



E n e r g i e b e r a t u n g



Beratungsbericht zur energetischen Sanierung von Gebäuden

IST-Zustand



Auftraggeber: Max Mustermann
Mustergasse 1
68000 Musterstadt

Projekt: (6949) Mustergasse 3
68000 Musterstadt

Berater: Micha Müller
Seehofstr. 60
64653 Lorsch

Ausstellungsdatum 24.07.2010

Teil 1



Vorbemerkungen

Grundlage dieses Energiegutachtens ist die Bestandsaufnahme des Gebäudes vom 08.04.2010, 9:00 und 21.05.2010, 8:00

Zu beiden Terminen waren der Beratungsempfänger Hr. **Muster** und Hr. Micha Müller vor Ort.

Übergebene Unterlagen:

- ein Schornsteinfegerprotokoll in Kopie

Bei den bereits vorher übergebenen Plänen, wurde festgestellt, dass diese kaum etwas mit dem Bestand zu tun hatten. Deshalb wurden diese bereits am ersten Termin zurückgegeben und es wurde ein gemeinsames Aufmaß angefertigt.

Teil 1 - Inhalt

Vorbemerkungen	2
Ergebnisse in Kurzfassung	4
Energieberatung – „Was ist das?“	6
Zweck der Beratung	7
Fragen und Wünsche des Beratungsempfängers.....	7
Ist-Analyse	9
Allgemeine Zustandsbeschreibung	9
Fotos.....	10
Bauteile und Anlagentechnik.....	13
Hüllfläche	13
Aussenwände	14
Innenwände	14
Kellerdecke	15
Erdgeschossdecke / Dach.....	15
Fenster und Fenstertüren.....	16
Türen	16
Heizungsanlage.....	17
Lüftung	17
Bauschäden.....	17
Wärmebrücken + Schwachstellen.....	18



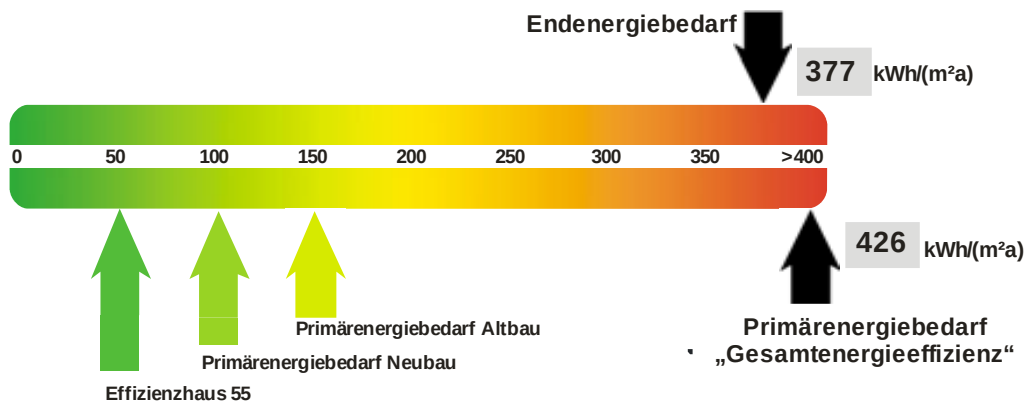
Nutzung + „Heizbereiche“	20
Energieverbrauch	21
Energiebedarf - Übersicht	21
Energiebilanz.....	22
Transmissionswärmeverluste	23
Nutzenenergiebedarf ($Q_h + Q_w$).....	24
Endenergiebedarf Q_E	24
Jahresprimärenergiebedarf Q_p	25
Primärenergiefaktor f_p	26
Anlagenaufwandszahl.....	27
Umweltbelastung	27
Vergleiche Ist-Zustand	29
U- Wert- Übersicht.....	29
Energieverbrauchsvergleich zu Altbau, Neubau und Effizienzhaus	30
Vergleich Jahresprimärenergiebedarf.....	31
Vergleich Transmissionswärmeverlust.....	31
Beurteilung	33
Hintergründe und MEHR	35
Wer will's wissen?.....	35
R_T - Wärmedurchgangswiderstand	35
U - Wärmedurchgangskoeffizient	38
Temperaturprofil	40
Behaglichkeit	42
Wasserdampfdiffusion.....	43
Sd-Wert	43
Sättigungsdruck - Partialdruck.....	44
Glaser Diagramm	47



Ergebnisse in Kurzfassung

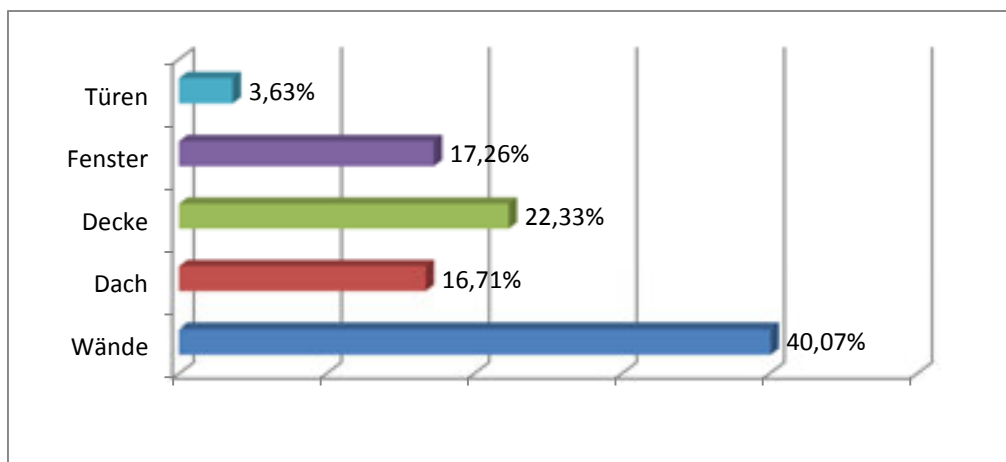
Das Gebäude hat einen Endenergiebedarf von 377 kWh pro m² und Jahr.

Der Primärenergiebedarf, der auch die Verluste durch die vorgelagerten Prozesse (Energieerzeugung bzw. Umwandlung) berücksichtigt, liegt bei 426 kWh/(m²a). Die Höchstgrenze für den sanierten Altbau liegt zum Vergleich bei 158 kWh/(m²a).



Durch Ihr sparsames Verhalten unterschreiten Sie zwar diese genannten Werte. Deshalb ist Ihr tatsächlicher Verbrauch auch niedriger. Zur Beurteilung und Vergleich mit anderen Gebäuden werden diese Werte aber herangezogen.

In diesem Teil werden wir Ihnen Ihre analysierten Bauteile vorstellen. Sie werden erkennen, dass die Wände für den meisten Energieverlust verantwortlich sind.



Prozentualer Vergleich der Transmissionswärmeverluste

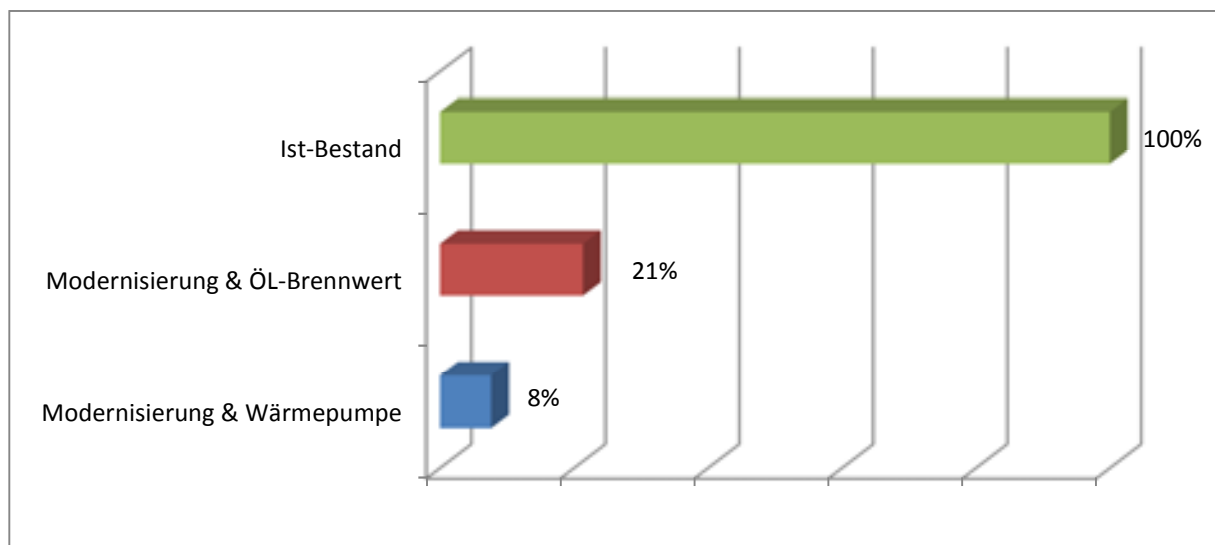


Das vorstehende Diagramm gibt einen kurzen Überblick über die Verluste durch die Gebäudehülle. Genauer wird hierauf auf den nächsten Seiten eingegangen.

Neben der Gebäudehülle werde ich aufzeigen, dass auch in dem Wärmeerzeuger ein hohes Einsparpotential vorhanden ist.

Es werden neben fünf Einzelmaßnahmen auch vier Maßnahmen-Kombinationen aus umwelttechnischer, wirtschaftlicher aber natürlich auch energetischer Sicht analysiert und bewertet.

Im Hinblick auf die Wirtschaftlichkeit der Maßnahmen ist zu berücksichtigen, dass für die Maßnahmen keine Eigenleistung berücksichtigt wurde. Durch Eigenleistung und Fördergelder kann die Wirtschaftlichkeit teilweise erheblich verbessert werden.



Prozentualer Vergleich bezogen auf den individuellen Endenergiebedarf

Wie schon aus dem oberen Diagramm sehen können ist es möglich, den Endenergiebedarf von derzeit 100% mit verschiedenen Maßnahmen und einer Öl-Brennwert-Heizung auf 21 % zu reduzieren.

Mit dem Einbau einer Wärmepumpe ist sogar eine Reduzierung der Endenergie auf bis zu 8% der jetzigen Energie möglich.



Energieberatung – „Was ist das?“

Bei einer Energieberatung wird zunächst der Ist-Zustand des Gebäudes analysiert. Es werden die einzelnen Bauteile bewertet. Hierzu gehören Außenwände, Decken, Böden, Fenster usw. Die verwendeten Materialien werden möglichst genau ermittelt, Dämmstoffdicken werden gemessen.

Auch die vorhandene Heizungsanlage sowie technische Einrichtungen werden aufgenommen.

Neben der reinen Bausubstanz und Anlagentechnik wird versucht, auch das Nutzerverhalten zu ermitteln.

Es wird ein ausgiebiger Rundgang durch und um das Gebäude durchgeführt. Falls Schäden oder Mängel vorliegen, werden auch diese dokumentiert.

Die gesammelten Daten werden durch computergestützte Berechnungen ausgewertet und aufbereitet. Das Ergebnis halten Sie in der Hand.

Es wurde eine Energiebilanz erstellt, die aufzeigt wie gut Ihre Gebäudehülle „gedämmt“ ist. Bei der Heizungsanlage werden deren Verluste und Umweltbelastung aufgezeigt.

Weiterhin werden mögliche Sanierungsmöglichkeiten zur Energieeinsparung gesucht und bewertet. Zu diesen verschiedenen Maßnahmen werden deren voraussichtlichen Einsparungen beschrieben.

Dieses Gutachten soll helfen, auf Ihr Objekt und Sie abgestimmte Maßnahmen durchzuführen, die darüber hinaus auch wirtschaftlich sinnvoll sind. Bei einem persönlichen Gespräch werden die Ergebnisse besprochen.

Diese ausgearbeiteten Maßnahmen sind jedoch nur Sanierungsvorschläge. Sie ersetzen nicht die technische Planung und Beurteilung, die durch Fachplaner bzw. Fachbetriebe durchzuführen sind.

Zur Durchführung und einwandfreien Ausführung der Maßnahme und Baubegleitung können Sie sich gerne an mich wenden. Von der genauen Kostenkalkulation und Einholung von Angeboten bis zur Fertigstellung stehe ich Ihnen gerne „bei Seite“.

Ihr Nutzen liegt vor Allem bei:

Energieeinsparung mit gutem ökologischem Gewissen.

mehr Behaglichkeit und Komfort

Optimierte Gebäudehülle auf dem Stand der Zeit.

Langfristige Kosteneinsparung und Wertsteigerung der Immobilie



Zweck der Beratung

Der Beratungsempfänger plant eine energetische Modernisierung des Gebäudes mit dem Ziel, den Energieverbrauch zu reduzieren.

Er beklagt Zugerscheinungen an den Fenstern. Das gab auch den Ausschlag für die Entscheidung, eine Energieberatung durchzuführen.

Schimmel- oder Feuchteprobleme gibt es nicht.

Fragen und Wünsche des Beratungsempfängers

Kann mein Haus noch atmen oder ist es nach der Sanierung zu dicht? Der Beratungsempfänger äußert Bedenken über Schimmelbildung nach der Sanierung. Das hat er schon oft gehört.

Gibt es eine sinnvolle Alternative zur Ölheizung?

Was ist eigentlich mit Solar? Lohnt sich das? Muss man das vielleicht sogar einbauen?

Wie hoch ist das Einsparpotential bei einer kompletten Sanierung?

Wo gibt es Förderungen oder Zuschüsse?

Die Beantwortung Ihrer Fragen erhalten Sie im am Ende des Teil2.



e p . j e l e l e n w - j e k c e p u c a p . w w w

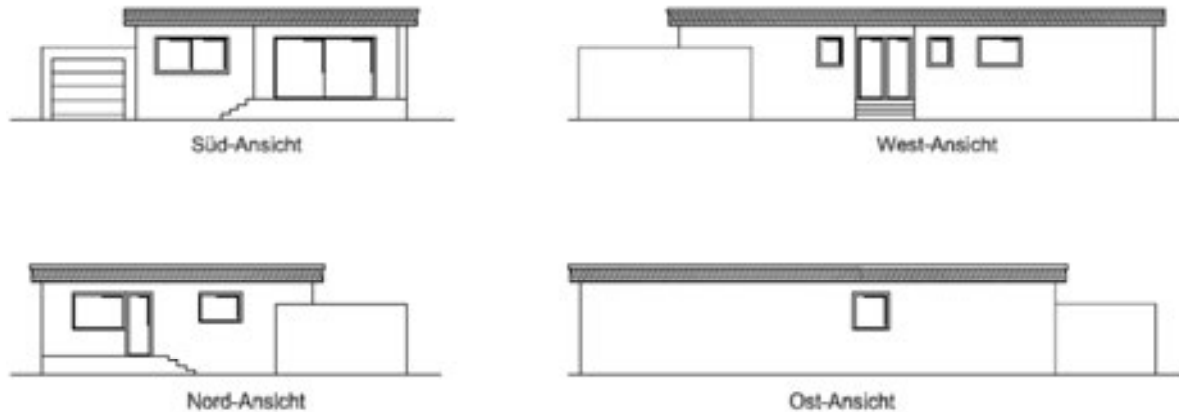
w w w . d a c h d e c k e r - m u e l l e r . d e



Ist-Analyse

Allgemeine Zustandsbeschreibung

Bei dem Objekt handelt es sich um ein freistehendes Einfamilienhaus in **Musterstadt**. Der Bungalow war im Januar 1974 bezugsfertig und hat ein Flachdach. Auf der Nordwestseite ist eine massive Garage auf die Grenze angebaut.



Das Haus ist in einem guten und gepflegten Allgemeinzustand.

Das Gebäude ist komplett unterkellert.

Gebäudeart		Einfamilienhaus
Wohneinheiten		1
Bundesland		Hessen
Bauform		Bungalow
Geschosse		1
Baujahr		1974
Typ		Freistehend
Gebäudegrundform		Rechteckig
Dachform		Flachdach
Klimaregion (DiN 4108-2)		Region C (sommerheiß)
Bruttovolumen (Hülle) Ve	m ³	379,26
Beheiztes Luftvolumen V (76% vom Bruttovolumen)	m ³	288,24
Gebäudenutzfläche AN (32% vom Bruttovolumen)	m ²	121,36
Wärmeübertragende Umfassungsfläche A	m ²	413,57
A/Ve -Verhältnis		1,09
Gebäudeklasse lt HBO		Klasse 1
Direkt beheizter Bereich	%	54



Fotos



Süd-Ansicht



Ost-Ansicht



Nord-Ansicht



West-Ansicht



e p . j e l e l e n w - j e k c e p u c a p . w w w

w w w . d a c h d e c k e r - m u e l l e r . d e



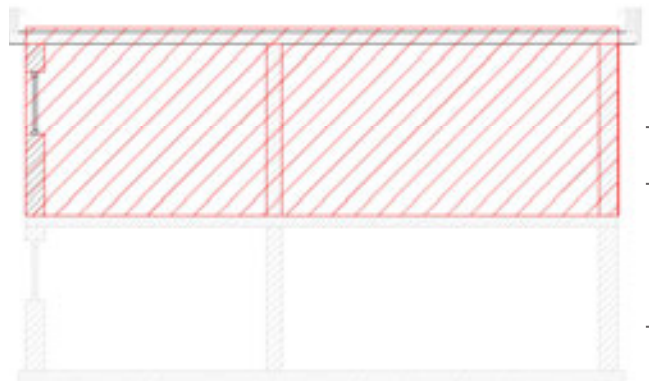
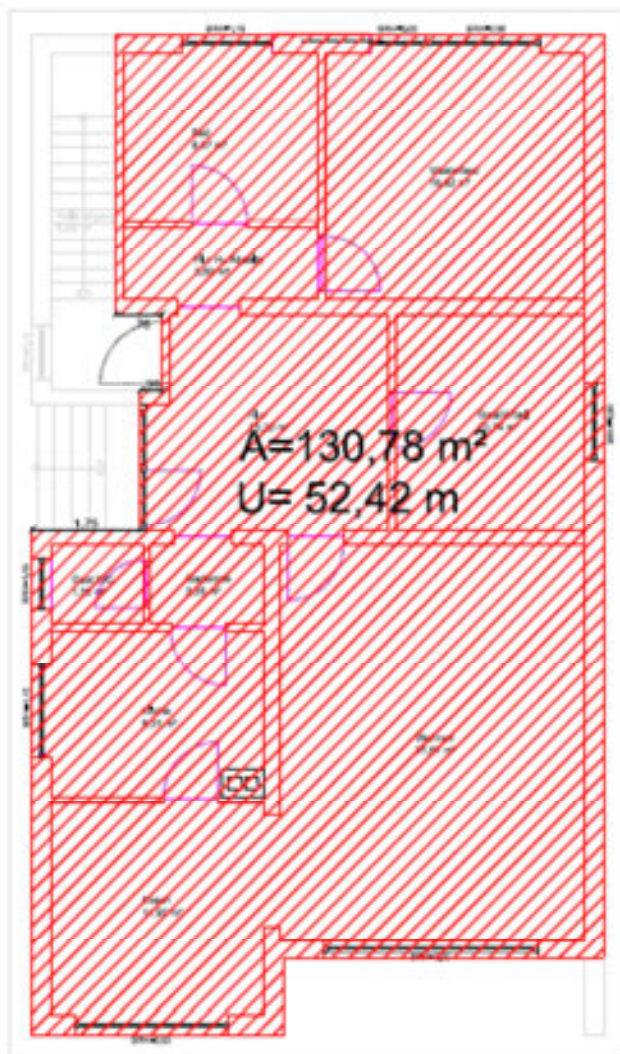
Bauteile und Anlagentechnik

Hüllfläche + Berechnung

Nachfolgend werden die verwendeten Bauteile beschrieben. Dazu erhalten Sie jeweils eine Tabelle, die Aufschluss über deren U-Werte gibt. Zum Vergleich sind die Grenzwerte der aktuellen Energieeinsparverordnung EnEV 2009 auch mit aufgeführt.

Die angegebenen Flächen beziehen sich auf die "wärmeabgebende Umfassungsfläche", die hier dargestellt ist. Die Massenermittlung wurde direkt aus der CAD-Zeichnung übernommen.

$$V_e = 130,78 \text{ m}^2 \cdot 2,90 \text{ m} = 379,26 \text{ m}^3$$



Systemgrenzen des Gebäudes
(bemaßter Plan im Anhang)



Aussenwände



Die Aussenwände sind massiv mit Hohlblocksteinen gemauert und beidseitig verputzt. Der Anstrich wurde mehrfach überstrichen.

Die Hohlblocksteine der meisten Aussenwände sind 30cm dick. Im Bereich des Einganges ist eine Wand mit nur 24cm starken Hohlblocksteinen vorhanden.

Im Bereich unterhalb Fenster sind Heizungsrisen ausgespart. Hier ist das Mauerwerk auf ca 17cm reduziert.

Es wurde festgestellt, dass die Wände nicht atmen.

Pos	Kürzel	Bezeichnung	Fläche	-- U-Wert --	
				vorhanden	EnEV 2009
			m ²	W/m ² K	W/m ² K
1	AW1	Außenwand 30cm Hohlblock	92,69	0,912	0,240
2	AW2	Außenwand 24cm Hohlblock	5,08	1,086	0,240
3	AW3	Außenwand Heizkörpernische	9,34	1,370	0,240

Innenwände



Die Innenwände zu unbeheizten Bereichen sind aus Kalksandsteinen in 24cm und 11,5 cm Dicke gemauert. und auch beidseitig verputzt und tapeziert.

Im Bereich Eingang/ Kellerabgang ist eine 24er Hohlblockwand gemauert, die auch zu unsere Hüllfläche zählt.

Pos	Kürzel	Bezeichnung	Fläche	-- U-Wert --	
				vorhanden	EnEV 2009
			m ²	W/m ² K	W/m ² K
4	IW1	Innenwand 24cm Kalksandstein	2,2	1,650	0,300
5	IW2	Innenwand 11,5 cm Kalksandstein	14,73	1,212	0,300
6	IW3	Innenwand 24cm Hohlblock	1,04	2,232	0,300



Kellerdecke



Die Kellerdecke (Fussboden des Erdgeschosses) besteht aus einer massiven Stahlbetondecke. Oberseitig ist hier eine dünne Dämmung und ein Zementestrich unter dem Belag vorhanden.

Unterseitig (im Keller) ist die Decke gestrichen. Die Decke unterseitig nicht gedämmt. Die meisten Bereiche sind sehr gut zugänglich

Pos	Kürzel	Bezeichnung	Fläche	-- U-Wert --	
				vorhanden	EnEV 2009
			m ²	W/m ² K	W/m ² K
10	Decke	Decke zu Keller	130,8	0,674	0,300

Erdgeschossdecke / Dach



Die Erdgeschossdecke (Decke über dem Erdgeschoss) ist auch aus massivem Stahlbeton. Unterseitig ist eine Gipskartonbauplatte abgehängen. Der Zwischenraum dient als Installationsebene für Kabel usw. Die Decke steht umlaufend über das Mauerwerk hinaus und ist in diesem auskragenden Bereich ungedämmt.

Oberseitig auf der Erdgeschossdecke ist ein mäßig gedämmtes Flachdach mit Bitumenabdichtung vorhanden.

Pos	Kürzel	Bezeichnung	Fläche	-- U-Wert --	
				vorhanden	EnEV 2009
			m ²	W/m ² K	W/m ² K
11	Dach	Flachdach	130,8	0,328	0,200



Fenster und Fenstertüren



Beim Bau des Hauses hat man sich für Holzfenster mit einer Zweischeiben-Isolierverglasung entschieden. Diese haben einen Dreh-Kipp-Beschlag. Auf der Südseite ist eine große Schiebetür verbaut. Alle Fenster und Fenstertüren sind mit aussenseitigen, manuell betriebenen Rollläden ausgestattet. Die Rolllädenkästen über den Fenstern sind ungedämmt.

Die Fenster sind merklich undicht. Es wurde festgestellt, dass so eine Lüftung über diese Undichtigkeiten erfolgt.

Im unbeheizten Keller sind Einfachverglaste Fenster mit Stahlrahmen vorhanden.

Pos	Kürzel	Bezeichnung	Fläche	-- U-Wert --	
				vorhanden	EnEV 2009
			m ²	W/m ² K	W/m ² K
7	Fenster	Holzfenster	20,14	2,770	1,300

Türen



Die Haupteingangstür wurde 2008 erneuert, da es zu massiven Zugbelastungen infolge Undichtigkeiten an der damals Einfachverglasten Tür gekommen ist.

Heute ist eine Tür mit thermisch getrennten Profilen und einer Wärmeschutzverglasung eingebaut. Für dieses Element liegt eine ausführliche U-Wert Berechnung des Herstellers vor.

Die Innentüren sind aus Holz mit Umfassungszargen.

Im Keller sind Brandschutztüren zum Heiz- und Tankraum vorhanden.

Pos	Kürzel	Bezeichnung	Fläche	-- U-Wert --	
				vorhanden	EnEV 2009
			m ²	W/m ² K	W/m ² K
8	Haustür	Alutür	4,75	1,600	2,900
9	Innentür	Holztür	2,04	3,800	2,9 00



Heizungsanlage



Als Heizungsanlage ist ein Stebel-Kessel aus dem Jahr 1973 vorhanden. Der Brenner wurde 1983 gegen einen Weishaupt-Gebläsebrenner ausgetauscht. Die Nennwärmeleistung beträgt 40,7 kW.

Diese zentrale Anlage mit integriertem Wärmetauscher dient auch der Warmwasserbereitung.

Diese Anlage wird mit Öl betrieben.

Es ist ein angrenzender innenliegender Tankraum vorhanden.

In dem vorgelegten Schornsteinfegerprotokoll vermerkt:

- Abgastemperatur 282 °C
- Verbrennungslufttemperatur 22 °C
- Wärmeträgertemperatur 70°C
- Abgasverlust 13%

Es handelt sich um ein geschlossenes System. Es ist eine ungeregelte Umwälzpumpe eingebaut.

Ein hydraulischer Abgleich wurde nicht vorgenommen.

In den Wohnräumen sind Heizkörper unter den Fenstern vorhanden. Diese sind mit Thermostatventilen ausgestattet.

Die Verteilleitungen sind im Keller verlegt und mäßig gedämmt.

Lüftung

Die Lüftung des Gebäudes wird über die Fenster vorgenommen- durch die Undichtigkeiten auch unfreiwillig.

Bauschäden

Der Keller ist „trocken“, auch das Dach ist „dicht“. Bauschäden sind nicht erkennbar.



Wärmebrücken + Schwachstellen

Wärmebrücken weisen einen besonders hohen Wärmestrom auf, sodass während der Heizperiode die Oberflächentemperatur an der Innenseite örtlich begrenzt stärker absinkt.

Dies führt zu:

- höherem Energieverbrauch,
- Feuchtigkeitsproblemen (Tauwasser oder sogar Schimmelbildung)
- Gefährdung der Bausubstanz

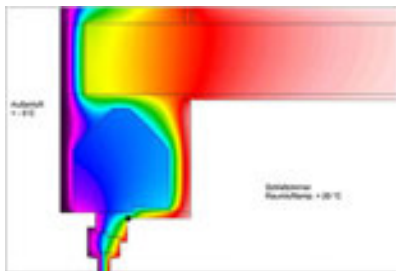
Man unterscheidet konstruktive (z.B. Heizkörmernische), geometrische (z.B. Gebäudeecke) und materialbedingte (z.B. einbetoniertes Geländer)



Die ungedämmten Rollladenkästen sind eine erhebliche Wärmebrücke, da auch deren innere Abdeckung nicht luftdicht ist.

Hier dringt kalte Außenluft durch den äußeren Rollladenauslass bis zur inneren Abdeckplatte.

Deshalb kommt es zu niedrigen inneren Oberflächentemperaturen in diesen Bereichen.



Die Oberflächentemperatur kann sogar soweit absinken, dass an der Oberfläche eine rel. Luftfeuchtigkeit von 100% entsteht.



Auch die überstehende EG-Decke ist eine weitere Wärmebrücke. Kalte Außenluft kühlt den Beton stark ab.

Da der Beton eine gute Wärmeleitung (und keine gute Wärmedämmung) hat, wird die Kälte nach innen transportiert.

Hierdurch kühlt die Deckenfläche innen besonders stark ab und es kann zu Feuchtigkeitsproblemen kommen.

Dies ist eine linienförmige Wärmebrücke.



An den Heizkörpernischen ist die Aussenwand wesentlich dünner.

Hierdurch kommt es zu einem größeren Wärmestrom.

Durch die hier angebrachten Heizkörper und damit verbundenen Wärmeabgabe muss es hier nicht unbedingt zu Feuchtproblemen kommen.

Es handelt sich um eine flächige Wärmebrücke.



Zu den materialbedingten Wärmebrücken zählt das eingeputzte Geländer. Das ist eine punktförmige Wärmebrücke.

Durch das Metall wird die Wärme besonders schnell nach außen geleitet.

Diese Erscheinung sind an weiteren Geländern gegeben.

Die „einfache“ Innentür zum Kellerabgang (in den nicht geheizten Bereich) sowie undichte Fenster sind weitere Schachstellen.

In den Berechnungen wurden Wärmebrückenzuschlag von $0,1 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ angenommen.



Nutzung + „Heizbereiche“



Das Gebäude wird in den letzten Jahren von einer sparsamen Person bewohnt.

Laut eigenen Angaben wird die Temperatur im Winter bei ca 20°C gehalten. Eine Nachtabstaltung oder Nachtabenkung gibt es nicht.

Verbrauchsangaben (durch den Beratungsempfänger angegeben)

Heizöl	3500 l
Strom	3600 kWh



(Plan im Anhang)

Der Warmwasserwärmebedarf wurde mit 41Liter/Tag festgelegt.

Direkt + Nicht Direkt beheizt:

Die Flure und das Schlafzimmer werden nicht direkt beheizt. Gleiches gilt für das Gästezimmer.

Hierdurch wurden 46 % als Anteil nicht direkt beheizte Bereiche berechnet.

In der nebenstehenden Grafik habe ich die Bereiche gekennzeichnet:

rot= direkt beheizt

blau = nicht direkt beheizt



Energieverbrauch

Energiebedarf - Übersicht

Zur Beurteilung des Gebäudes werden Standards aus der EnEV angenommen, um einen Vergleich zu anderen Gebäuden zu ermöglichen.

Sie werden feststellen, dass Ihre tatsächlichen Werte niedriger sind, als die der EnEV. Das bestätigt Ihr sparsames Nutzerverhalten.

Die rechten Spalten geben die Werte bezogen auf die Gebäudenutzfläche an.

ENERGIEBEDARF			Gesamtbedarf		Flächenbezogen auf Gebäudenutzfläche (AN) 32% vom Bruttovolumen	
			Individuell	EnEV	Individuell	EnEV
					pro m ²	pro m ²
<i>Transmissionsverluste</i>	Q_T	kWh/a	16.143,71	29.380,17	133,02	242,09
<i>Lüftungsverluste</i>	Q_V	kWh/a	6.877,45	8.595,93	56,67	70,83
<i>Solare Gewinne</i>	Q_S	kWh/a	-2.767,90	-4.547,18	-22,81	-37,47
<i>Interne Gewinne</i>	Q_i	kWh/a	-844,42	-3.913,46	-6,96	-32,25
<i>Anteil Heizunterbrechung</i>		kWh/a		-4.270,71		-35,19
<i>Heizwärmebedarf (Heizung)</i>	Q_h	kWh/a	19.408,84	25.244,75	159,92	208,01
<i>Trinkwasser-Wärmebedarf</i>	Q_W	kWh/a	649,28	1.517,00	5,35	12,50

Gesamt-Heizwärmebedarf	Q_h+Q_W	kWh/a	20.058,12	26.761,75	165,27	220,51
<i>Nutzenergie (Heizung & Warmwasser)</i>						

Endenergiebedarf	Q_E	kWh/a	35.700,00	45.729,14	294,17	376,81
Jahresprimärenergiebedarf	Q_P	kWh/a	40.536,38	51.667,36	334,02	425,74

Anlagenaufwandszahl	e_p		2,02	1,93	2,02	1,93
<i>(Primärenergie/Heizenergiebedarf)</i>						
Wirkungsgrad Anlagentechnik		%	56,19	58,52	56,18	58,52
<i>(Endenergie/Heizenergiebedarf)</i>						

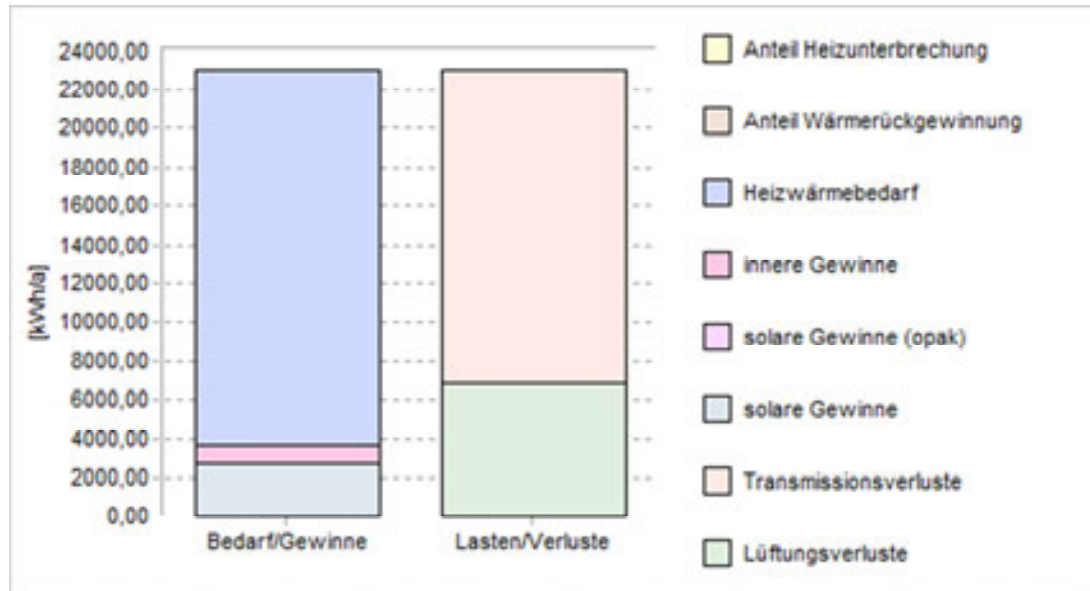
<i>Emmissionen Co2 - Kohlendioxid</i>		kg/a	11.649,96	14.860,28	96,00	122,45
<i>Emmissionen SO2 - Schwefeldioxid</i>		kg/a	23,35	29,83	0,19	0,25
<i>Emmissionen Nox - Stickoxide</i>		kg/a	8,40	10,70	0,07	0,09

Die Erklärungen erhalten Sie auf den folgenden Seiten...



Energiebilanz

In dieser Grafik sehen Sie die Energiebilanz über die Gewinne und Verluste der Gebäudehülle.



Energiebilanz (individuell)

Auf der rechten Seite sind die Verluste aufgezeigt:

- Lüftungsverluste wie z.B. Fensterlüftung
- Transmissionsverluste, also Wärme die durch die Gebäudehülle (Wände, Fenster, Dach usw.) abgegeben wird (siehe nächsten Punkt)

Diese Verluste werden ausgeglichen (durch die linke Seite):

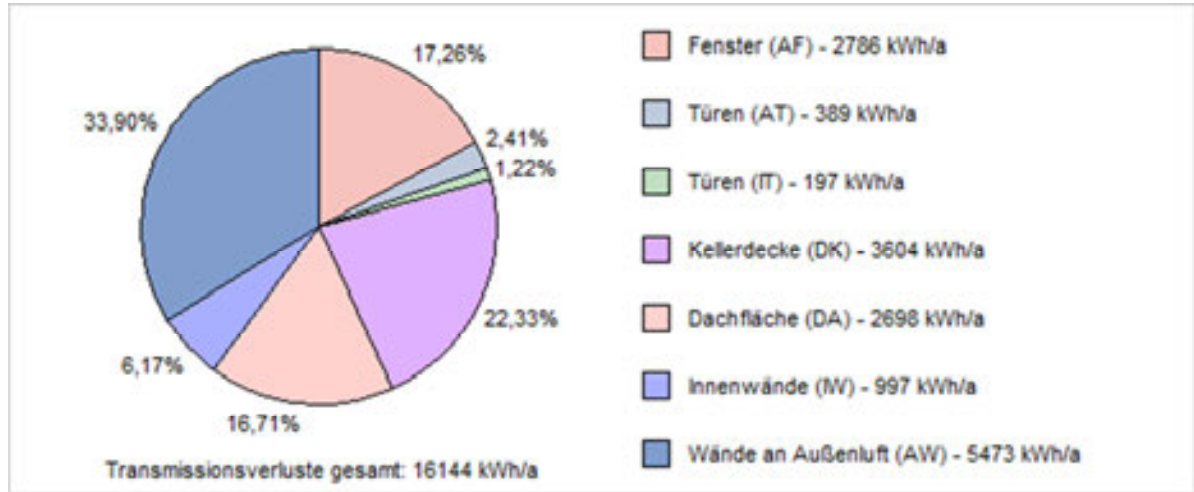
- die solaren Gewinne (Sonnenstrahlung durch die Fensterscheiben)
- die Inneren oder internen Gewinne, also die Wärme, die Sie als Nutzer des Gebäudes abgeben.
- Auch die Heizunterbrechung zählt als Gewinn. (In unserem Fall aber nur bei der Betrachtung nach EnEV relevant)
- die jetzt noch fehlende Wärme wird ausgefüllt durch die Heizwärme und ergibt gleichzeitig den Heizwärmebedarf Q_h

In dieser Bilanz ist der Energiebedarf für die Trinkwassererwärmung nicht berücksichtigt.



Transmissionswärmeverluste

Als Teil der Energiebilanz sind die Transmissionswärmeverluste die Verluste, die durch die Gebäudehülle entweichen, also der Wärmestrom durch die Außenbauteile zu kälteren Bereichen.



Das Tortendiagramm zeigt Ihre Individuellen Transmissionsverluste.

Bereits die Außenwände (33,9 %) und die Kellerdecke (22,3 %) sind zusammen für mehr als die Hälfte der Verluste verantwortlich!

Gefolgt werden diese von nicht unerheblichen Verlusten der Fenster und der Dachfläche.

Diese Transmissionswärmeverluste können durch Maßnahmen wie nachträgliche Wärmedämmung oder Fenstererneuerung drastisch reduziert werden.



Nutzenenergiebedarf ($Q_H + Q_W$)

Zusätzlich zur Heizwärme wird auch noch Wärme für das Warmwasser benötigt.

Durch die niedrige Personenbelegung in Ihrem Fall haben wir einen geringen Verbrauch im Gegensatz zu den Annahmen der EnEV.

Zur Beheizung Ihres Gebäudes und für Ihren Warmwasserverbrauch benötigen Sie:

Heizwärmebedarf (Heizung)	Trinkwasser-Wärmebedarf	Nutzenenergie-Bedarf
Q_H	Q_W	$Q_H + Q_W$
19.408,84 kWh	649,28 kWh	20.058,12 kWh

(individuelle Werte)

Die Nutzenergie ist die Wärmeenergie, die an Ihrer Heizung rauskommt, bzw. die Wärme beim Duschen in Form von warmem Wasser.

Endenergiebedarf Q_E

Die Endenergie beschreibt die Energie bei der Übergabe an Ihr Gebäude. - Also das Öl im Tankfahrzeug bei der Anlieferung oder Strom im Hausanschlussraum.

Es sind gleichzeitig auch die „bezahlten“ Energiekosten.

Hier nochmal zur Erinnerung unsere individuellen Werte:

Nutzenergie	Endenergie
20.058,12 kWh	35.700,00 kWh

(individuelle Werte)



Sie fragen sich, wo die 15.700 kWh geblieben sind. Sie fragen, warum Sie 35700 kWh bezahlen, wenn Sie nur 20000 kWh benötigen. **Wo ist der Energie - Dieb?**

Nun gibt es folgende Verluste durch Verteilung und Speicherung im Gebäude:

- Leitungsverluste: Verluste an den Leitungen zu Heizkörper bzw. Dusche.
- Bereitstellungsverluste: Diese entstehen z.B. dadurch, dass bestimmte Kessel nicht unter einer Temperatur betrieben werden dürfen und somit mehr Energie herstellen, wie benötigt wird.
- Abstrahlungsverluste: Ihr Heizkessel ist warm und strahlt somit Wärme ab.

Dadurch sind diese hohen Verluste begründet. Als Kennzeichen hierfür steht der **Wirkungsgrad der Anlagentechnik**, der in Ihrem Fall mit nur 56% einen sehr schlechten Wert erreicht.

Das bedeutet, dass von 100% (bezahlter) Endenergie nur 56% an Ihrem Heizkörper zur Beheizung ankommen, und dass 44 % auf dem Weg verloren gehen.



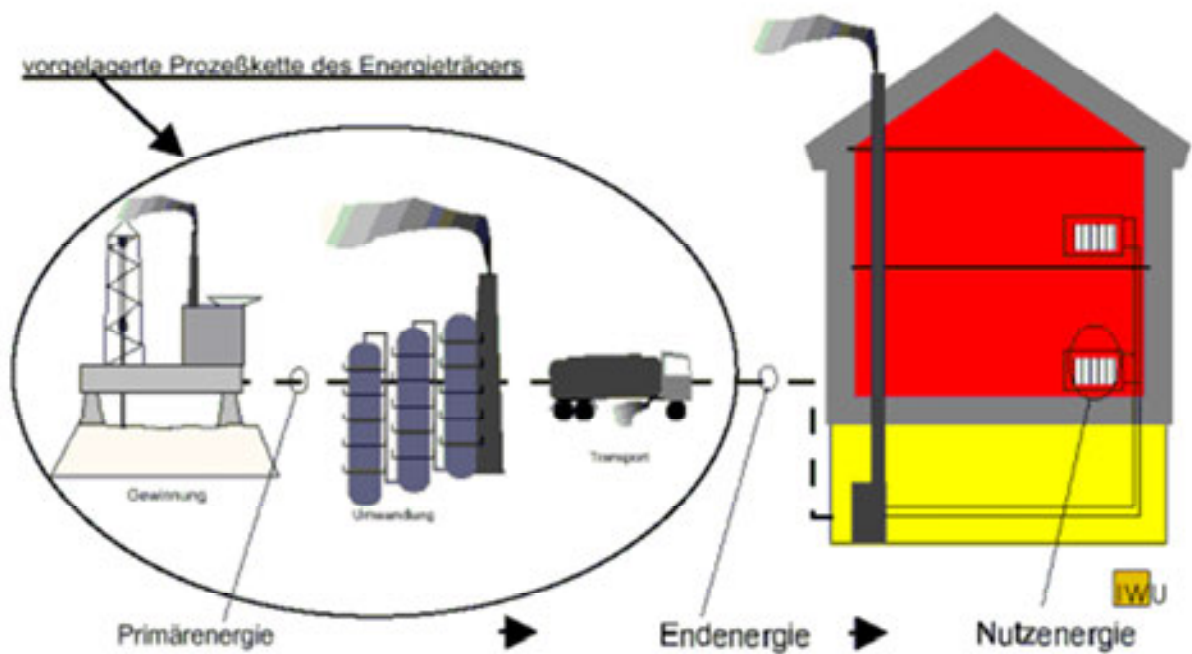
Jahresprimärenergiebedarf Q_p

Der Jahresprimärenergiebedarf unterscheidet sich nun nochmal Endenergiebedarf.

Endenergie Q_E	Primärenergie Q_p
35.700,00 kWh	40.536,38 kWh

(individuelle Werte)

Er berücksichtigt auch die vorgelagerten Verluste die durch Transport bis zum Gebäude und Aufbereitung entstanden sind. Er gibt die Energie an seiner Quelle bzw. Entstehung in der Natur an.





Primärenergiefaktor f_p

Sicherlich müssen Die Endenergie und Primärenergie in irgendeinem Verhältnis zueinander stehen.

Das wird durch den Primärenergiefaktor ausgesagt. Dieser ist von Land zu Land unterschiedlich und wird politisch bestimmt. Dieser Primärenergiefaktor hängt vom Energieträger ab.

Damit 100% Energie bei Heizöl ankommt, muss 110 % gewonnen werden. Diese 10 % beschreiben die vorgelagerten Verluste. Faktor 1,1

Bei Strom ist der Faktor 2,6 also 260%. Bei 1000 kWh verbrauchter Energie werden in Deutschland 2600 kWh Primärenergie angesetzt.

In unserem Gebäude haben wir einen Mix aus Strom und Öl.

$$\text{Primärenergie} = \text{Endenergie} * \text{Primärenergiefaktor}$$

	Primär- energie- faktor	Primär- energie- bedarf*
Heizöl	1,1	1100
Erdgas	1,1	1100
Strom	2,6	2600
Holz	0,2	200
Solar	0,0	0

*) in kWh bei 1000 kWh Endenergie

Holz hat einen Wert von 0,2 – somit 20%. Im Gegensatz zum „schlechten“ Strom werden hier bei einem Verbrauch von 1000kWh nur 200 kWh angesetzt. Das kommt daher dass das Holz nachwächst und somit nur einen geringen „nicht erneuerbaren Anteil“ ausweist.

Somit kann der Primärenergiebedarf auch kleiner sein wie der Endenergiebedarf.



Anlagenaufwandszahl

Die Anlagenaufwandszahl setzt die aufzuwendende Primärenergie ins Verhältnis zu dem genutzten Wärmebedarf (für Heizung und Warmwasser), also das Verhältnis **Aufwand zu Nutzen**.

$$\text{Anlagenaufwandszahl } e_p = \frac{\text{Primärenergie}}{\text{Heizwärmebedarf} + \text{TrinkwasserWärmebedarf}} = \mathbf{2,02}$$

Eine niedrige Anlagenaufwandszahl deutet auf eine effiziente Nutzung der Primärenergie hin.

Umweltbelastung

Die Umweltbelastung durch Energieverbrauch hängt hauptsächlich vom Energieträger ab.

Es wurden folgende individuelle Emissionen ermittelt:

Co2 - Kohlendioxid	kg/a	11.649,96
SO2 - Schwefeldioxid	kg/ a	23,35
Nox - Stickoxide	kg/ a	8,40



Energiekennzahl

Ähnlich wie der Benzinverbrauch in Liter pro 100 km für Autos angegeben wird, kann bei Gebäuden der jährliche Brennstoffverbrauch (=Endenergie) im Verhältnis zur Gebäudenutzfläche (AN) gesetzt werden.



Unser Gebäude verbraucht 45.729,14 kWh Endenergie pro 121,36 m².

$$\text{Energiekennzahl} = \frac{45.729,14 \text{ kWh/a}}{121,36 \text{ m}^2} = 377 \text{ kWh/m}^2\text{a}$$

Energiekennzahlen dienen vorrangig zum Vergleich mit anderen Gebäuden gleicher Art und Nutzung. Die verwendeten Werte werden mit einheitlichen Randbedingungen ermittelt und sind nicht die tatsächlichen individuellen Werte.



Vergleiche Ist-Zustand

U- Wert- Übersicht

Nachfolgend sind die gesamten U-Werte noch einmal zusammengefasst mit Vergleichswerten der Energieeinsparverordnung 2009.

Der U- Wert bzw. Wärmedurchgangskoeffizient ist der Kehrwert des Wärmedurchgangswiderstandes R_T .

Er sagt aus wie viel Wärmemenge (gemessen in Wattsekunde) durch ein Bauteil von 1 m² in einer Sekunde hindurchgeht und das bei einem Grad Temperaturunterschied.

Gemessen wird also der Wärmeverlust. pro m² und pro Grad.

Pos	Bauteil	Beschreibung	Fläche m ²	-- U-Wert --	
				vorhanden W/m ² K	EnEV 2009 W/m ² K
1	Außenwand	30cm Hohlblock	92,69	0,912	0,240
2	Außenwand	24cm Hohlblock	5,08	1,086	0,240
3	Außenwand	Heizkörpernische	9,34	1,370	0,240
4	Innenwand	24cm Kalksandstein	2,2	1,650	0,300
5	Innenwand	24cm Hohlblock	1,04	2,232	0,300
6	Innenwand	11,5 cm Kalksandstein	14,73	1,212	0,300
7	Fenster	Holzfenster	20,14	2,770	1,300
8	Haustür	Alutür	4,75	1,600	2,900
9	Innentür	Holztür	2,04	3,800	2,900
10	Decke	Decke zu Keller	130,8	0,674	0,300
11	Dach	Flachdach	130,8	0,328	0,200

Wem das nicht ausreicht, für den habe ich noch ein Extra Kapitel über die R – und U Werte.



Energieverbrauchsvergleich zu Altbau, Neubau und Effizienzhaus

Zur Beurteilung des Gebäudes werden Standards aus der EnEV angenommen, um einen Vergleich möglich zu machen. Sie werden feststellen, dass Ihre tatsächlichen Werte niedriger sind, als die der EnEV. Das deutet auf ein sparsames Nutzerverhalten hin. Ihr individuelles Verhalten wird hier jedoch nicht berücksichtigt.

Zum Vergleich betrachten wir:

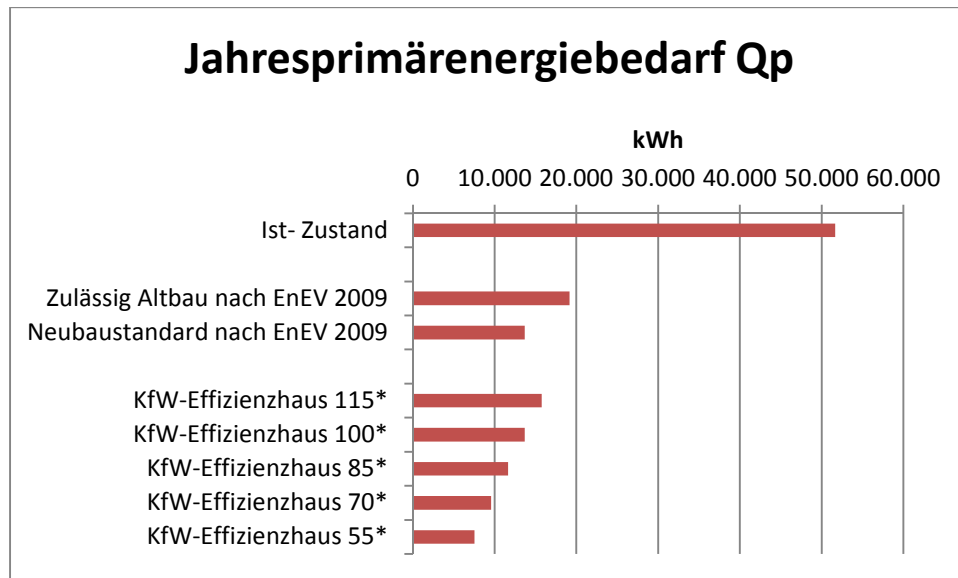
- der Jahresprimärenergiebedarf
- der spezifische Transmissionswärmeverlust (gemittelter U-Wert)

Standard EnEV-Vergleichs-Werte	Jahresprimärenergiebedarf		Vergleich Neubau	Trans- missions- verlust	Vergleich Neubau	Vergleich Referenz-
	Q_P	$Q_{P'}$	$Q_{P'}$	H'_T	H'_T	H'_T
	Gesamt	pro m ²	%	W/m ² K	%	%
Ist- Zustand	51.667	426	377	0,81	203	225
Zulässig Altbau nach EnEV 2009	19.169	158	140	0,56	140	155
Neubaustandard nach EnEV 2009	13.692	113	100	0,40	<u>100</u>	111
Referenzhaus lt. EnEV	13.692	113	100	0,36	90	<u>100</u>
KfW-Effizienzhaus 115*	15.746	130	115	0,47		130
KfW-Effizienzhaus 100*	13.692	113	100	0,41		115
KfW-Effizienzhaus 85*	11.639	96	85	0,36		100
KfW-Effizienzhaus 70*	9.585	79	70	0,31		85
KfW-Effizienzhaus 55*	7.531	62	55	0,25		70
*) jeweils verfügbare Programme müssen aktuell überprüft werden.						



Vergleich Jahresprimärenergiebedarf

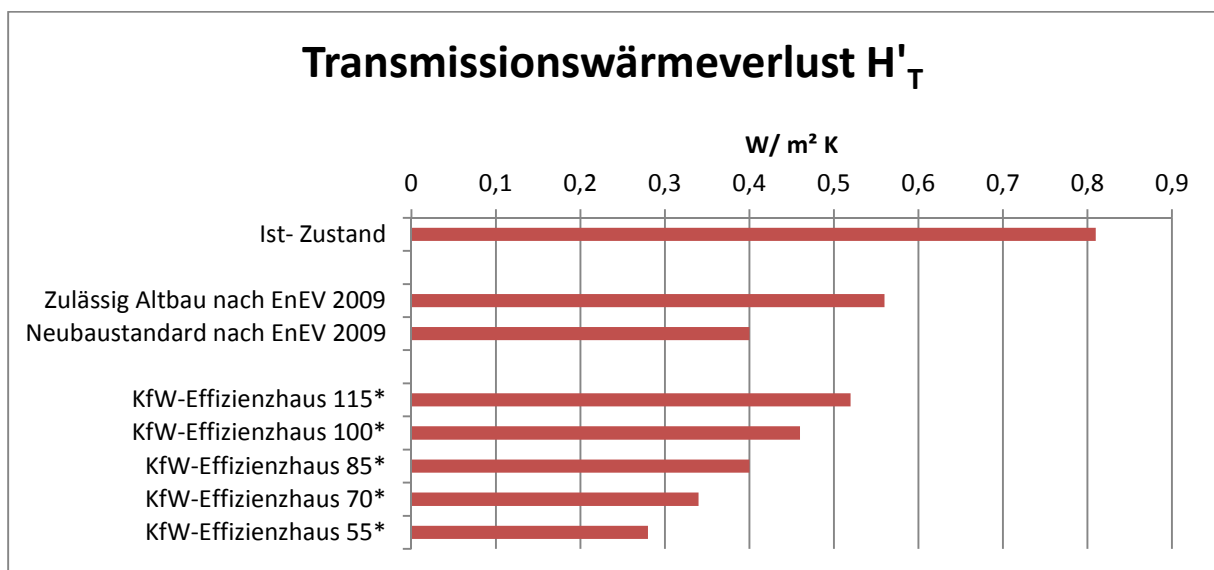
Der Vergleich des Jahresprimärenergiebedarfs im Balkendiagramm veranschaulicht den hohen Verbrauch.



Der Primärenergiebedarf des untersuchten Gebäudes beträgt über 50000kWh. Selbst zum zulässigen Altbau ist das eine Überschreitung um mehr als das Doppelte.

Vergleich Transmissionswärmeverlust

Vergleicht man nun den spez. Transmissionswärmeverlust wird auch der sanierungsbedürftige Zustand der Gebäudehülle klar.



Wir überschreiten hier den Neubaustandard um das Doppelte.



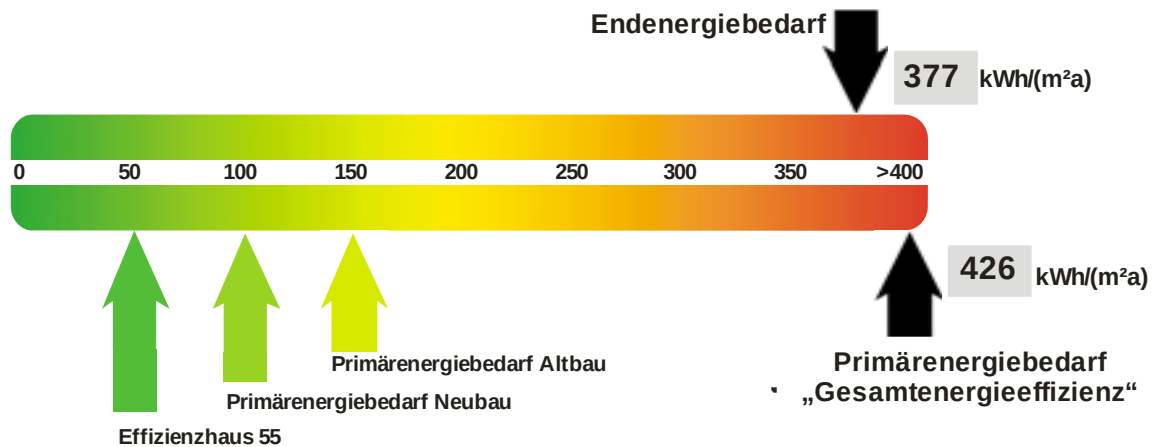
e p . j e l e l e n w - j e k c e p u p . w w w

w w w . d a c h d e c k e r - m u e l l e r . d e



Beurteilung

Das Gebäude ist modernisierungsbedürftig:



Der Vergleich zu den Standards macht die großen Modernisierungsmöglichkeiten zu dem Bestand bzw. Schwachstellen deutlich:

- Wände sind ungedämmt
- Das Dach ist sanierungsbedürftig und weist zudem Wärmebrücken auf.
- Die Kellerdecke ist komplett ungedämmt
- Die Fenster sind undicht und es kommt zu starken Zugerscheinungen
- Die Anlagentechnik und Heizung ist „stark“ veraltet und bietet großes Einsparpotential.

Neben der Energieeinsparung kann mit einer Modernisierung natürlich auch der Co₂-Ausstoß und weitere Schadstoffemissionen deutlich verringert werden.

Die möglichen Modernisierungsmaßnahmen finden Sie im nächsten Kapitel.



e p . j e l e l e n w - j e k c e p u c e p . w w w

w w w . d a c h d e c k e r - m u e l l e r . d e



Hintergründe und MEHR

Wer will's wissen?

Die folgenden Seiten habe ich für all die Interessierten geschrieben, die einen Ausflug in die Bauphysik machen wollen.

Wer es nicht möchte, kann das Kapitel getrost weglassen.

Den Anderen wünsche ich viel Spaß beim Lesen und Verstehen.

Wichtig dabei ist, diese Kapitel von Anfang zu lesen und nicht zu zappen. Ich baue die einzelnen Punkte aufeinander auf. Los geht's!

R_T- Wärmedurchgangswiderstand

Der Wärmedurchgangswiderstand R_T hat die Einheit „m²K/W“ und war früher unter „1/k“ bekannt.

Der Wert Gesamtwiderstand (Dämmwirkung) eines Bauteils als Summe von den einzelnen Wärmedurchlasswiderständen R und Wärmeübergangswiderständen R_{si} und R_{se} : - R_T dient auch als Zwischenwert zur Ermittlung des U-Wertes. .soweit die Definition...

Beispiel einer Berechnung für Ihre Aussenwand:

Zunächst werden in der der Tabelle alle Schichten des Bauteils von innen nach aussen aufgeführt.

In der nächsten Spalte sind die Angaben zu den Dicken in Meter zu finden.

Die Wärmeleitfähigkeit gibt Auskunft über die Dämmqualität der jeweiligen Schicht. Er sagt aus, wie viel Wärmemenge (gemessen in Wattsekunde) durch einen Stoff mit 1 m² und einem Meter Dicke in einer Sekunde hindurchgeht und das bei einem Grad Temperaturunterschied.

Je kleiner der Wert, desto besser ist die Dämmwirkung. Auskünfte über die Größe erhält man durch die Produktdatenblätter bzw. amtliche Prüfbescheide , durch die DIN 4108 oder Veröffentlichungen im Bundesanzeiger.

Auch bekannt ist dieser Wert durch WLG(Wärmeleitgruppe) bzw. WLS (Wärmeleitstufe). Wichtig ist aus den Datenblättern immer den Bemessungswert (~~nicht den Nennwert~~) zu verwenden.



Der Materialwechsel von der inneren bzw. äußeren Schicht zur Luft setzt dem Wärmetransport einen Widerstand entgegen. Deshalb gibt es hierfür die Wärmeübergangswiderstände R_{si} und R_{se} .

Diese Größe dieser Widerstände hängt von der Oberflächenbeschaffenheit, der Luftgeschwindigkeit und der Lage des Bauteils (ob senkrechte Wand oder waagerechte Decke) ab. Die Werte hierzu sind in der DIN 4108 festgelegt.

Die einzelnen Wärmedurchlasswiderstände werden berechnet:

$$\frac{\text{Dicke in Meter}}{\text{Wärmeleitfähigkeit}} = \text{Wärmedurchlasswiderstand}$$

NR	Schicht	Dicke	Wärmeleitfähigkeit	Widerstand (R-Wert)
		M	[W/mK]	[m²K/W]
	Wärmeübergangswiderstand innen (R_{si})			0,13
1	Innenputz	0,015	0,700	0,021
2	Hohlblocksteine	0,300	0,340	0,882
3	Aussenputz	0,020	0,830	0,024
	Wärmeübergangswiderstand aussen (R_{se})			0,04
	R_T-Wert			1,098

Laut DIN 4108-2 wird R_{si} mit 0,125 m²K/W und R_{se} mit 0,043 m²K/W gerechnet. Die Software jedoch benutzt die o.g. gerundeten alten Werte. Deshalb verwende ich diese auch, damit es zu keinen Unterschieden in den Grafiken kommt.

Der Wärmedurchgangswiderstand (R_T) des gesamten Bauteils ergibt sich aus der Summe der Einzelnen Wärmedurchlasswiderstände und der inneren und äußeren Übergangswiderstände.

$$R_T = R_{si} + R_{\text{Innenputz}} + R_{\text{Hohlblock}} + R_{\text{Aussenputz}} + R_{se}$$

Das ist auch ein entscheidender Vorteil des Durchgangswiderstandes. Die Einzelwerte können addiert werden!



Nachfolgend sind alle RT-Werte der bestehenden „wärmeabgebenden Umfassungsfläche“ – Kurz Gebäudehülle aufgeführt. Einfach gesagt ist damit der Übergang von „innen warm“ zu „außen kalt“ gemeint.

Zum Vergleich sind auch die Mindestanforderungen der aktuellen EnEV 2009 zu finden.

R-Werte im Vergleich!

Pos	Bauteil	Beschreibung	Fläche	++ R-Wert ++	
				vorhanden	EnEV 2009
			m ²	m ² K/W	m ² K/W
1	Außenwand	30cm Hohlblock	92,69	1,098	4,167
2	Außenwand	24cm Hohlblock	5,08	0,921	4,167
3	Außenwand	Heizkörpernische	9,34	0,73	4,167
4	Innenwand	24cm Kalksandstein	2,2	0,606	3,333
5	Innenwand	24cm Hohlblock	1,04	0,448	3,333
6	Innenwand	11,5 cm Kalksandstein	14,73	0,825	3,333
7	Fenster	Holzfenster	20,14	0,361	0,769
8	Haustür	Alutür	4,75	0,625	0,5
9	Innentür	Holztür	2,04	0,263	0,5
10	Decke	Decke zu Keller	130,8	1,484	3,333
11	Dach	Flachdach	130,8	3,049	5

Betrachten wir das genauer und beschränken uns zunächst auf die 1. Spalte (vorhanden).

Während unsere Außenwand (Nr.1) 1,098 „groß“ ist, wird sie vom Dach mit der 3fachen Stärke umgehauen.

Dazu ist unsere Außenwand (Nr.1) aber Herrscher und „größer“ als alle anderen Wände – nominiert zur Superwand im Bestand.

Betrachtet man sich dazu noch Fenster, Innentüren und Haustür – dann wird die Stärke unserer Superwand immer klarer. Nahezu winzig wirken diese Bauteile.

Wenn man jetzt die EnEV hinzuzieht... dann muss unsere Aussenwand trotzdem noch 4x stärker werden...



U - Wärmedurchgangskoeffizient

Der U-Wert oder auch Wärmedurchgangskoeffizient hieß früher einmal „k-Wert“.

Er hat die Einheit W/m^2K (W=Watt, m^2 =die Fläche, K=Kelvin) .

Er sagt aus wie viel Wärmemenge (gemessen in Wattsekunde) durch ein Bauteil von $1 m^2$ in einer Sekunde hindurchgeht und das bei einem Grad Temperaturunterschied.

Gemessen wird also der Wärmeverlust.

U-Werte können nicht (sinnvoll) addiert werden!

Um nun den Wärmedurchgangskoeffizienten zu berechnen(U-Wert) bilden wir den Kehrwert des Wärmedurchgangswiderstandes R_T .

$$U_{\text{Aussenwand}} = \frac{1}{R_T} = \frac{1}{1,098} = 0,91 \frac{W}{m^2K}$$

Je kleiner der U-Wert (und je größer der R-Wert), desto weniger Wärmeverluste.

Also der U-Wert sagt aus, wie viel Energie ich verliere.... Das Verlieren sollte ganz klein sein, denn den Verlust mag man nicht....

Und der R-Wert beschreibt den Widerstand- also wie mächtig und potent meine Dämmung ist. Der Wert sollte auch groß und mächtig sein. Je größer desto besser!

Welcher hiervon Ihr persönlicher Lieblingswert zum Vergleich wird, ist Ihnen überlassen. Mir persönlich ist der R-Wert sympathischer weil er etwas Positives ausdrückt – zugegeben das ist Geschmackssache.



Pos	Bauteil	Beschreibung	Fläche	vorhanden	EnEV 2009
			m ²	W/m ² K	W/m ² K
1	Außenwand	30cm Hohlblock	92,69	0,912	0,240
2	Außenwand	24cm Hohlblock	5,08	1,086	0,240
3	Außenwand	Heizkörpernische	9,34	1,370	0,240
4	Innenwand	24cm Kalksandstein	2,2	1,650	0,300
5	Innenwand	24cm Hohlblock	1,04	2,232	0,300
6	Innenwand	11,5 cm Kalksandstein	14,73	1,212	0,300
7	Fenster	Holzfenster	20,14	2,770	1,300
8	Haustür	Alutür	4,75	1,600	2,000
9	Innentür	Holztür	2,04	3,800	2,000
10	Decke	Decke zu Keller	130,8	0,674	0,300
11	Dach	Flachdach	130,8	0,328	0,200

Was soll das ? Was sagt das aus? Aussage ist: 0,912 W/m²K für Pos1! Ein Beispiel muss her: schulisch logisch....

Frage:

„Wie viel Energie wird durch das Bauteil Außenwand (Pos1) an einem Tag abgegeben bei einer Größe von 92,69qm und einem U-Wert von 0,912 W/m²K bei einem Temperaturunterschied von 30 Kelvin?

Lösungsweg :

- Also die 30 Kelvin kommen zwischen der Differenz zwischen 20° Innentemperatur und der angenommen Außentemperatur von -10°
- Der Rest steht in der Tabelle...
 - 92,69 m² x 0,912 W/m²K x 30 K x 24 h= 60863 Wattstunde

Antwort:

Es werden bei gegebenen Umständen 60863 Wattstunden verbraucht, das sind rund 61 kWh.



Temperaturprofil

Ein Temperaturprofil gibt Aufschluss über die Temperaturen im Bauteil also an den Schichtgrenzen.

Als Beispiel nehmen wir wieder unsere Außenwand mit den berechneten Wärmedurchlasswiderständen.

Um das Temperaturprofil zu erstellen geben wir zunächst die gewünschte Ausgangstemperaturen vor:

Ich wähle:

20 Grad Innen

-10 Grad aussen

Das macht einen Unterschied von 30 Kelvin.

Dem steht ein Gesamtwiderstand von 1,096 m²W/K gegenüber.

Also: Wenn 1,096 „Widerstände“ 30 Kelvin entsprechen, dann entsprechen -> im Dreisatz

$$1,000 \text{ Widerstände} = \frac{30 \text{ Kelvin}}{1,0986 \text{ "Widerstände"}} = 27,32 \text{ K}$$

Und für unsere Schichten entsprechen somit:

0,12 Widerstände=> 3,55 Kelvin für Rsi==

0,021 Widerstände=> 0,59 Kelvin für den Innenputz

0,882 Widerstände=> 24,11 Kelvin für die Mauersteine

0,024 Widerstände=> 0,66 Kelvin für den Aussenputz

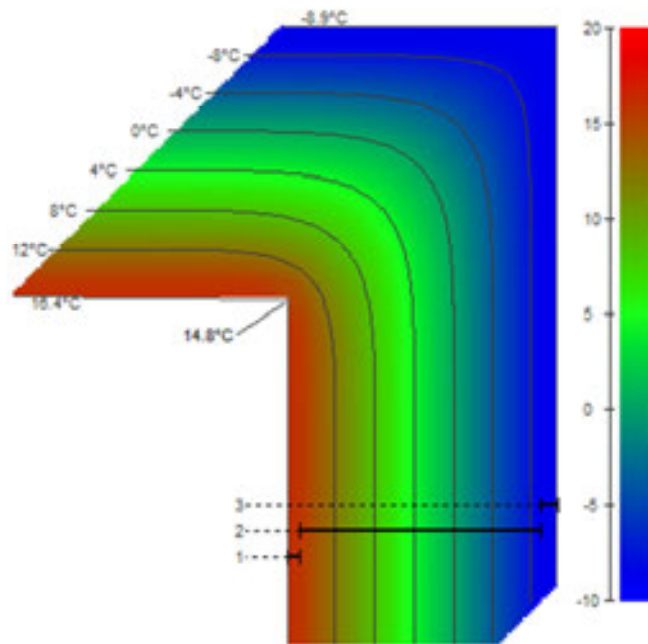
0,04 Widerstände=> 1,09 Kelvin für Rse

Somit sind die Temperaturunterschiede proportional zum Wärmedurchgangswiderstand!

Nun sind die einzelnen Temperaturunterschiede in den Stoffen berechnet. Von innen (hier hatten wir 20 Grad gewählt) beginnend kann man nun die errechneten Kelvin-Werte abziehen und erhält die Temperaturen an den Schichtgrenzen.



NR	Schicht	Widerstand (R-Wert) [m²K/W]	Unterschied Kelvin Kelvin	Temperatur an Schichtgrenze Grad
				20,0
	Wärmeübergangswiderstand innen (Rsi)	0,13	3,55	
				16,4
1	Innenputz	0,021	0,59	
				15,9
2	Hohlblocksteine	0,882	24,11	
				-8,2
3	Aussenputz	0,024	0,66	
				-8,9
	Wärmeübergangswiderstand aussen (Rse)	0,04	1,09	
				-10,0
	R_T-Wert	1,098		



Temperaturprofil aus Ennovatis

Interessant ist, dass bei einer Innenlufttemperatur von 20 Grad die Oberfläche des Innenputzes nur noch 16,4 Grad warm ist. Im Eckbereich sind es sogar nur 14,8 Grad. Die tiefere Temperatur hier kommt durch eine größere Außenoberfläche im Vergleich zur Innenoberfläche

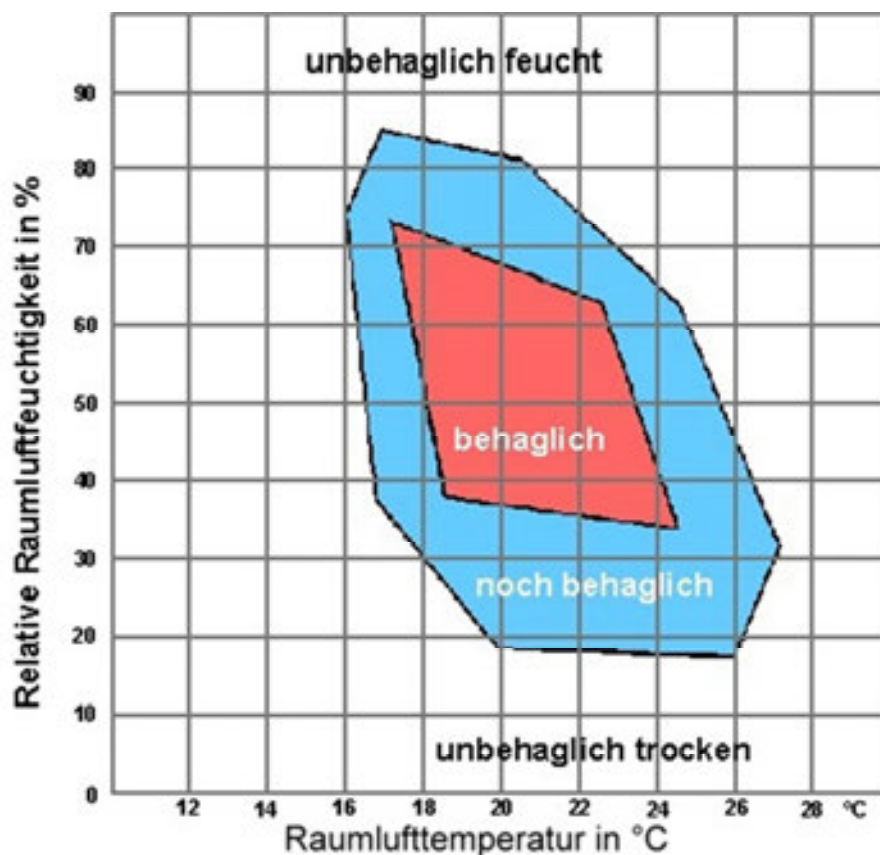
Hiermit wird dann auch die nicht zu unterschätzende Wirkung des Wärmeübergangswiderstandes deutlich.



Behaglichkeit

Diese innere Oberflächentemperatur ist maßgebend für die Behaglichkeit und das Wohlempfinden im Raum. Diese Behaglichkeit hängt ab von der Lufttemperatur, der Luftbewegung und der rel. Luftfeuchtigkeit.

Durch die jetzt (unsanierte) kalte Oberfläche kühlt die Raumluft an der Wandinnenseite ab und „fällt“ nach unten. Dadurch treten Zugerscheinungen auf. Diese Unbehaglichkeit kann mit höheren Innentemperaturen nur bedingt gemindert werden.



Damit Menschen sich behaglich fühlen, ist es notwendig, dass die Raumluft sowie die Umschließungsflächen (z.B. Wände, Decke) eine bestimmte Temperatur aufweisen. Je geringer dabei die Oberflächentemperatur von Wänden, Decke und Boden ist, desto größer muss die Raumtemperatur sein, um das Gefühl von Behaglichkeit zu erreichen.

Die Temperaturdifferenz zwischen Raumlufttemperatur und mittlerer Oberflächentemperatur sollt maximal 2 bis 3 K (°C) betragen.

Auch ist das Wohlempfinden von der relativen Luftfeuchtigkeit abhängig. Das ist in der Grafik zu sehen. Das Klima im Raum sollte sich immer möglichst in dem roten Bereich befinden.



Wasserdampfdiffusion

Sd-Wert

Durch die unterschiedlichen Temperaturen und Wasserdampfmengen der beiden Bauteilseiten entsteht ein Konzentrationsunterschied.

Dieser wird mit dem Begriff Wasserdampfdruck beschrieben. Die Einheit ist Pascal (Pa). Der Luftdruck wird in hPa angegeben (1 hPa=100 Pascal)

Jedes Konzentrationsgefälle in der Natur ist bestrebt, sich auf das gleiche Niveau anzugleichen. Hierzu wird Wasserdampf transportiert.

Das Bauteil jedoch setzt diesem Bestreben einen Widerstand entgegen.

Dieser ist definiert als sd-Wert (wasserdampfdiffusionsäquivalente Luftschichtdicke). Er ergibt sich aus dem Produkt aus Wasserdampfdiffusionswiderstandszahl μ (sprich mü) und der Schichtdicke. Die Einheit für den sd-Wert ist Meter (m)

Es ist definiert:

s_d -Wert von $\leq 0,5$ -----diffusionsoffen

s_d -Wert 0,5m - 1500m -----diffusionshemmend (Dampfbremse)

s_d -Wert ≥ 1500 m -----diffusionsdicht (Dampfsperre)

Diffusionsdichte Schichten sind z.B. Metalle. Zur Anwendung kommen häufig Alu- oder Kupferfolien.



Sättigungsdruck - Partialdruck

Betrachten wir aber nun wieder die Ergebnisse aus dem Temperaturprofil.

Wir entnehmen, passend zu den Temperaturen, den Wasserdampfsättigungsdruck aus der Tabelle (im Anhang).

Die relative Sättigung bzw. rel. Luftfeuchte ist für die Standard-Berechnung (Tauperiode) vorgegeben:

Innenklima	20 Grad	50% rel. Luftfeuchte
Aussenklima	-10 Grad	80% rel. Luftfeuchte

Somit beträgt der Wasserdampfpartialdruck der Raumluft 50% von 2339 Pa -> 1169 Pascal

An der Innenoberfläche (am Putz) haben wir immer noch 1169 Pa Teildruck. Durch die niedrigere Temperatur (und den niedrigeren Sättigungsdruck) haben wir aber eine erhöhte relative Luftfeuchte. $1169/1866=63\%$ (-> Tabelle)

Nun wechseln wir nach aussen: 80% von 260 Sättigungsdruck ergibt einen Partialdruck von 208 Pascal für die Aussenluft. An der äußeren Wandoberfläche ändert sich auch wieder die relative Luftfeuchtigkeit bei gleichbleibendem Partialdruck.

Nun verhält es sich so, dass Partialdruck proportional zum Sd-Wert abnimmt.

Also: Partialdruckunterschied: $1169-208=961$ Pascal

Summe Sd-Wert = 3,65m

Wenn 961 Pascal 3,65m entsprechen, dann entsprechen:

Innenputz	$(961/3,65) \cdot 0,15=$	39 Pascal
Mauerwerk	$(961/3,65) \cdot 3,00=$	790 Pascal
Aussenputz	$(961/3,65) \cdot 0,50=$	132 Pascal



In der Tabelle nehmen wir nun den Inneren Partialdruck an der Innenwand von 1169 Pascal.

Durch den Widerstand des Putzes fällt der Partialdruck um 39 Pascal. Somit haben wir noch einen Partialdruck von 1130 Pa an der Schichtgrenze zu den Hohlblocksteinen.

NR	Schicht	Dicke	mü	sd	Temp. an Schichtgrenze	Wasserdampf-sättigungsdruck	Wasserdampf-partialdruck	Relative Sättigung
		m		m	Grad	Pa	Pa	%
					20	2340	1169	50
	Wärmeübergangswiderstand innen (Rsi)							
					16,4	1866	1169	63
1	Innenputz	0,015	10	0,15	15,9	1806	1130	63
2	Hohlblocksteine	0,300	10	3,00	-8,2	304	304 (340)	100
3	Außenputz	0,020	25	0,50	-8,9	286	208	73
	Wärmeübergangswiderstand aussen (Rse)							
					-10	260	208	80

In den Hohlblocksteinen möchte der Partialdruck nun nochmal um 790 Pascal sinken. Das Ergäbe nun einen Druck von $1130 - 790 = 340$ Pascal an der Grenze von Hohlblock zu Außenputz.

Der maximal mögliche Wasserdampfsättigungsdruck beträgt hier allerdings 304 Pascal!

Da der Partialdruck nicht höher sein kann als der Sättigungsdruck fällt an dieser Stelle Tauwasser aus.

Das reduziert den Wasserdampfpartialdruck auf die maximale Sättigung von 304 Pascal. Damit haben wir hier eine relative Sättigung von 100%

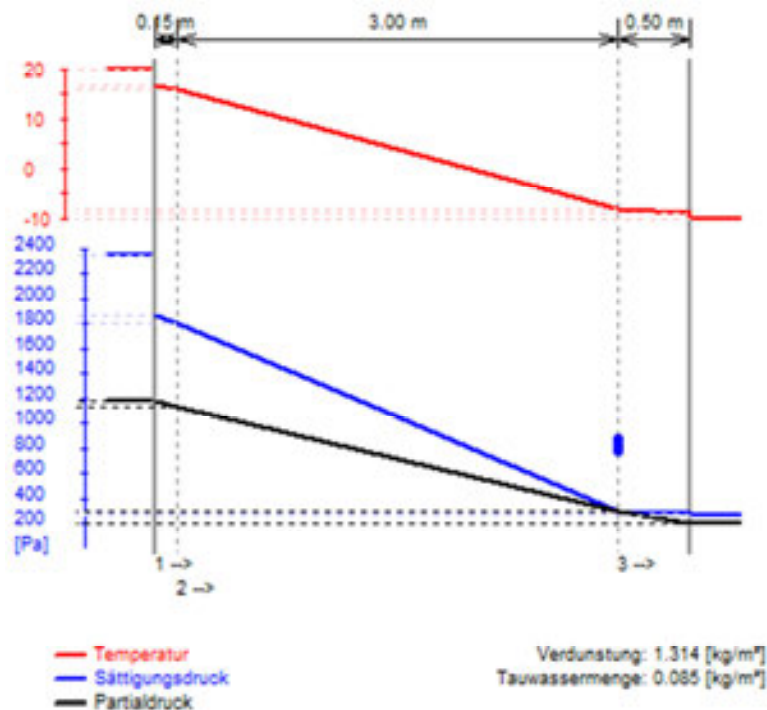


e p . j e l e n w - j e k c e p u c a p . w w w

w w w . d a c h d e c k e r - m u e l l e r . d e



Glaser Diagramm



Das hier gezeigte Glaser-Diagramm ist das grafische Ergebnis der vor beschriebenen Berechnung.

In rot ist der Temperaturverlauf durch die Schichten ersichtlich.

Von links nach rechts sind die 3 Schichten (Innenputz, Mauerwerk, Aussenputz) maßstäblich mit deren Sd-Werten aufgezeigt.

Der Blaue Punkt markiert den Ausfall von Feuchtigkeit.

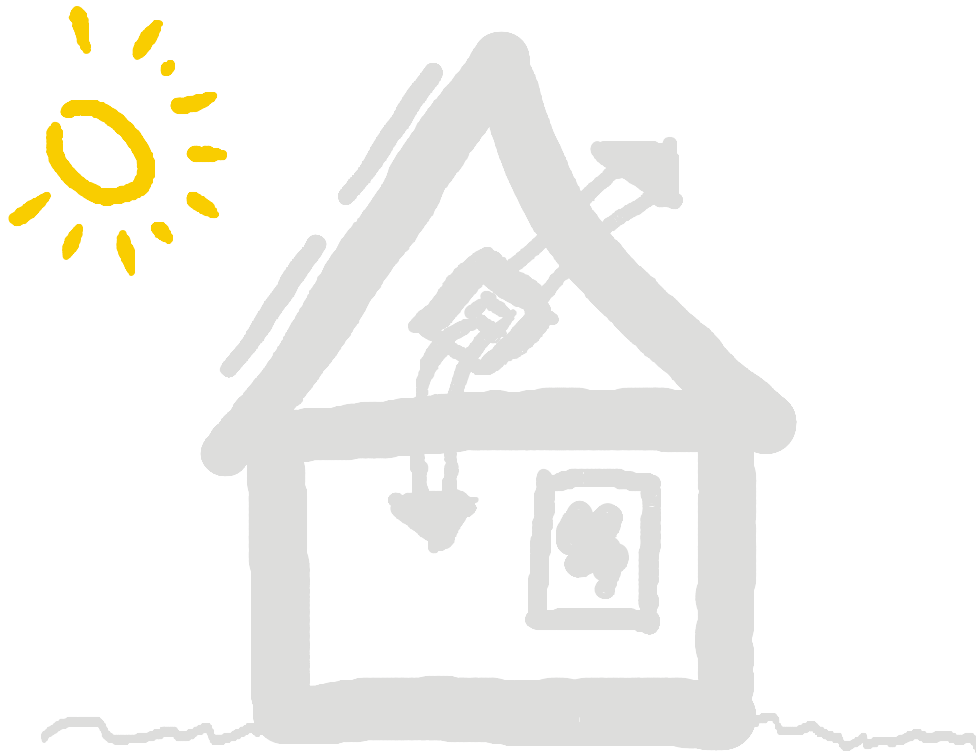
Wichtig ist:

mögliche Verdunstungsmenge > Tauwassermenge

Tauwasser max 1Kg/qm (bei nicht kapillar leitfähigen Schichten wie Metalle nur 0,5 kg /m²)

Holz max 5%, Holzwerkstoffe max. 3%

Zusammenfassend ist zu sagen, dass während des Winters also ein gewisses Kondensat in der Mauer anfällt, welches im Sommer wieder verdunstet. Dann ist das Bauteil ist somit oK.



Hinweise:

Dieser Beratungsbericht wurde nach bestem Wissen aufgrund der verfügbaren Daten erstellt. Die Durchführung und der Erfolg einzelner Maßnahmen bleiben in der Verantwortung der Durchführungsbeteiligten. Die Kostenangaben sind Schätzwerte. Bei künftigen Investitionen sollten immer mehrere Vergleichsangebote eingeholt werden.

Der Beratungsbericht ist kein Ersatz für eine Ausführungsplanung.

Der Beratungsbericht ist urheberrechtlich geschützt und alle Rechte bleiben dem Aussteller vorbehalten. Der Beratungsbericht ist nur für den Auftraggeber und nur für den angegebenen Zweck bestimmt.

Eine Vervielfältigung oder Verwertung durch Dritte ist nur mit der schriftlichen Genehmigung des Verfassers gestattet.

Eine Rechtsverbindlichkeit folgt aus unserer Stellungnahme nicht. Sofern im Falle entgeltlicher Beratungen Ersatzansprüche behauptet werden, beschränkt sich der Ersatz bei jeder Form der Fahrlässigkeit auf das gezahlte Honorar.

Zur Erstellung des Berichtes wurde die Software Ennovatis zur Berechnung genutzt. Der Bericht wurde mit Microsoft Word erstellt. Grafiken und Bilder wurden mit Corel Draw erstellt bzw. bearbeitet.