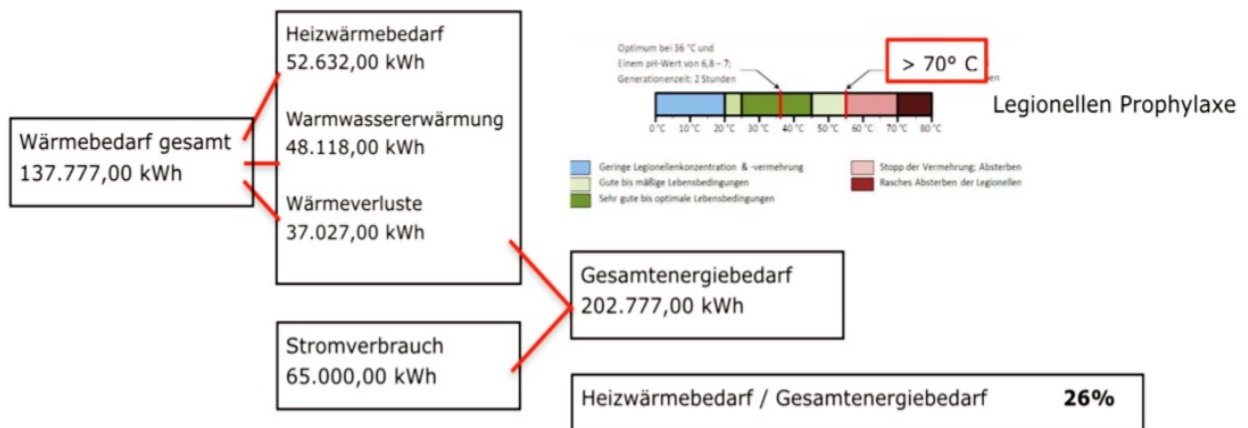
Im Zentrum dieser Studie steht der Heizenergieverbrauch von einzelnen Gebäuden bzw. Wohnungen. Bei der Auswertung unserer Nebenkostenabrechnungen sind wir jedoch auf weitere interessante Erkenntnisse gestoßen:



Nach der Übersicht des statistischen Bundesamtes beträgt der Anteil der Raumwärme am gesamten Energieverbrauch der privaten Haushalte im Jahr 2017 70,5%. Dies mag für den Gebäudebestand korrekt sein. Wir kommen bei der Auswertung unserer Verbräuche ab Baujahr 2009 jedoch auf völlig andere Zahlenverhältnisse:

total heat consumption kWh / a ; level of efficiency	100.750,00	73,13%
total energy costs € / a ; € / kWh	9.544,86 €	0,0693 €
total energy costs € / (m ² NFA*a)	4,74 €	
% hot water	47,76 %	
% heating	52,24 %	

Anteile von Heiz- und Warmwassererwärmungskosten



Gesamtenergiebedarf und Wärmebedarf in der Zusammenfassung

Addiert man zum gesamten Wärmeverbrauch eines Gebäudes noch den Stromverbrauch der Nutzer hinzu, beträgt die Summe der tatsächlich in den Wohnungen gemessenen Heizenergie-Verbräuche (ohne Anlagen- und Leitungsverluste) gerade einmal 26% des Gesamtenergiebedarfs. Dies bedeutet in der Konsequenz, dass statt der Fokussierung auf den Heizenergiebedarf durch den Verordnungsgeber die Energieverbräuche der Warmwasserbereitung, die Anlagen- und Leitungsverluste sowie die Stromverbräuche stärker in den Mittelpunkt der Betrachtungen im Hinblick auf Energieeffizienz rücken müssen.

2.2 Analyse „Berlin 36/38“, Stutensee, EnEV 2009

Vom Gesetzgeber wurden die Mindestanforderungen der EnEV kontinuierlich verschärft. So war es uns im Jahr 2011 auf der Grundlage der EnEV 2009 nicht mehr möglich, unter Beibehaltung der Dämm-Standards der Gebäude im Brüsseler Ring in Eggenstein-Leopoldshafen und deren Energiekonzept (Gas-Brennwerttherme und thermische Solaranlage) unsere Mehrfamilienhäuser in der Berliner Allee 36 und 38 in Stutensee zu errichten. Zur Erfüllung der Mindestanforderungen der zum Zeitpunkt der Planung aktuellen EnEV wurde es notwendig, dezentrale Lüftungssysteme mit Wärmerückgewinnung für die einzelnen Wohnungen vorzusehen.



*11-Familienhaus Berliner Allee 38,
Stutensee-Friedrichstal*



*8-Familienhaus Berliner Allee 36,
Stutensee-Friedrichstal*

In der folgenden Tabelle wurden die Heizenergie-Verbräuche auch dieser beiden Gebäude umfassend analysiert. Sowohl in den Einzelwerten als auch im Durchschnittsverbrauch der Gebäude waren trotz Einbau dieser dezentralen Lüftungsgeräte mit Wärmerückgewinnung keine signifikanten Unterschiede zu den Häusern im Brüsseler Ring in Eggenstein-Leopoldshafen zu erkennen.

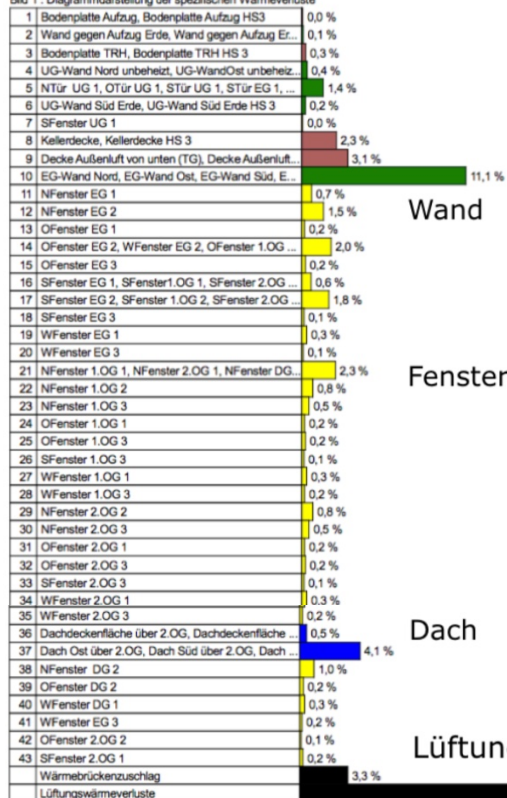
	1 ZW		2 ZW		3 ZW		3 ZW PH		4 ZW		4 ZW PH		5 ZW		
	kWh/(m²a)	€/m²a	kWh/(m²a)	€/m²a	kWh/(m²a)	€/m²a	kWh/(m²a)	€/m²a	kWh/(m²a)	€/m²a	kWh/(m²a)	€/m²a	kWh/(m²a)	€/m²a	
1st floor	average	-	45,70	3,21	57,74	4,19	-	-	55,15	4,10	-	-	62,66	4,40	
	min	-	45,70	3,21	51,44	3,62	-	-	55,15	4,10	-	-	62,66	4,40	
	max	-	45,70	3,21	64,03	4,76	-	-	55,15	4,10	-	-	62,66	4,40	
	range	-	-	-	-	124,48%	131,58%	-	-	-	-	-	-	-	-
	number	-	-	1	1	2	2	-	-	1	1	-	-	1	1
2nd/3rd floor	average	-	22,44	1,58	37,14	2,76	-	-	38,95	2,78	-	-	-	-	
	min	-	16,53	1,16	25,11	1,82	-	-	19,81	1,47	-	-	-	-	
	max	-	28,35	1,99	49,73	3,70	-	-	60,43	4,25	-	-	-	-	
	range	-	171,49%	171,49%	198,00%	202,50%	-	-	304,97%	288,52%	-	-	-	-	
	number	-	-	2	2	2	2	-	-	6	6	-	-	-	
4th floor (PH)	average	-	61,58	4,58	-	-	53,64	3,85	-	-	97,00	6,82	-	-	
	min	-	61,58	4,58	-	-	39,09	2,91	-	-	97,00	6,82	-	-	
	max	-	61,58	4,58	-	-	68,18	4,79	-	-	97,00	6,82	-	-	
	range	-	-	-	-	-	-	174,39%	164,98%	-	-	-	-	-	
	number	-	-	1	1	-	-	2	2	-	-	1	1	-	

Heizenergieverbräuche Wohnhäuser Berlin 36/38

Im Folgenden wird der Einbau dieser Geräte einer ökonomischen Betrachtung unterzogen.

Spezifische Wärmeverluste

Bild 1 : Diagramm Darstellung der spezifischen Wärmeverluste



Berlin (mit Lüftung mit WRG):
34,56 kWh/m²a

Brüssel 93/95 (ohne Lüftung mit WRG):
35,76 kWh/m²a

Brüssel 91, Bewohner N.:
Heizkosten: 98,40 €/a



Wärmerückgewinnungsgrad >80% (?)

Zusätzliche Investitionskosten Lüftungssystem: 3.000,00 €
Lebensdauer 20 Jahre / Abschreibung 5% / Zins: 4%

Abschreibung 3.000,00 € x 5% = 150,00 €/a
Zins 3.000,00 € x 4% = 120,00 €/a
Unterhalts-/Betriebskosten 30,00 €/a

Zusätzliche jährliche Kosten 300,00 €/a

Einbeziehung von Wohnraumlüftern
mit Wärmerückgewinnung

Lüftungswärmeverluste

Erkenntnisse:

Bei einer Lebensdauer von 20 Jahren, einer Abschreibung von 5%, einem Zinssatz von 4% zur Finanzierung dieser Zusatzinvestition sowie der Heranziehung von Betriebskosten von 30,00 €/a ergeben sich jährliche Mehrkosten von ca. 300,00 €. Betrachtet man die Heizkosten der im Detail untersuchten Dreizimmerwohnung von 98,40 € im Jahr, so ist diese Investition ökonomisch nur schwer zu rechtfertigen, zumal im Durchschnittsverbrauch der Gebäude durch den Einsatz der Lüftungsgeräte keine nennenswerten Einsparungen zu erkennen sind.

Es steht außer Frage, dass der Einsatz dieser Technologie zu einem Komfortgewinn führt. So wird ein nutzerunabhängiger Luftwechsel gewährleistet, an lärmbelasteten Standorten ist eine Lüftung von Schlafräumen ohne Komfortverlust möglich. Den von uns erhofften Effekt der Heizenergieeinsparung durch eine signifikante Reduzierung der Lüftungs-Wärmeverluste konnten wir jedoch nicht feststellen.

2.3 Analyse „Berckmüller 28“, Karlsruhe, EnEV 2014

Die Errichtung dieses Gebäudes erfolgte unter Zugrundelegung des Dämm-Standards und des Energiekonzeptes der Gebäude „Berlin“ in Stutensee.



Stadthaus Berckmüllerstraße Karlsruhe mit 21 Wohneinheiten

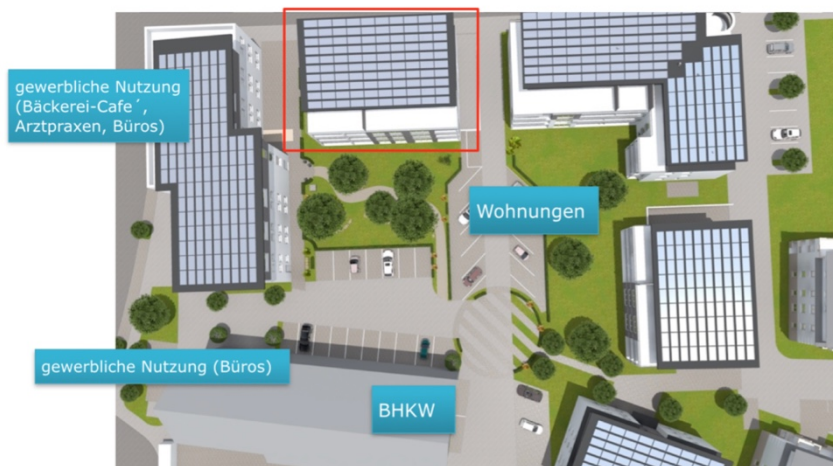
Erkenntnisse:

Auf eine Detailanalyse der Zahlen wird verzichtet, lediglich auf zwei Erkenntnisse soll hier verwiesen werden:

1. Obwohl das Gebäude keine über die Mindestanforderungen der EnEV 2014 hinausgehenden Merkmale aufweist, liegt der Heizenergieverbrauch im Durchschnitt aller Wohnungen bei $29,4 \text{ kWh/m}^2 \text{ a}$.
2. Der Nutzer der Wohnung Nr. 07 ist in der Lage, bei einer Belegung mit 3 Personen seine Vierzimmerwohnung mit einer zu beheizenden Fläche von 119 m^2 mit Kosten von $87,55 \text{ € /a}$ zu betreiben. Der abgelesene Verbrauchswert auf seinem Wärmemengenzähler beträgt $1,065 \text{ MWh}$, was einem Verbrauch von ca. $9 \text{ kWh/m}^2 \text{ a}$ entspricht.

2.4 Analyse „Parkcarré A“, Eggenstein, EnEV 2014, KFW-Effizienzhaus 55

Das vorliegende Mehrfamilienhaus befindet sich im 1. Bauabschnitt eines Quartiers mit weiteren Wohn- bzw. Wohn- und Geschäftshäusern. Im Untergeschoss eines alten Bestandsgebäudes wurde ein mit Gas betriebenes Blockheizkraftwerk sowie ein Gas-Brennwertkessel installiert, zur Versorgung sowohl der Gebäude des 1. Bauabschnitts als auch der sich im Bau befindlichen Gebäude des 2. Abschnitts. Die Pultdächer der neuen Gebäude sind maximal mit Photovoltaik-Kollektoren belegt. Betrieben wird die Anlage von einem ortsansässigen Contractor.



Luisengarten Parkcarré mit Nahwärme und PV-Anlage

Die folgende Graphik zeigt die Energiebilanz des 1. Bauabschnitts: Der überwiegende Teil des vor Ort produzierten Stroms konnte vor Ort verbraucht werden, was am hohen Strombedarf der gewerblichen Nutzer lag.



erster Bauabschnitt

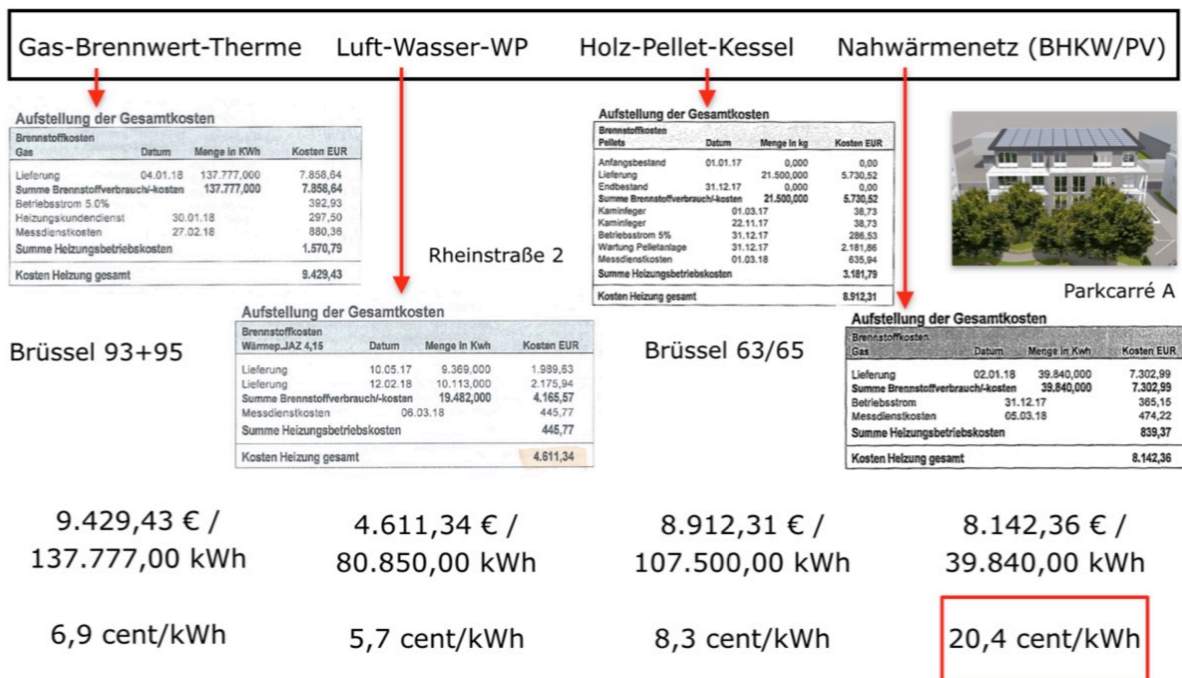
In einer weiteren Tabelle wurden weitere Parameter des zum Ensemble gehörenden von uns analysierten Mehrfamilienhauses dargestellt. Die Veränderungen zum Grundtyp „Brüssel“ wurden rot markiert.

type of building	multi family house	Energieeffizienzhaus Kfw 55
net floor area (heated floor area)	1019,68	m2
year of construction	2016	
Enev-standard	EnEV 2009	
orientation	north-south	
roof type	Pulldach	
relation surface window / outer wall	27,51%	
relation heated NFA / volume	25,35%	
quality of wall + insulation	U= 0,19 W/(m ² K)	
quality of window	U _w =0,6687-0,9213 g=0,5	U _g =0,6 W/(m ² K) U _f =1,4 W/(m ² K)
quality of roof	U=0,194	
thermal bridges	considered	
air-tightness	considered	
heating system	BHKW dezentral / PV	
heat distribution (flow temperatur)	radiator (70/55) as low temperatur heating, floor heating	
DHW (domestic hot water)		
ventilation	Ventilation with heat recovery	
additional investment costs / m ² NFA	planning phase	
	construction phase	
depreciation and interest costs / m ² NFA		
additional maintenance costs / m ² NFA		
total energy consumption kWh / a	39840,00	
total energy consumption kWh / (m ² NFA*a)	39,07	
total heating consumption kWh / a	28878,00	
total heating consumption kWh / (m ² NFA*a)	28,5	
total heat consumption kWh / a ; level of effici	3	
total energy costs € / a ; € / kWh	8.225,66 €	0,2065 €
total energy costs € / (m ² NFA*a)	8,07 €	
% hot water	32,28%	
% heating	67,72%	
number of residents		
total additional charges	30.486,03 €	
relation total heating costs / total additional ch	18,09%	

Erkenntnisse:

Die positiven Ergebnisse des realisierten energetischen Konzepts sind ein geringer Heizenergieverbrauch der neuen Gebäude sowie ein hoher Anteil an regenerativer bzw. durch Kraft-Wärmekopplung vor Ort erzeugten und auch vor Ort verbrauchten Energie. Dies entspricht der Zielrichtung dessen, was aktuell auf Seiten des Gesetzgebers gefordert und gefördert wird. Dieser positiven ökologischen Betrachtung steht jedoch eine negative ökonomische entgegen:

Die folgende Übersicht zeigt die Kosten verschiedener Energiesysteme von sich in unserer Verwaltung befindenden Objekten: Sie zeigt, dass der Wärmepreis des oben beschriebenen Contracting-Modells das 2,5- bis 3,5-fache der übrigen Energiesysteme beträgt. Auch wenn man berücksichtigt, dass im Wärmepreis des Contracting-Modells Abschreibungen für die Investitionskosten der installierten Technik enthalten sind, ist der große Preisunterschied dem Endkunden nur schwer vermittelbar.



Wärmepreise der Energiesysteme im Vergleich

Weitere negative Konsequenzen ergeben sich aus der Preisstruktur des Contracting-Modells, was die folgende Darstellung verdeutlicht:



Ermittlung der Heizkosten			
Kosten der Heizanlage		8.142,36 EUR	
abzüglich Erwärnkosten Warmwasser	-	2.628,35 EUR	
Zwischensumme		5.514,01 EUR	
= Gesamtheizkosten		5.514,01 EUR	68%

Kostenverteilung			
Heizkosten		5.514,01 EUR	entspricht 67,72 %
Grundkosten Heizung	30,000 %	=> 1.654,20 EUR	: 1.019,680 qm beh. Fläche
Heizkosten	70,000 %	=> 3.859,81 EUR	: 31,283 Einheiten

POS	Benennung	ME	€/IME	Gesamt
Abrechnungszeitraum: 01.01.2017 bis 31.12.2017				
Arbeitspreis:				
	Wärmemengenzähler:	44682100		
	Stand 01.01.2017:	62,73 MWh		
	Stand 31.12.2017:	102,57 MWh		
	Verbrauch:	39,84 MWh		
	Arbeitspreis:	0,0486 €/kWh (netto)		
	Verbrauchsabhängiger Preis:	1,936,22 € (netto)	flexibel	
Leistungspreis:				
	Leistungspreis:	3,894,75 € p.a.	fix	
	Zeitraum:	12 von 12 Monaten		
	Leistungsabhängiger Preis:	3,894,75 € (netto)		
Betriebsführungspreis:				
	Leistungspreis:	306,00 € p.a.	flexibel	
	Zeitraum:	12 von 12 Monaten		
	Verbrauchsabhängiger Preis:	306,00 € (netto)		
				6.136,97 €
	Zwischensumme netto			6.136,97 €
	zzgl. 19% MwSt.			1.196,02 €
	Zwischensumme brutto			7.302,99 €

Beeinflussbare Kosten

$$(1.936,22 \text{ €} + 306,00 \text{ €}) \times 1,19 \times 68\% = 1.814,40 \text{ €}$$

$$\text{Verteilung (70/30) } 70\% = 1.270,08 \text{ €}$$

$$1.867,77 \text{ €} : 5.514,01 = 23 \%$$

- Der Nutzer des Gebäudes ist der Haupteinflussfaktor für den Heizenergieverbrauch. Er kann aber dessen Kosten durch energiebewusstes Verhalten kaum beeinflussen

- Je mehr Energie er verbraucht, desto geringer ist der Wärmepreis pro kWh

Preisstruktur des Contracting-Modells

Der Nutzer des Gebäudes, als der Haupteinflussfaktor für dessen Heizenergieverbrauch, kann durch den hohen Fixkostenanteil des Preismodells seine Energiekosten durch entsprechendes Verhalten nur geringfügig beeinflussen.

2.5 Analyse „Paul Klee“, Wörth, EnEV 2014, KFW-Effizienzhaus 40

Die dargestellten Gebäude gingen Ende 2017 in Betrieb, so dass uns hier noch keine aktuellen Verbrauchsdaten vorliegen. Im Folgenden soll jedoch eine theoretische Betrachtung zur Effizienz der in Anspruch genommenen Subvention gemacht werden:

Ausgehend von einem Heizenergieverbrauch von $35 \text{ kWh/m}^2 \text{ a}$, wie es ein im Mindeststandard der EnEV errichtetes Gebäude erwarten ließe (siehe auch Auswertung „Brüssel“), wäre für die beiden Gebäude bei ca. 1000 m^2 beheizter Fläche ein Jahresverbrauch von insgesamt ca. 35.000 kWh zu erwarten. Der Verbrauch der auf den KFW Effizienzhaus 40 Standard optimierten Gebäude sollte bei ca. 25.000 kWh/a in Summe liegen. Dies bedeutet eine Einsparung von ca. 10.000 kWh/a . Für diese Einsparung wurde eine Subvention eingesetzt (Tilgungszuschuss von je 10.000 € für 12 Wohnungen und Zinsverbilligung von Darlehen der Käufer) in Höhe von $> 120.000 \text{ €}$.

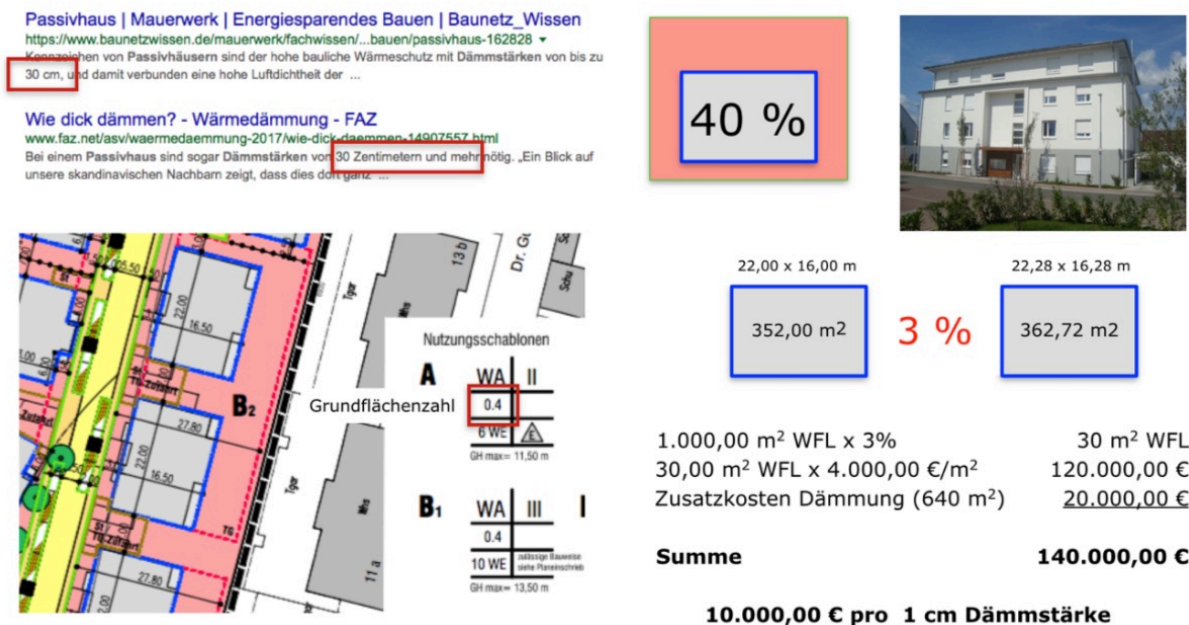
Mit diesem Betrag wäre es möglich gewesen, eine Photovoltaikanlage zu installieren für eine Stromerzeugung von $> 100.000 \text{ kWh}$. Man hätte also durch diese Subvention das zehnfache an Energie regenerativ im Jahr produzieren können, als durch Verbesserung von Gebäudehülle und Haustechnik zur Erreichung des KFW Effizienz 40 Standards eingespart wird.



Wohnbauprojekt in Wörth am Rhein mit 12 Wohneinheiten

2.6 Theoretische Überlegungen zur Außenwand des Passivhauses

In den vergangenen zehn Jahren haben wir unsere Gebäude kontinuierlich vom Dämmstandard der EnEV 2004, KfW Effizienzhaus 60 bis zum KfW Effizienzhaus 40 Standard der EnEV 2014 ertüchtigt. Als nächste Stufe war es naheliegend, den Passivhaus-Standard ins Auge zu fassen. Hierzu haben wir, wiederum bezogen auf das Zehnfamilienhaus „Brüssel“, folgende theoretische Überlegung zur Ertüchtigung der Außenwand angestellt:



Grundstücksausnutzung und Dämmstärke

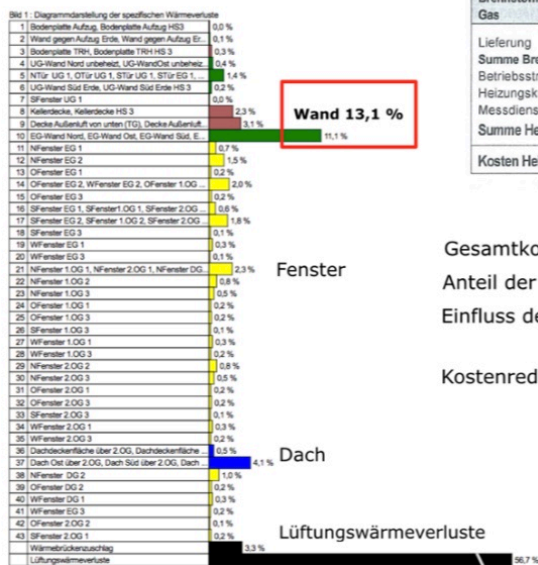
Das Referenzgebäude „Brüssel“ verfügt über eine Außendämmung von 16 cm, WLГ 035. Bei Passivhäusern sind Dämmstärken von bis zu 30cm nicht unüblich, so dass hier die Auswirkungen der Erhöhung der Außenwanddämmung um 14 cm untersucht werden.

Das Maß für die Ausnutzung eines Grundstücks ist die Grundflächenzahl im Bebauungsplan. Die im Beispiel aufgeführte Zahl 0,4 bedeutet, dass 40% der Grundstücksfläche mit einem Gebäude bebaut werden dürfen. Die extrem hohen Grundstückskosten in deutschen Ballungsgebieten haben zur Konsequenz, dass wir als Bauträger grundsätzlich an die obere Grenze des Zulässigen gehen.

Eine Erhöhung der Außenwanddämmung um 14 cm hätte eine Überschreitung der zulässigen Grundflächenzahl von 3% als Ergebnis, so dass wir zur Einhaltung der Bebauungsplanfestsetzungen gezwungen werden, die Nettokubatur um 3% zu reduzieren. Dies entspricht ca. 30 m² Wohnfläche beim untersuchten Zehnfamilienhaus. Diese Reduktion der verkauf- bzw. vermietbaren Wohnfläche generiert Mindererlöse in einer Größenordnung von ca. 120.000,00 €, unter Zugrundelegung eines aktuellen Marktpreises von 4.000,00 €/m² Wohnfläche. Addiert man die Kosten der zusätzlichen Dämmung hinzu, summieren sich die Kostensteigerung bzw. Erlösminderung auf 140.000,00 €.

Wie verhalten sich nun die potentiellen jährlichen Einsparungen an Heizenergie zu diesen Kosten? Die folgende Graphik zeigt die Heizkosten des Gebäudes Brüsseler Ring 93 in Eggenstein-Leopoldshafen im Jahr 2017 und den möglichen Einfluss durch die Verbesserung der Außenwanddämmung. Eine Reduktion der Transmissionswärmeverluste der Außenwand kann in Summe maximal Heizkosten in Höhe von 274 €/a beeinflussen. In einem Simulationsmodell ließe sich die Höhe der erreichbaren Reduzierung einfach beziffern. Wie sähe jedoch die tatsächliche Einsparung in einem realistischen Praxisversuch aus?

Spezifische Wärmeverluste



Aufstellung der Gesamtkosten

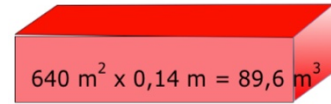
Brennstoffkosten	Datum	Menge in KWh	Kosten EUR
Gas	04.01.18	137.777,000	7.858,64
Lieferung			7.858,64
Summe Brennstoffverbrauchskosten		137.777,000	7.858,64
Betriebsstrom 5.0%			392,93
Heizungskundendienst	30.01.18		297,50
Messdienstkosten	27.02.18		880,36
Summe Heizungsbetriebskosten			1.570,79
Kosten Heizung gesamt			9.429,43

Heizkosten Brüssel 93+95

Gesamtkosten (1 Haus) / a:	7.858,64/2 €	3.929,32 €
Anteil der Heizung:	53,28 % x 3.929,32 €	2.093,54 €
Einfluss der Außenwände:	13,1 % x 2.093,54 €	274,25 €
Kostenreduktionspotential durch Erhöhung der Dämmung von 16 auf 30 cm :		
	10 % ?	27,00 €/a
	20 % ?	54,00 €/a
	30 % ?	81,00 €/a
Zusatzkosten / Erlösminderung:		140.000,00 €

Heizenergieeinsparung und Dämmzusatzaufwendung

Führt man nach der ökonomischen Betrachtung der Maßnahme eine ökologische Betrachtung der Verbesserung der Außendämmung durch, so stellt sich hier die Frage nach dem Verhältnis der eingesetzten Energie für die Erzeugung, den Transport und die Entsorgung der ca. 90 m³ zusätzlichen Dämmung zur generierten Energieeinsparung über die gesamte Lebenszeit des Bauteils Außenwand.



Menge Dämmmaterial

Hier wäre eine Grenzbetrachtung interessant, bis zu welcher Dimension der Außendämmung überhaupt eine positive gesamtökologische Bilanz der Maßnahme erkennbar bleibt, bzw. ab welchem Jahr bei der zu Grunde gelegten Dammstärken-Erhöhung von 14 cm diese Bilanz positiv wird.



Produktion



Transport



Entsorgung

In diese Betrachtung einfließen sollte auch die Tatsache eines Wohnflächenverlustes von ca. 3%, im vorliegenden Fall also ca. 30 m². Diese Fläche entspricht ca. 80% der in der folgenden Graphik dargestellten Einzimmerwohnung.



1-Zimmerwohnung Typ „York“

Um jeweils gleiche Wohnflächengrößen miteinander zu vergleichen, müsste die zur Herstellung dieser Wohnfläche für die Konstruktion notwendige graue Energie in der obigen Bilanz mitberücksichtigt werden. Des Weiteren zu betrachten ist die zusätzliche Fläche an Baugrund, die für den Bau dieser 30 m² zur Verfügung gestellt werden müssen. Im untersuchten Beispiel benötigen 1000 m² Wohnfläche bei einer dreigeschossigen Bebauung ca. 880 m² Grundstücksfläche, so dass für 30 m² Wohnfläche ca. 26 m² Baugrund zusätzlich versiegelt würden.

3.0 Zusammenfassung



Brüssel 93/95, 2009-2012
35,76 kWh/m²a
KFW 60, EnEV 2004



Berlin, 2010
34,56 kWh/m²a
EnEV 2009



Berckmüller 28, 2016
29,40 kWh/m²a
EnEV 2014



Parkcarré A, 2016
29,50 kWh/m²a
KFW 55, EnEV 2014

Energieverbrauch in Passivhäusern hängt von Nutzerverhalten ab

Um die oftmals sehr teuren Investitionen zur Wärmedämmung und Wärmerückgewinnung in Passivhäusern rechtfertigen zu können werden oft unrealistische Annahmen für die Berechnung verwendet. Der Druck für Hausbauer teure Dämm- und Wärmerückgewinnungssysteme zu verwenden wird dabei oft von Land und Bund zusätzlich erhöht, da es bestimmte **Förderungen** erst ab einem bestimmten Dämmwert bzw. Heizwärmebedarf gibt. Ob diese Strategie nachhaltig ist, wird durch die Ergebnisse dieser Studie deutlich in Frage gestellt.

Heizwärmebedarf beim Passivhaus 441% über errechnetem Wert

- Das **Passivhaus** sollte einen Heizwärmebedarf von 9,03 kWh/m² aufweisen. In der Auswertung der tatsächlichen Ergebnisse kam jedoch ein **Ist-Wert von 39,9 kWh/m²** heraus (+441,9%).
- Beim **Niedrigenergiehaus** wurde ein **Soll-Wert von 36,3 kWh/m²** errechnet und der Ist-Wert lag hier im Schnitt mit **38,4 kWh/m²** nur **5,8%** über dem Planwert.

FH Vorarlberg, AlpS GmbH, Bregenz 2018

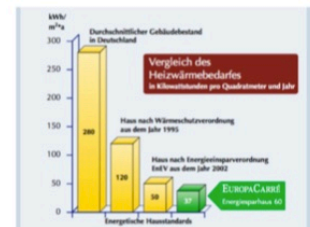
Parkcarré A : Brüssel 93/95

29,50 kWh/m²a / 35,76 kWh/m²a = 0,83

Reduktion **17%**

Unterschied im Nutzerverhalten

300-400%



Zusammenfassende Bewertung

Der Zehnfamilienhaustyp „Brüssel“ wurde im Laufe von knapp 10 Jahren kontinuierlich vom EnEV Standard 2004 KFW Effizienz 60 bis zum EnEV Standard 2014, KFW Effizienz 55 verbessert. Im Wesentlichen wurden folgende Veränderungen durchgeführt:

- Änderung der Orientierung von Ost-West auf Nord-Süd
- Dreifach- statt Zweifach-Verglasung der Fenster
- Verbesserung der Dachdämmung
- Installation eines dezentralen Lüftungssystems mit Wärmerückgewinnung
- Intensive Betrachtung und Optimierung der Wärmebrücken
- Luftdichtheitsprüfung

Trotz der Vielzahl dieser zum Teil sehr kostenintensiven Maßnahmen wurde lediglich eine Verbesserung des Heizenergieverbrauchs von ca. 17 % im Durchschnitt erreicht. Besonders ernüchternd ist diese Zahl, wenn man berücksichtigt, dass die Spreizung des Heizenergieverbrauchs bei identischen Wohnungen bei 300-400 % liegt, der Einfluss der Nutzer also über einem Vielfachen des Einflusses der dämm- und energietechnischen Verbesserung des Gebäudes liegt. Hieraus stellt sich die Kernfrage, wie es gelingen kann, die Energiewende im Einklang mit dem Nutzer zu schaffen.

Eine positive Erkenntnis ist die Tatsache, dass es möglich ist, jede Wohnung der untersuchten Gebäude, selbst die auf der Grundlage der EnEV 2004 errichteten, im Passivhaus-Standard zu betreiben, insofern der Bewohner sein Nutzungsverhalten entsprechend anpasst. Selbst die Durchschnittsverbräuche aller von uns untersuchten Gebäude liegen unter dem Durchschnittsverbrauch der in der folgenden Studie untersuchten Passivhäuser in Vorarlberg. Hieraus lässt sich die Frage ableiten, bis zu welchem Grad eine weitere Verschärfung der energetischen Anforderungen an Gebäude noch sinnvoll ist. Ergeben sich in der Realität des Bewohners tatsächliche Energieeinsparungen oder sind diese nur in theoretischen Simulationsmodellen ablesbar?

<http://vorarlberg.orf.at/news/stories/2586260>

4.0 Schlussfolgerungen, Konsequenzen und Ausblick

Eine der wesentlichen Erkenntnisse der Studie ist die Tatsache, dass das Nutzerverhalten des Bewohners eines Gebäudes einen signifikant höheren Einfluss auf den Heizenergieverbrauch hat, als die thermische Qualität der Gebäudehülle bzw. die Effizienz der Gebäudetechnik. Wie ist es nun möglich, dieses Verhalten im Sinne eines sparsamen Umgangs mit Energie zu beeinflussen?

Der Ansatz, die Gebäudetechnik durch Vorgabe einer maximalen Raumtemperatur bzw. eines definierten Luftwechsels über das Raumklima des Nutzers bestimmen zu lassen, ist in einer freien Gesellschaft nicht realistisch. Eine weitere Möglichkeit ist die drastische Erhöhung der Energiekosten durch steuerliche Maßnahmen. Aufgrund der festgestellten geringen Relevanz der Heizkosten im Verhältnis zu den gesamten Wohnkosten, erscheint dieser Ansatz auch wenig zielführend. Desweiteren würde diese Maßnahme in erster Linie Haushalte in älteren Bestandsgebäuden treffen, was sozialpolitisch auch nicht gewünscht sein kann. So bleibt lediglich der Ansatz, durch Aufklärung und Information den Gebäudenutzer zu energetisch sparsamen Verhalten zu motivieren.

Ein weiteres Ergebnis unserer Analyse ist die Erkenntnis, dass die aktuelle thermische Qualität der von uns errichteten Gebäude den Nutzer in die Lage versetzt, jede Wohnung in jedem Geschoss durch ein angepasstes Verhalten als Niedrigstenergie- bzw. sogar als Passivhaus betreiben zu können. Wir haben diese und weitere Erkenntnisse aus unserer Studie in dem aktuellen Projekt "Luisengarten" wie folgt umgesetzt:



Aktuelle Projekte:
„Luisengarten Ambiente“

Wohngebäude, 20 Einheiten,
2060 m² WFL, 2019, BHKW,
Gas-Brennwert-Therme,
Eigentümergeinschaft als
Betreiber von BHKW und PV,
Batteriespeicher, **KFW**
Effizienz 55

Anstatt durch weitere Erhöhungen der Dämmstärken mit den in der Studie beschriebenen ökonomischen (und auch ökologischen) Konsequenzen in der Theorie weitere Heizenergie zu sparen, investieren wir stattdessen auf Basis des Dämmstandards nach EnEV KfW 55 in die Produktion von regenerativer Energie. Die Gebäude erhalten eine PV-Anlage mit einer Leistung von 30 kWp. Um einen möglichst hohen Eigenverbrauch zu erreichen, wird die Anlage um einen Batteriespeicher mit einer Leistung von 27 kW ergänzt.

In unserer Studie konnten wir durch die Einführung dezentraler Lüftungsgeräte mit Wärmerückgewinnung keine nennenswerte Heizenergieeinsparung feststellen. Beim aktuellen Projekt "Luisengarten" haben wir deshalb auf diese Technik verzichtet und die eingesparten Kosten in die Errichtung eines gasbetriebenen BHKWs, gepuffert durch einen Spitzenlastkessel auf Gasbasis, investiert. Das BHKW übernimmt die Grundlast der Wärmeversorgung der Wohnanlage und erzeugt darüber hinaus weitere elektrische Energie. Diese soll wie der PV-Strom möglichst vor Ort verbraucht werden. Die Abrechnung dieses vom Gesetzgeber sehr kompliziert ausgestalteten Mieterstrommodells erfolgt durch einen externen Dienstleister.

PV-Anlage, BHKW und Stromspeicher sind im Besitz der Wohnungseigentümergeinschaft. Die Erlöse aus dem Verkauf des Stroms an die Nutzer werden dem Instandhaltungskonto der Wohnungseigentümergeinschaft zugeschrieben. Diese Konstruktion ist die Konsequenz aus dem aus Nutzersicht hohen Wärmepreis des von uns analysierten Contracting-Modells der Studie.

Auch wenn wir mit dem BHKW und dem Gasbrennwertkessel noch einen nennenswerten Anteil an fossiler Energie verbrauchen, halten wir dieses Konzept trotzdem für zukunftsfähig: Die Bundesrepublik Deutschland wird in Kürze aus der Kernenergie ausgestiegen sein und bis zum Jahr 2038 aus der Kohlenenergie aussteigen. Dies bedeutet, dass, um Versorgungssicherheit zu gewährleisten, auf der einen Seite in wenigen Jahren gewaltige Fortschritte in Bezug auf Speicherung von Energie in großen Dimensionen erfolgen müssen. Auf der anderen Seite sind enorme Kapazitäten zur Stromerzeugung neu zu errichten. Gasbetriebene BHKWs werden hierfür einen

nennenswerten Baustein darstellen, zumal sie auch mit regenerativem Biogas betrieben werden können. Die aktuelle Förderung dieser Technologie durch den deutschen Gesetzgeber belegt, dass dies von Seiten des Verordnungsgebers auch so gesehen wird.

Ein weiterer Aspekt für die Zukunftsfähigkeit dieser Technologie ist das Vorhandensein eines umfangreichen Gasnetzes in Deutschland. Dies hat das Potential, mittelfristig einen signifikanten Beitrag zur Speicherung von Energie beizutragen (power to gas).

Die Analyse der Energiekonzepte und thermischen Hülle der von uns in den letzten Jahren errichteten Mehrfamilienhäuser brachte eine Fülle, zum Teil überraschender, Erkenntnisse. Bei der Entwicklung des Projektes „Luisengarten“ war es unser Ziel, auf der Basis der Ergebnisse der von uns durchgeführten Studie ein Niedrigstenergiegebäude zu errichten, wo ökonomische, ökologische und soziale Aspekte gleichberechtigt Berücksichtigung finden.