

## **Diplomarbeit**

Thema: Ausführungspanung des Einfamilienhauses aus der Studienarbeit mit technischer und wirtschaftlicher Betrachtung verschiedener Wandsysteme

Vorgelegt am: 15.09.2008

Von: Maik Herrmann  
Goethestraße 2b  
07987 Mohlsdorf

Studienrichtung: Bauingenieurwesen

Seminargruppe: BI 05

Matrikelnummer: 4050428

Praxispartner: IGE Ingenieurgesellschaft mbH  
Clara – Zetkin – Straße 5  
08058 Zwickau

## Inhaltsverzeichnis

	Seite	
1	Abkürzungsverzeichnis	4
2	Einleitung	5
3	Herangehensweise	6
4	Baubeschreibung	8
4.1	Keller	8
4.2	Rohbau	8
4.2.1	Gründung	8
4.2.2	Wandkonstruktionen	8
4.2.2.1	Mauerwerk 30 cm aus Poroton T 9 – Ziegel ( WK 1 )	9
4.2.2.2	Mauerwerk 24 cm mit WDVS - System ( WK 2 )	10
4.2.2.3	Kalksandsteinmauerwerk 24 cm mit WDVS - System ( WK 3 )	11
4.2.3	Dach	12
4.2.4	Decke	12
4.3	Ausbau	13
4.3.1	Erdgeschoss	14
4.3.2	Obergeschoss	15
5	Wärmeschutz	16
5.1	Sommerlicher Wärmeschutz	17
5.2	Winterlicher Wärmeschutz	19
5.3	U-Wert	20
5.3.1	Mauerwerk 30 cm aus Poroton T 9 – Ziegel (WK 1)	22
5.3.2	Mauerwerk 24 cm mit WDVS – System (WK 2)	23
5.3.3	Kalksandsteinmauerwerk 24 cm mit WDVS – System (WK 3)	24
5.4	Auswertung Wärmeschutz	25
5.5	Wasserdampfdiffusionsberechnung	26
5.5.1	Klimabedingungen zur Wasserdampfdiffusionsberechnung	26
5.5.2	Poroton T 9	26
5.5.3	Poroton T 12 mit WDVS – System	30
5.5.4	Kalksandstein mit WDVS – System	33
5.5.5	Auswertung des Feuchtigkeitsverhaltens	36

6	Schallschutz	37
6.1	Schutz gegen Außenlärm	38
6.6.1	Schallschutz durch Entfernung	39
6.1.2	Schallschutz durch Abschirmung	40
6.1.3	Schallschutz durch Außenbauteile	40
6.2	Luftschalldämmung	40
6.3	Schallabsorption	42
6.4	Inhomogenität	42
6.5	Schallschutzberechnung	43
6.5.1	Poroton T 9	43
6.5.2	Poroton T 12 mit WDVS – System	46
6.5.3	Kalksandstein mit WDVS – System	48
6.5.4	Auswertung Schallschutz	50
7	Brandschutz	51
7.1	Einteilung der Baustoffe	53
7.2	Feuerwiderstandsklassen	54
7.2.1	Wandkonstruktion WK 1	57
7.2.2	Wandkonstruktion WK 2	57
7.2.3	Wandkonstruktion WK 3	57
7.2.4	Auswertung Brandschutz	58
8	Kostenvergleich	59
8.1	Wandkonstruktion WK 1	60
8.2	Wandkonstruktion WK 2	60
8.3	Wandkonstruktion WK 3	61
8.4	Auswertung Kostenvergleich	62
9	Auswertung der Ergebnisse	64
9.1	Poroton T 9 Ziegel	64
9.2	Poroton T 12 Ziegel	64
9.3	Kalksandstein	65
9.4	Allgemeine Zusammenfassung	65
	Literaturnachweis	66
	Zeitschriften und Planungsunterlagen	67
	DIN – Vorschriften	68

Internetquellen	69
Bildnachweis	70
Verwendete Software	70
Selbstständigkeitserklärung	71
Anhang	72
Mengen Gebäude	73
Angebote	76
EnEV Nachweis Variante 1	86
EnEV Nachweis Variante 2	110
Grundriss Erdgeschoss	134
Grundriss Obergeschoss	136
Schnitt A – A	137
Ansicht Hauseingang und Giebel links	138
Ansicht Rückseite und Giebel rechts, Parallelperspektive	139

## 1 Abkürzungsverzeichnis

Größe	Symbol	Einheit
Schichtdicke	$d$	m
Temperaturdifferenz	$\Delta T$	K
Wärmemenge	$Q$	kWh kWh/a
Wärmeleitfähigkeit	$\lambda$	$W / ( m K )$
Wärmedurchlasswiderstand	$R$	$m^2K / W$
Wärmdurchgangswiderstand	$R_T$	$m^2K / W$
Wärmedurchgangskoeffizient	$U$	$W / ( m^2K )$
Jahres- Primärenergiebedarf	$Q''_p$	$kWh/(m^2a)$
Spez. Transmissionswärmeverlustkoeffizient	$H_T$	$W/(m^2K)$
Spez. Transmissionswärmeverlustkoeffizient Bezogen auf Umfassungsfläche	$H'_T$	$W/(m^2K)$
Volumen	$V$	$m^3$
Fläche	$A$	$m^2$
Länge	$l$	m
Breite	$b$	m
Wasserdampfteildruck	$p$	Pa
Sättigungsdruck des Wasserdampfes	$p_s$	Pa
absolute Luftfeuchtigkeit	$c$	$g / m^3$
Wasserdampfsättigungsdruck	$c_s$	$g / m^3$
Wasserdampf-Diffusionswiderstandszahl	$\mu$	1
diffusionsäquivalente Luftschichtdicke	$s_d$	m
Flächenbezogene Tauwassermenge	$m_{w,T}$	$kg/m^2$
Flächenbezogen Verdunstungsmasse	$m_{w,v}$	$kg/m^2$
Schallpegel, Schalldruckpegel	$L$	dB
bewerteter Schallpegel	$L_A$	dB (A)
Beurteilungspegel	$L_T$	dB (A)
Schalldämmmaß	$R_w$	dB
Bewertetes Schalldämmmaß	$R'_w$	dB

## 2 Einleitung

Seit jeher besteht eine ausgesprochen enge Beziehung zwischen den Menschen und ihren Behausungen. Höhlen, Zelte, Hütten, Häuser, Paläste, Burgen und Schlösser spielten in der Geschichte der Menschen, und somit in ihrer Entwicklung, immer eine entscheidende Rolle. Das Errichten von Häusern ist für mich seit meiner Lehrzeit als Maurer und jetzt als angehender Bauingenieur etwas Besonderes.

Die Zeiten ändern sich und mit ihnen die Menschen mit ihren Unterkünften, aber die Anforderungen und Wünsche, die mit dem Bau verbunden sind, ändern sich kaum. Was sich ändert, sind die Möglichkeiten, Ideen und Vorstellungen zu realisieren. Häuser sollen praktisch, schön, stilvoll, protzig und vieles mehr sein. Sie sollen Schutz, Ruhe, Rückzugsraum und Geborgenheit bieten.

In meiner Diplomarbeit habe ich es mir zur Aufgabe gemacht, ein Haus zu entwerfen, das sich mit seinen Bewohnern und deren Lebensumständen verändern kann. Ich wollte ein Haus entwerfen, welches seinen Menschen immer die Möglichkeit eröffnet, sich anpassen zu können.

Den in der Studienarbeit eingereichten Entwurf, der die Grundlage meiner Betrachtungen und Berechnungen in dieser Arbeit darstellt, habe ich geringfügig geändert. Der Grundriss wurde effektiver gestaltet und auch die Fensterflächen wurden vergrößert, um mehr Licht einlassen zu können und auch die optische Gefälligkeit von außen zu verbessern.

Meine Arbeit geht vom Grundgedanken der Umnutzung des Hauses aus. Ich betrachte die Gründe, die dazu führen können, dass nach einigen Jahren nun zwei separate Wohneinheiten zur Verfügung stehen sollen.

Das Ziel meiner Diplomarbeit ist es, drei unterschiedliche Wandsysteme hinsichtlich ihrer technischen und wirtschaftlichen Eignung auszusuchen und diese eingehend zu untersuchen. Ich will aufzeigen, welche der gewählten Konstruktion aus technischer und wirtschaftlicher Sicht die erste Wahl für Bauherren sein sollte. Meine Analyse soll einer zeitgemäßen und vorausdenkenden Beratung für Bauherren dienen, die das Konzept der sinnvollen Umnutzung von Wohnraum von Anfang an in die Planung integriert. Schließlich sollen Häuser von Beginn an die Möglichkeiten in sich bergen, sich wie ihre Bewohner zu verändern, um ein Leben lang Lebensraum zu sein.

### 3 Herangehensweise

Im ersten Teil meiner Diplomarbeit werde ich den Auf- und Ausbau des entworfenen Hauses betrachten und darlegen, auf welche Details man bei den einzelnen Gewerken achten muss, um die Anforderungen, welche sich aus einem späteren Umbau ergeben, zu erfüllen. Dabei werde ich die Grundrisse, welche im Laufe der vorangegangenen Studienarbeit entstanden sind, überarbeiten und weiter auf diese Erfordernisse abstimmen.

Hauptziel meiner Arbeit ist, eine technisch und wirtschaftlich effektive Wandkonstruktion für diesen Hausentwurf zu finden. Die Ausführungsvarianten, für welche ich mich entschieden habe, gehören alle drei dem Mauerwerksbau an. Dies geschah aus dem Grund, weil mein Praxispartner, welcher selbst im Bereich des Schlüsselfertigbaus tätig ist, seine Häuser größtenteils in Massivbauweise errichtet. Folgende Wandaufbauten wurden gewählt:

- der hoch wärmedämmende Mauerziegel Poroton T 9 der Firma Wienerberger mit einer Wandstärke von 30 cm
- ein Wandsystem, bestehend aus einem 24 cm starken Poroton T 12 Mauerziegel ebenfalls von der Firma Wienerberger, welcher zusätzlich mit einem WDVS- System versehen wird
- ein 24 cm starkes Kalksandsteinmauerwerk mit zusätzlichem WDVS-System.

Auf eine Gegenüberstellung von Skelettbauweisen oder Holzkonstruktionen wird dabei verzichtet.

Für die drei untersuchten Ausführungsvarianten werde ich technische Vergleiche anstellen, sowie deren Wirtschaftlichkeit untersuchen. Die technischen Eigenschaften, auf welche ich in meiner Arbeit eingehen werde, sind:

- Wärmeschutz
- Feuchteschutz
- Schallschutz
- Brandschutz

Dabei werde ich zu Beginn jedes Abschnittes auf die theoretisch relevanten Fakten eingehen, die für die Wahl des Baustoffs von Bedeutung sind und im Anschluss daran die drei

Varianten auf diesen Aspekt hin vergleichen. Ziel soll es dabei sein, die Wandkonstruktion herauszufinden, welche für den Bau dieses oder ähnlicher Einfamilienhäuser technisch sowie wirtschaftlich sinnvoll verwendet werden sollte.

## 4 Baubeschreibung

Im nachfolgenden Teil meiner Diplomarbeit werde ich auf den Aufbau und die Eigenschaften der geplanten Konstruktionsarten eingehen und dabei die Besonderheiten der jeweiligen Konstruktion hervorheben. Unterteilt wird der Abschnitt in das Kapitel Rohbau, sowie Ausbau, welche getrennt voneinander betrachtet werden.

### 4.1 Keller

Für das Gebäude ist keine Unterkellerung vorgesehen, diese könnte aber jederzeit in der Planung berücksichtigt werden. Hierbei müsste dann ebenso zwischen den drei verschiedenen Wandsystemen, verglichen werden, bzw. die Wandsysteme für den Einbau im erdberührten Bereich angepasst werden.

### 4.2 Rohbau

#### 4.2.1 Gründung

Für die Gründung des Hauses stehen prinzipiell zwei Varianten zur Verfügung. Zum eine gibt es die Möglichkeit, Streifenfundamente herzustellen, auf denen dann die Bodenplatte gegossen wird. Die zweite Variante ist, die Ausführung einer Bodenplatte auf frostsicherem Gründungspolster. Bei meinen Hausentwurf habe ich mich für die Ausführung dieser zweiten Gründungsvariante entschieden.

#### 4.2.2 Wandkonstruktionen

Um eine aussagefähigen Vergleich anstellen zu können, wird der Aufbau der drei von mir untersuchten Wandkonstruktionen zuerst genau beschrieben. Der eigentliche Vergleich wird dann in einem späteren Abschnitt geführt.

#### 4.2.2.1 Mauerwerk 30 cm aus Poroton T 9- Ziegeln ( WK 1 )

Bei der ersten Wandkonstruktion, welche von mir beschrieben wird, wird ein Ziegel der Firma Wienerberger verwendet, welcher ohne eine zusätzliche Dämmung die Mindestanforderungen der EnEV erfüllt. Die Kammern des Mauersteins sind mit Perliten gefüllt. Er erreicht deshalb eine sehr geringe Wärmeleitfähigkeit von  $0,09 \text{ W / ( m K )}$ . Durch diesen geringen Wert soll gewährleistet werden, dass der in der EnEV geforderte höchstzulässige U-Wert für Wandbaustoffe, welcher bei  $0,300 \text{ W / ( m}^2\text{K )}$  liegt, bereits mit einer Wandstärke von 30 cm erreicht wird. Dieser Ziegel ist auch in einer Wandstärke von 36,5 cm erhältlich, deren Realisierung jedoch für ein Einfamilienhaus, welches die normalen Anforderungen der Energieeinsparverordnung erfüllen soll, nicht zwingend notwendig ist. Das Mauerwerk aus diesen Ziegeln muss laut Herstellervorschrift verklebt werden, die Ziegel sind deshalb als Plansteine gefertigt um einen gleichmäßigen Auftrag des Klebers zu gewährleisten und ein Ankleben der Perlittefüllung an der Kleberrolle zu verhindern hat dies mit der VD-Mörtelrolle zu erfolgen.

Da diese geklebten Wandkonstruktionen besonders rissanfällig sind, wird vom Hersteller ein faserverstärkter Kalkzementputz als Außenputz empfohlen, welcher den Ansprüchen der DIN 18550 – 4 entspricht und die Rissbildung auf der Putzaußenseite verringern soll. Auf der Innenseite hingegen ist ein üblicher Kalkgipsputz laut Herstellerangaben ausreichend.

Die großen Ziegelaußenstege haben ebenfalls die Aufgabe Rissen entgegenzuwirken. Sie sollen vermeiden, dass der Stein größeren Spannungen nachgeben muss und Risse entstehen.

Bei WK 1 muss besonders auf Details wie z.B. die Deckenaufleger geachtet werden, da hier keine anschließende Dämmung auf die Fassade aufgebracht wird, welche eventuell entstehende wärmeschutztechnische Schwachpunkte kaschieren könnte. Aus diesem Grund sollten hier Randschalen mit integrierter Dämmung verwendet werden, um zu gewährleisten, dass am Deckenaufleger ein ähnlich guter U-Wert wie in der eigentlichen Wandfläche erreicht wird. Eine weitere Möglichkeit wäre, in die Randschalen eine Dämmplatte mit ausreichender Stärke einzubringen, welche ebenfalls das Erreichen des geforderten U-Wertes sicherstellt.

Für den Ringanker im Dachgeschoss gelten dieselben Kriterien wie für die Deckenaufleger. Es müssen U-Schalen verwendet werden, welche bereits werksseitig mit einer Dämmung versehen sind, oder es müssen auf der Baustelle aussenseitig Dämmstreifen vor dem Ein-

bringen der Bewehrung bzw. des Betons in die Schalen eingebracht werden, um hier ebenfalls eine gleichmäßige Wärmedämmung zu sichern.

Bei dieser Wandkonstruktion ist also besonders darauf zu achten, dass in den Anschlußbereichen wie z.B. Tür- und Fensterstürze keine Wärmebrücken entstehen, da diese nicht durch eine nachträglich angebrachte Dämmung wieder ausgebessert werden können.

#### **4.2.2.3 Ziegelmauerwerk 24 cm mit WDVS- System ( WK 2 )**

Bei der zweiten Konstruktionsvariante wird als Ziegel ein 24 cm starker Mauerziegel verwendet, welcher eine Wärmeleitfähigkeit von  $0,12 \text{ W / ( m K )}$  besitzt. Dieser allein reicht bei der geringen Wandstärke allerdings noch nicht aus, um die Mindestanforderungen der EnEV zu erfüllen. Aus diesem Grund wird auf das Mauerwerk zusätzlich eine Dämmung aus Polystyrol in Form eines WDVS-Systems aufgebracht, welches diese Defizite ausgleichen soll. Wie stark diese Dämmung sein muss und welche Wärmeleitfähigkeit sie mindestens haben sollte werde ich in meiner Arbeit, im Abschnitt Wärmeschutz, noch prüfen.

Das Aufbringen der Dämmung hat einige Vorteile im Gegensatz zu dem vorangegangenen Verfahren. Zum einen gleicht die Dämmung besser unterschiedliche Wärmedämmeigenschaften der Tragkonstruktion aus und verhilft der Außenfläche somit zu einer gleichmäßigen Wärmedämmung.

Eine weitere positive Eigenschaft der außen aufgetragenen Dämmung besteht darin, dass eventuelle entstehende kleinere Risse auf der Außenseite des Gebäudes nicht sichtbar werden, da diese durch das Wärmedämmverbundsystem kaschiert werden. Bei einem solchen WDVS-System werden die Dämmplatten mit einer Armierung in Form eines Gewebes überzogen, welches zusätzlich der Entstehung von Rissen entgegenwirkt. Bei fachgerechter Ausführung, ist die Wahrscheinlichkeit von Rissen auf der Außenseite des Gebäudes somit stark minimiert.

Beim Einsatz des T 12 Mauerziegels der Firma Wienerberger ist vom Hersteller nicht vorgeschrieben, ob die Ziegel konventionell vermauert oder geklebt werden. So kann man, wenn gewünscht, die Ziegel auch mit Mörtel vermauern und ist nicht zwingend, wie bei dem T 9 Ziegel, auf das Verkleben von Planziegel angewiesen. Da die Klebevariante, wie oben beschrieben zur Rissbildung neigt, wird sie von vielen Ausführungsbetrieben ungern verwendet.

Im Deckenauflegerbereich muss nicht, wie bei WK 1 eine Randschale mit integrierter oder zusätzlicher Dämmung verwendet werden. Der schlechtere U-Wert, welcher an dieser Stelle vorhanden ist, wird durch das Aufbringen der Dämmung wieder ausgeglichen.

Dasselbe gilt auch bei der Ausführung des Ringbalkens. Hier wird ebenfalls nicht zwingend eine Dämmung benötigt, doch man kann zusätzlich eine Dämmplatte einbringen um bessere Wärmedämmung an diesen Stellen zu erreichen.

Auf der Innenseite wird das Mauerwerk genauso wie das 30 cm Mauerwerk aus Poroton T 9 Ziegel mit einem Kalkgipsputz versehen.

#### **4.2.2.3 Kalksandsteinmauerwerk 24 cm mit WDVS – System ( WK 3)**

Als dritte und hier zuletzt betrachtete Möglichkeit der Ausführung einer Außenwand, habe ich mich für 24 cm starkes Kalksandsteinmauerwerk mit einem zusätzlichen WDVS-System entschieden.

Kalksandstein besitzt schlechtere Wärmedämmeigenschaften als die beiden Mauerziegelvarianten. Aus diesem Grund ist davon auszugehen, dass die benötigte Dämmung stärker ausfallen wird, als bei der zuvor beschriebenen Variante. Wie stark die Dämmung jedoch am Ende sein muss um alle Anforderungen zu erfüllen, werde ich ebenfalls im Abschnitt Wärmeschutz dieser Arbeit untersuchen.

In den Bereichen der Deckenaufleger, sowie des Ringbalkens sind wie bei der WK2 keine integrierten oder separaten Dämmstreifen notwendig. Da, wie bereits erwähnt, der Kalksandstein sehr schlechte Wärmedämmeigenschaften besitzt und davon auszugehen ist, dass man eine stärkere Dämmung aufbringen muss, werden eventuelle Schwachstellen im Bereich der Wärmedämmung leicht wieder ausgeglichen.

Außenbeschichtung und Innenputz werden bei dieser Variante gelöst wie bei der Wandkonstruktion 2.

Generell gilt für alle drei untersuchten Wandkonstruktionen, dass unter der ersten Schicht, sowie ca. 25 cm über der Bodenplatte, eine horizontale Abdichtung eingebracht werden muss, um das Aufsteigen von Feuchtigkeit zu verhindern. Dies gilt für alle Wandkonstruktionen, egal ob diese verklebt oder klassisch im Mörtelbett verlegt werden oder eine zusätzliche Dämmung auf der Außenseite angebracht wird.

### 4.2.3 Dach

Die Dachform, die beim entworfenen Haus eingesetzt wird, ist ein Satteldach mit Beton bzw. Tondachsteinen, diese Entscheidung bleibt dem Bauherr überlassen. Um auch im Dachgeschoss angenehm große Fenster auf den Giebelseiten ausführen zu können wird das Dach mit einer Neigung von  $45^\circ$  ausgeführt. Würde die Dachneigung niedriger gewählt, müsste man die Mittelpfetten über dem Sturzbereich der Fenster aufliegen lassen, diese Möglichkeit ist ausführbar, jedoch mit höherem Aufwand bei der Sturzausbildung verbunden. Die Zangen, welche an den Pfetten befestigt werden definieren die Raumhöhe welche im oberen Geschoss des Hauses zur Verfügung steht An diese wird später die Unterkonstruktion der Trockenbaudecke angebracht, somit erhält man im Dachgeschoss eine Raumhöhe von 2,50 m.

Die Dämmung wird als Zwischensparrendämmung ausgeführt. Dies geschieht zum einen aus Platzgründen, da durch eine Aufsparrendämmung Wohnraum verloren gehen würde, zum anderen aus finanziellen Gründen. Bei dieser Ausführungsvariante kann sich, falls gewünscht, der Bauherr später einbringen und durch seine Eigenleistung Geld sparen. Wie stark die Dämmung eingebracht werden muss wird sich bei der Berechnung des Energieausweises zeigen, welche ich später ein der Arbeit noch betrachten werde.

### 4.2.4 Decke

Die Decke zwischen Erd- und Dachgeschoss wird als Stahlbetondecke mit einer Deckenstärke von 18 cm ausgeführt.

Auf eine Trennfolie werden zwei Schichten Dämmung ausgelegt, eine 20 mm starke Trittschalldämmung und eine 30 mm starke Wärmedämmung. Auf diese beiden Schichten wird dann anschließend der Zementestrich in einer Stärke von ca. 65 mm aufgebracht.

Die beiden Dämmschichten übernehmen sowohl die Aufgabe der Wärmedämmung, als auch die Aufgabe der Trittschalldämmung um eine Übertragung von Lärm vom Dachgeschoss ins Erdgeschoss zu vermeiden. Dies ist besonders in der zweiten Phase des Hauses von Bedeutung, wenn das Haus in zwei separate Wohneinheiten geteilt sein wird und die Familie im Erdgeschoss nicht von den Bewohnern des Obergeschosses gestört werden soll.

### 4.3 Ausbau

Im diesem Abschnitt meiner Diplomarbeit, werde ich mich mit dem Ausbau des Innenbereiches befassen. Der Entwurf des Hauses, auf welches sich diese Arbeit bezieht, ist im Zuge der vorangegangenen Studienarbeit entstanden. Dabei war das Hauptaugenmerk darauf zu legen, dass das Haus mit möglichst geringem Aufwand den sich ändernden Anforderungen der Bewohner anpassen lässt.

Es gibt zahlreiche Situationen im Leben, mit denen sich die Wohnansprüche der Menschen ändern, diese könnten z.B. sein

- Auszug der Kinder und somit ungenutzter Platz
- Notwendigkeit eines Umbaus durch Selbstständigkeit bzw. Einrichtung von Teilarbeitsplätzen
- bei Erstbezug zieht Elternteil mit ins Haus, später dieser Teil nicht mehr sinnvoll nutzbar
- durch abnehmende Beweglichkeit im Alter sind nicht mehr alle Vornehmlichkeiten des Hauses nutzbar
- Vorlieben und Wohnstil ändern sich

Der Entwurf geht von der Variante aus, dass man sich im Alter teilweise nur eingeschränkt bewegen kann und somit an eine Umnutzung des Hauses denken muss. Beim Haus soll dies durch eine einfache Trennung der beiden Geschosse in zwei separat zugängliche Wohnungen geschehen. Dabei sollte natürlich, gerade beim Ausbau des Hauses, auf einige Details geachtet werden, um den zu erwartenden Aufwand so gering wie möglich zu halten.

Bei solch speziellen Anforderungen darf nicht erst bei den Ausbaugewerken genau überlegt werden auf welche Einzelheiten zu achten ist. Hier ist es bereits im Vorfeld unumgänglich, auf wichtige Aspekte zu achten. So sollte der Grundriss des Hauses von Beginn an so angelegt sein, dass ein späteres Einfügen von Trennwänden eine wohnliche Raumaufteilung nicht erschwert oder sogar unmöglich macht. Es ist nicht nur notwendig die Grundrisse derart zu gestalten, dass man sich in den Räumen wohl fühlt, sondern auch Überlegungen zur Lage von Installationsleitungen anzustellen, da in diesem Bereich ein großer Aufwand entstehen kann bei einer Umnutzung entstehen kann.

In den folgenden Abschnitten meiner Arbeit werde ich untersuchen auf welche Dinge bei den einzelnen Gewerken zu achten ist. Mein Hausentwurf wird beispielhaft zeigen, wie die Überlegungen umgesetzt und ausgeführt werden können.

### 4.3.1 Erdgeschoss

Bei dem Erstbezug des Hauses sind im Erdgeschoss keine Trennwände aus Trockenbau vorgesehen, diese werden dann erst später bei der Umnutzung des Gebäudes für die Abgrenzung der einzelnen Wohnungen sowie der einzelnen Räume benötigt.

Die Bereiche in denen die Trennwände genau eingesetzt werden, sind zum Einen im großen Wohnzimmer, welches durch die Trockenbauwand in zwei separate Räume geteilt wird. Bei der Wand wird eine Knauf Gipskartonwand vom Typ W112 verwendet, diese ist hier ausreichend da keine weiteren Anforderungen an den Schallschutz oder weitere bautechnische Eigenschaften der Konstruktion gestellt werden, da beide Zimmer weiterhin zur selben Wohneinheit gehören.

Weitere Wände sind später auch noch im Flurbereich des Erdgeschosses vorgesehen, hier wird später die zweite entstehende Wohnung von der im Erdgeschoss abgetrennt. Da dies eine Wohnungstrennwand wird, bestehen hier Mindestanforderungen an den Schallschutz, somit muss die Wand einen Mindestschallschutz von 53 dB aufweisen um als Wohnungstrennwand eingesetzt werden zu können. Hier wird ebenfalls ein System der Firma Knauf verwendet, eine W142 Schallschutzwand, welche 15 cm stark ausgeführt wird und somit ein bewertetes Schalldämmmaß von 54 dB erreicht, damit ist diese als Wohnungstrennwand geeignet. Für den Durchgangsbereich zwischen Küche und späteren Wohnzimmer gibt es unterschiedliche Möglichkeiten, wie man mit diesem Verfahren kann. Eine Möglichkeit ist, dass man den Durchgang zum Wohnzimmer so lässt und somit weiterhin direkt von der Küche ins Wohnzimmer gehen kann. Der Nachteil dieser Variante ist allerdings, dass man in dem kleiner gewordenen Wohnzimmer nur wenige Möglichkeiten hat Möbel zu stellen. Die zweite Möglichkeit, welche besteht, ist den Durchgang teilweise zu schließen und somit eine Durchreiche in den Wohnzimmerbereich zu erhalten, somit ist es möglich Möbel, zum Beispiel eine Tisch, zu stellen sowie nicht unbedingt den Flur nutzen zu müssen, wenn man etwas von einem Zimmer in das andere bringen möchte. Die dritte und letzte Möglichkeit die Öffnung komplett zu verschließen, damit ist man nicht eingeschränkt bei der Gestaltung des Wohnzimmers und kann alle Wände nutzen um vor ihnen Möbel aufzustellen.

Da die Räume, wie Küche und Bad auch nach der Umnutzung keine andere Verwendung zukommt, ist es auch nicht nötig Installationsleitung vorzubereiten, welche später dann nur in Betrieb genommen werden müssten. Lediglich in der Küche ist es notwendig eine Installationsschacht vorzusehen, welcher die nötigen Leitungen für Zu- bzw. Abwasser bereits enthält, da nach dem Umbau im darüber liegenden Raum ebenfalls eine Küche entstehen soll.

Ein weiterer Installationsschacht wird im Bad errichtet, welcher die Zu- und Abwasserleitung für das darüber liegende Bad beinhaltet, diese werden aber von Beginn an genutzt, da der Raum im Obergeschoss von Beginn an als Bad genutzt wird.

### 4.3.2 Obergeschoss

Im Obergeschoss werden von Beginn der Planung an Trennwände zur Aufteilung der einzelnen Räume verwendet und auch später keine weiteren eingebaut. Die Anforderungen an die einzelnen Wände erfordern unterschiedliche Wandstärken. Die Wände, welche sich genau über den tragenden Wänden des Erdgeschosses befinden, werden aus einer Doppelständerwand mit einer Wandstärke von 15 cm ausgeführt. Dies macht sich zum einen aus dem Grund erforderlich, dass darin Windverbände eingebaut werden sollen, welche die Lasten der Dachbalken aufnehmen und abtragen. Der andere Grund ist, dass in den Räumen, in welchen sich das Bad und Küche befinden Installationsleitungen verlegt werden sollen, welche einigen Platz benötigen. Für die restlichen Wände sind 10 cm starke System vom Typ W112 ausreichend, da die Räume im Obergeschoss alle zur selben Wohneinheit gehören wird hier ebenfalls kein besonderer Schallschutz oder Brandschutz benötigt.

Der erste Raum bei welchem die Verwendung der 15 cm starken Wand notwendig macht, ist die Wand zwischen Bad und Schlafzimmer, beide Räume behalten auch nach der Umnutzung ihren Verwendungszweck bei. In dieser Wand werden die Installationsleitungen für Zu- und Abwasser untergebracht, ebenfalls wird an dieser Wand gleich die Tragkonstruktion für das Hänge-WC eingebracht.

Ein anderer Raum, in welchem Wasser benötigt wird, ist der Raum über der Küche im Erdgeschoss. Hier wird wie bereits im vorangegangenen Abschnitt angeführt die Installationsleitung schon vorbereitet, sodass man später nur noch die benötigten Leitungen anschließen muss und nicht erst aufwendig Durchbrüche herstellen und Leitungen verlegen muss. In diesem Raum ist es ratsam sich von Beginn an zu überlegen, welchen Fussboden man verwendet, bei der späteren Nutzung als Küche ist es zu überlegen ob man einen Fliesen-

belag verlegt, welcher sich dann gut für den Küchenbereich eignen würde. Wenn man es vorzieht Parkett in der Küche zu haben, kann man dieses auch später ohne großen Aufwand verlegen und kann bei Erstbezug des Hauses auch einen textilen Bodenbelag verwenden. Da die Trennwand zwischen späterer Küche und Schlafzimmer auch eine 15 cm starke Wand ist kann man auch diese zur Unterbringung der Installationsleitung nutzen, dafür wäre dann ein Installationsschacht im Erdgeschoss notwendig, in welchem die Leitungen nach oben geführt werden können. Welche der beiden Möglichkeiten bevorzugt wird, soll man sich von Beginn an überlegen, dies ist natürlich auch abhängig von der Einrichtung im Erdgeschoss, welcher am effektivsten ist.

Da die anderen beiden Räume im Obergeschoss ihre Verwendung beibehalten, benötigt man hier keine zusätzlichen Maßnahmen um einen eventuell späteren Arbeitsaufwand zu minimieren.

## 5 Wärmeschutz

Aufgrund steigender Energiepreise wird dem Wärmeschutz immer größere Aufmerksamkeit zuteil. Jenes gilt insbesondere bei der Wahl des Baustoffs für die Gebäudehülle. Dies ist zum einen wegen der Energieeinsparverordnung der Fall, diese gibt dabei Mindestanforderungen vor welche von den Bauteilen erfüllt werden sollen. Die EnEV wird ständig novelliert, bei diesen Anpassungen steigen die Anforderungen an die neu zu errichtenden sowie die bestehenden Häuser und somit die Aufwendungen welche erbracht werden müssen. Zum anderen erhöhen die immer mehr steigenden Rohstoffpreise das Interesse der Bauherren, durch ein gut gedämmtes Haus hohe Heizkosten zu sparen.

### 5.1 Sommerlicher Wärmeschutz

Die großen Temperaturunterschiede zwischen Sommer und Winter machen es erforderlich, bei der Planung eines Gebäudes nicht nur an den winterlichen Wärmeschutz zu denken, sondern auch an den sommerlichen. Durch diesen soll gewährleistet werden, dass die Temperatur in den Räumen auch bei hohen Außentemperaturen ohne Klimaanlage, welche wiederum mit hohem Energieaufwand betrieben werden müsse, erträglich bleibt.

Der sommerliche Wärmeschutz wird dabei hauptsächlich durch die EnEV, sowie die DIN 4108-2 geregelt, wobei sich die beiden Regelwerke hierbei auf unterschiedliche Schwerpunkte beziehen. In der EnEV wird diese Problematik größtenteils im §3 abgehandelt, dabei ist bei Gebäuden, deren Fensteranteil unter 30 % der gesamten Fassadenfläche liegt, sogar auf den Nachweis zu verzichten und gilt somit als erfüllt. Bei meinem Hausentwurf wäre somit diese Anforderung mit den vorhandenen Werten ohne genauen Nachweis bereits erfüllt.

Fassadenfläche: 188,9 m<sup>2</sup>

Fensterfläche: 25,72 m<sup>2</sup>

Anteil Fenster:  $\frac{25,72 \text{ m}^2}{188,9 \text{ m}^2} \times 100\% = 13,38 \%$

In DIN 4108-2 wird auf weitere auf folgende weitere Einflussfaktoren des sommerlichen Wärmeschutzes eingegangen:

- Verglasung ( Fläche, Durchlassgrad, Orientierung)
- Sonnenschutz ( Wirksamkeit, Art der Verglasung, Hinterlüftung)
- Lüftung ( Art, Intensität)
- Standort des Gebäudes
- Bauweise

Eine Eigenschaft, welche ein Bauteil für guten sommerlichen Wärmeschutz haben sollte, ist eine hohe Wärmespeicherfähigkeit, von großer Bedeutung sind hierbei gerade die Bauteilschichten, welche sich raumseits befinden und somit mit der Raumluft in Verbindung stehen. Diese können mit ihre gespeicherte „Kälte“ somit lange Zeit den Innenraum kühlen und somit für angenehme Temperaturen im Gebäudeinneren sorgen. Wirksam werden bei monolithischen Wandaufbauten, deren Wandstärke kleiner als 20 cm beträgt, immer nur die Hälfte der Wandstärke sowie der Innenputz. Sobald eine Bauteilschicht vorhanden ist, welche eine Wärmeleitfähigkeit von  $\lambda_i < 0,1 \text{ W / (m K)}$  sowie einen Wärmedurchlasswiderstand von  $R_i > 0,25 \text{ m}^2 \text{ K / W}$  aufweist, werden diese Schichten vernachlässigt. In diesem Fall werden nur die Bauteilschichten berücksichtigt, welche sich raumseitig davor angeordnet sind.

Die spezifische Wärmekapazität, also die Wärmespeicherfähigkeit eines Baustoffes, wird mit Hilfe der folgenden Formel bestimmt.

$$C_{\text{wirk}} = \Sigma ( c_i \times \rho \times d_i \times A_i )$$

- c: spezifische Wärmekapazität der Bauteilschicht  
 $\rho$ : Rohdichte der Bauteilschicht  
d: Bauteilschichtdicke  
A: Bauteilfläche

Die spez. Wärmekapazität würde sich demnach für die zu untersuchenden Wandkonstruktion wie folgt ergeben.

### WK 1 ( monolithisches Ziegelmauerwerk)

$$C_{\text{wirk}} = (1000 \text{ J/(KgK)} \times 1400 \text{ kg/m}^3 \times 0,02 \text{ m} \times 1 \text{ m}^2) + (920 \text{ J/(KgK)} \times 653 \text{ kg/m}^3 \times 0,30 \text{ m} \times 1 \text{ m}^2)$$
$$\underline{\underline{= 208,288 \text{ kJ}}}$$

### WK 2 ( Ziegelmauerwerk mit WDVS – System )

$$C_{\text{wirk}} = (1000 \text{ J/(KgK)} \times 1400 \text{ kg/m}^3 \times 0,02 \text{ m} \times 1 \text{ m}^2) + (910 \text{ J/(KgK)} \times 628 \text{ kg/m}^3 \times 0,24 \text{ m} \times 1 \text{ m}^2)$$
$$\underline{\underline{= 132,755 \text{ kJ}}}$$

### WK 3 ( Kalksandsteinmauerwerk mit WDVS – System )

$$C_{\text{wirk}} = (1000 \text{ J/(KgK)} \times 1400 \text{ kg/m}^3 \times 0,02 \text{ m} \times 1 \text{ m}^2) + (1010 \text{ J/(KgK)} \times 1400 \text{ kg/m}^3 \times 0,24 \text{ m} \times 1 \text{ m}^2)$$
$$\underline{\underline{= 367,360 \text{ kJ}}}$$

Aufgrund seiner hohen Dichte, sowie der guten spezifischen Wärmekapazität des Kalksandstein ist WK 3 die Konstruktion mit der besten Wärmespeicherfähigkeit. Die beiden Ziegelkonstruktionen beiden Ziegelkonstruktionen erreichen dabei Werte, die damit nicht mithalten können. Im Vergleich der beiden Ziegelkonstruktionen ist jedoch die Variante mit dem hochwertigeren Baustoff, dem Poroton T9, besser als WK 2 mit der Dämmung.

Auf die Eigenschaften, welche die Verglasung sowie die Sonnenschutzvorrichtung aufweisen müssen, werde ich in meiner Arbeit nicht eingehen, da sie nicht abhängig von den Wandkonstruktionen sind, auf welchen der Fokus dieser Arbeit liegt.

## 5.2 Winterlicher Wärmeschutz

Beim winterlichen Wärmeschutz, ist es im Vergleich zum sommerlichen genau umgedreht. Hier ist es das Ziel, die Kälte im Winter draußen zu lassen und im Gebäude durch warme Oberflächentemperaturen ein angenehmes Wohnklima zu erzeugen. Wichtig hierbei ist der Wärmedurchgangskoeffizient des Bauteils, welcher von der Baustoffdicke sowie dessen

Wärmeleitfähigkeit abhängig ist. Umso größer die Wärmeleitfähigkeit des Baustoffs desto schlechter wirkt sich das auf den Wärmedurchgang aus, d.h. dass die kalte Außentemperatur weitaus schneller Wirkung auf die Temperatur des Wohnraumes hat und somit auch Einfluss auf das Heizverhalten ausübt.

Beim winterlichen Wärmeschutz sind weitere Einflussfaktoren zu beachten, welche es dem Bewohner des Hauses erleichtern, sich bei geringen Außentemperaturen im Haus wohl zu fühlen. Diese sind zwar ähnlich denen des sommerlichen Wärmeschutzes, es kommen jedoch noch einige Einflüsse hinzu. Die Faktoren, welche hier wichtig sind, sind zum Beispiel:

- Verglasung ( Durchlassgrad, Fläche, Orientierung )
- Heizungsanlage ( Energiequelle, Art )
- Lüftung ( Art, Intensität )
- Ausrichtung des Gebäudes
- Bauweise

Desweiteren muss man natürlich die Anforderungen beachten, welche die EnEV an ein Gebäude stellt. Dies sind hauptsächlich der Primärenergiebedarf, welcher sich aus den einzelnen Komponenten eines Hauses ermittelt, sowie dem spezifischen Transmissionswärmeverlust, welcher die Qualität der Gebäudehülle beschreibt.

In diesem Abschnitt werde ich erneut nicht auf die Kenngrößen und Eigenschaften wie zum Beispiel dem Heizsystem eingehen, da diese Werte ebenfalls nicht vordergründig zur Zielstellung meiner Arbeit gehören.

### 5.3 U-Wert

Neben dem Primärenergiebedarf, sowie dem Transmissionswärmeverlust, werden an die einzelnen Baustoffe auch noch andere Anforderungen gestellt, welche unbedingt erfüllt werden müssen. Eine dieser Anforderungen ist der Wärmedurchgangskoeffizient. Der U-Wert gibt an, wie gut das Bauteil die Wärme durch sich hindurch lässt, das heißt umso geringer dieser Koeffizient ist, desto besser ist man im Gebäude vor Temperaturschwankungen außerhalb geschützt, und desto später ist es auch notwendig das Gebäude zu beheizen wodurch man die Heizkosten senken kann.

Die EnEV gibt für die einzelnen Bauteile des Gebäudes Mindestwerte vor die unbedingt eingehalten werden müssen, auch wenn man die Hauptanforderungen ( Primärenergiebedarf sowie Transmissionswärmeverlust ) bereits erfüllt hat.

Einige dieser Werte sind zum Beispiel:

Steildach	$\leq 0,30 \text{ W/m}^2\text{K}$
Außenwand mit Außendämmung	$\leq 0,30 \text{ W/m}^2\text{K}$
Fenster ( Verglasung und Rahmen )	$\leq 1,70 \text{ W/m}^2\text{K}$
Haustür	$\leq 2,90 \text{ W/m}^2\text{K}$
Wände gegen unbeheizte Räume / Erdreich ( beheizt )	$\leq 0,50 \text{ W/m}^2\text{K}$

Diese Werte sind nach EnEV für ein normales Wohnhaus mindestens vorgegeben, wobei die Empfehlungen und Anforderungen für die andere Gebäudetypen natürlich geringer sein können und das auch sind.

### 5.3.1 Mauerwerk 30 cm aus Poroton T 9- Ziegel

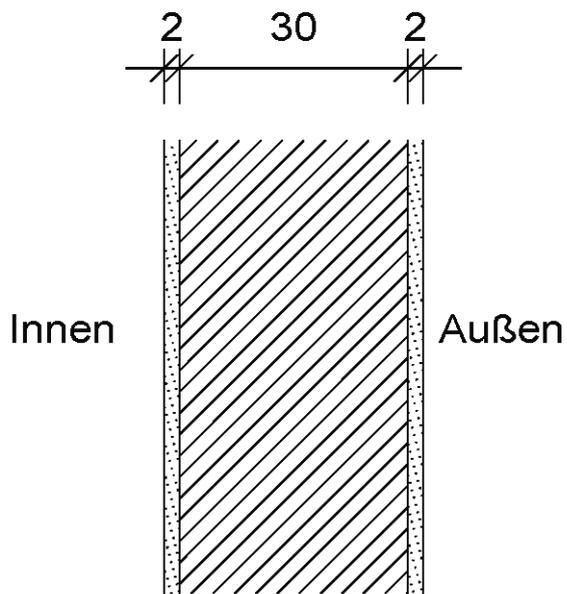


Abbildung 1: Aufbau Wandkonstruktion WK 1

Schicht	d [m]	$\lambda_R$ [W/m <sup>2</sup> K]	$R_{si}$ R m <sup>2</sup> K /W
Wärmeübergang innen			0,13
Kalkgipsputz	0,02	0,70	0,03
Poroton T 9	0,30	0,09	3,33
Kalkzementputz	0,02	1,00	0,02
Wärmeübergang außen			0,04

Tabelle 1: Bestimmung U-Wert Poroton T 9

$$R_T = 3,55 \text{ (m}^2 \text{ K) /W}$$

$$U_{ges} = 0,28 \text{ W / (m}^2 \text{K)}$$

## 5.3.2 Mauerwerk 24 cm mit WDVS- System

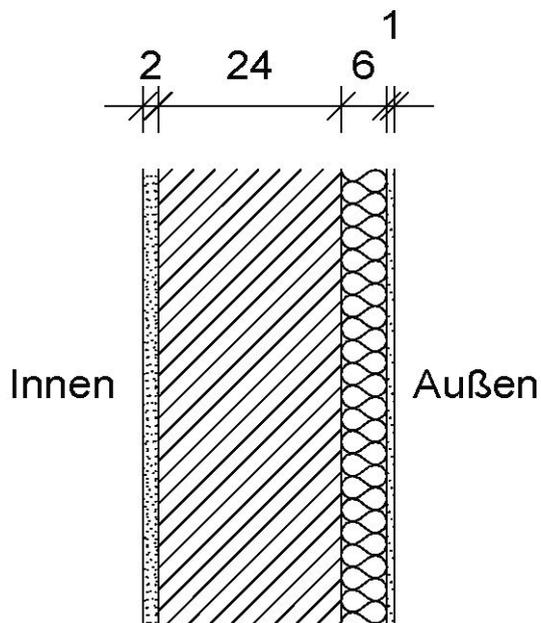


Abbildung 2: Aufbau Wandkonstruktion WK 2

Schicht	d [m]	$\lambda_R$ [W/m <sup>2</sup> K]	$R_{si}$ R m <sup>2</sup> K /W
Wärmeübergang innen			0,13
Kalkgipsputz	0,02	0,70	0,03
Poroton T 12	0,24	0,12	2,00
Wärmedämmung	0,06	0,04	1,50
Kalkzementputz mit Gewebe	0,01	1,00	0,01
Wärmeübergang außen			0,04

Tabelle 2: Bestimmung U-Wert Poroton T 12

$$R_T = \frac{3,71 \text{ (m}^2 \text{ K) /W}}{U_{ges} = 0,27 \text{ W / (m}^2 \text{K)}}$$

### 5.3.3 Kalksandsteinmauerwerk 24 cm mit WDVS System

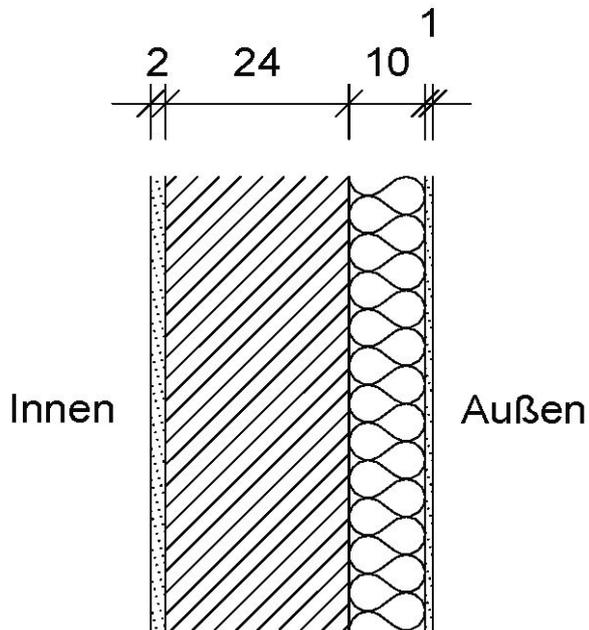


Abbildung 3: Aufbau Wandkonstruktion WK 3

Schicht	d [m]	$\lambda_R$ [W/m <sup>2</sup> K]	$R_{si}$ R m <sup>2</sup> K /W
Wärmeübergang innen			0,13
Kalkgipsputz	0,02	0,700	0,03
Kalksandstein 1,4	0,24	0,700	0,34
Wärmedämmung	0,10	0,035	2,86
Kalkzementputz mit Gewebe	0,01	1,000	0,01
Wärmeübergang außen			0,04

Tabelle 3: Bestimmung U-Wert Kalksandstein

$$R_T = 3,41 \text{ (m}^2 \text{ K) /W}$$

$$U_{ges} = 0,29 \text{ W / (m}^2 \text{K)}$$

## 5.4 Auswertung Wärmeschutz

Die Wandkonstruktionen wurden so dimensioniert, dass sie annähernd den gleichen U-Wert besitzen und somit vergleichbar sind. WK 1 ist die einzige von den drei Varianten, die den geforderten U-Wert  $\leq 0,300 \text{ W / (m}^2\text{K)}$  ohne zusätzliche Maßnahmen erreicht. Die anderen beiden benötigen zusätzliche angebrachte Dämmung um die nach ENEC geforderten Werte zu erreichen. Bei der Ausführungsvariante mit Kalksandstein wird dabei die größte Dämmstoffstärke sowie größte Wärmeleitfähigkeit benötigt. Bei der Anbringung der Dämmung wird desweiteren auch mehr Zeit benötigt, was zu höheren Kosten führt und somit ein Faktor ist welcher gegen WK 2 und WK 3 spricht.

**Beste Wandkonstruktion für Wärmeschutz:                      Wandkonstruktion 1**

## 5.5 Wasserdampfdiffusionsberechnung

### 5.5.1 Klimabedingungen zur Wasserdampfdiffusionsberechnung

	Außenklima	Raumklima
<b>Tauperiode</b>		
Lufttemperatur	-10 °C	20 °C
Relative Luftfeuchte	80%	50%
Wasserdampfsättigungsdruck	260 Pa	2340 Pa
Wasserdampfteildruck	208 Pa	1170 Pa
<b>Verdunstungsperiode</b>		
Lufttemperatur	12 °C	12 °C
Relative Luftfeuchte	70%	70%
Wasserdampfsättigungsdruck	1403 Pa	1403 Pa
Wasserdampfteildruck	982 Pa	982 Pa

Tabelle 4: Klimabedingungen für Wasserdampfdiffusionsberechnung

Diese Bedingungen werden dazu benötigt, um die Punkte zu bestimmen an welchen mit Tauwasserbildung zu rechnen ist und wie viel dabei entsteht. Desweiteren lässt sich damit die Menge des Tauwassers sowie die Dauer der Verdunstung bestimmen.

### 5.5.2 Poroton T 9

Schicht	d [m]	$\mu$ [m]	$s_d$ [m]	$\lambda_R$ [W/m <sup>2</sup> K]	$R_{si}$ R m <sup>2</sup> K / W	$\Theta$ [°C]	$\rho_s$ [Pa]
Wärmeübergang innen					0,13	20	2340
Kalkgipsputz	0,02	10	0,20	0,70	0,03	18,90	2185
Poroton T 9	0,30	5	1,50	0,09	3,33	18,65	2165
Kalkzementputz	0,02	15	0,30	1,00	0,02	-9,49	273
Wärmeübergang außen					0,04	-9,66	268
						-10	260

Tabelle 5: Bestimmung Wasserdampfsättigungsdruck Poroton T 9

$s_{dges} =$	2,00 m
$R_T =$	3,55 (m <sup>2</sup> K) /W
$U_{ges} =$	0,28 W/(m <sup>2</sup> K)

### Tauwassermenge

$$1/\Delta = 1,5 \times s_d \times 10^6$$

$$1/\Delta_i = 1,5 \times 1,7 \times 10^6$$

$$= 3,05 \times 10^6 \text{ m}^2 \times \text{h} \times \text{Pa} / \text{kg}$$

$$1/\Delta_a = 1,5 \times 0,3 \times 10^6$$

$$= 0,45 \times 10^6 \text{ m}^2 \times \text{h} \times \text{Pa} / \text{kg}$$

$$p_s = 1170 \text{ Pa} \qquad p_{sw} = 268 \text{ Pa} \qquad p_a = 208 \text{ Pa}$$

$$c_T = t_T \times \left( \frac{p_i - p_{sw}}{1/\Delta_i} + \frac{p_{sw} - p_a}{1/\Delta_a} \right) \times 10^{-6} \qquad t_T = 1440 \text{ h}$$

$$= 1440 \times \left( \frac{1170 - 268}{3,05} + \frac{268 - 208}{0,45} \right) \times 10^{-6}$$

$$\underline{\underline{= 0,61 \text{ kg/m}^2}}$$

### Verdunstende Wassermenge

$$1/\Delta_i = 4,2 \times 10^6 \text{ m}^2 \times \text{h} \times \text{Pa} / \text{kg}$$

$$1/\Delta_a = 0,3 \times 10^6 \text{ m}^2 \times \text{h} \times \text{Pa} / \text{kg}$$

$$p_i = p_a = 982 \text{ Pa} \qquad p_{sw} = 1403 \text{ Pa}$$

$$c_v = t_v \times \left( \frac{p_{sw} - p_i}{1/\Delta_i} + \frac{p_{sw} - p_a}{1/\Delta_a} \right) \times 10^{-6} \qquad t_v = 2160 \text{ h}$$

$$= 2160 \times \left( \frac{1403-982}{3,05} + \frac{1403-982}{0,45} \right) \times 10^{-6}$$

$$\underline{\underline{= 2,02 \text{ kg / m}^2 \gg c_T = 0,61 \text{ kg / m}^2 \text{ entspricht } 331 \%}}$$

Die verdunstende Wassermenge ist somit deutlich größer als die Tauwassermenge, somit entstehen keine Probleme im Bauteil selbst.

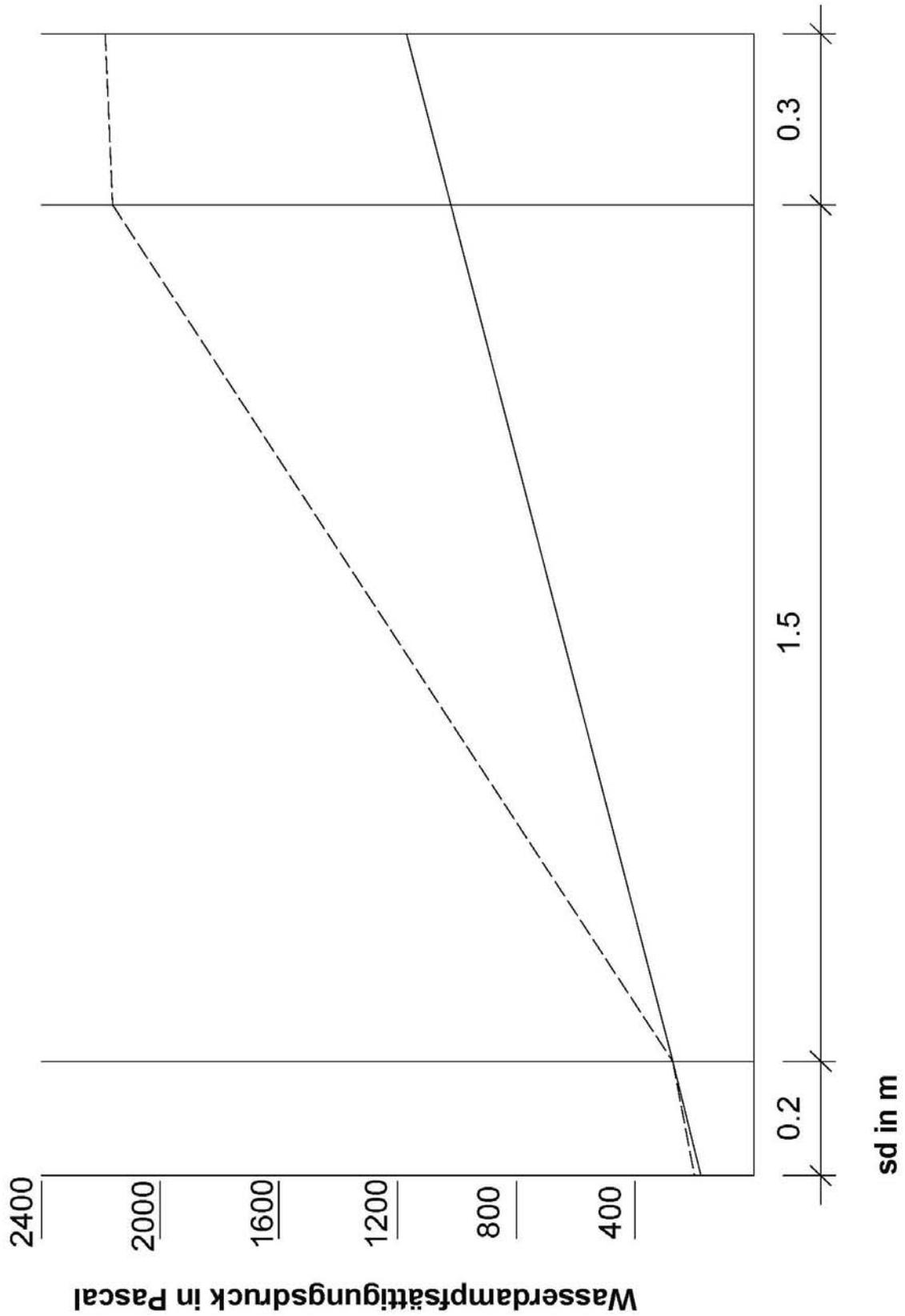


Abbildung 4: Glaserdiagramm Poroton T 9

### 5.5.3 Poroton T 12 mit WDVS – System

Schicht	d [m]	$\mu$ [m]	$s_d$ [m]	$\lambda_R$ [W/m <sup>2</sup> K]	$R_{si} R$ m <sup>2</sup> K /W	$\Theta$ [°C]	$\rho_s$ [Pa]
Wärmeübergang innen					0,13	20	2340
Kalkgipsputz	0,02	10	0,20	0,70	0,03	18,95	2227
Poroton T 12	0,24	5	1,20	0,12	2,00	18,72	2197
Wärmedämmung	0,06	20	1,20	0,04	1,50	2,54	737
Kalkzementputz mit Gewebe	0,01	15	0,15	1,00	0,01	-9,60	267
Wärmeübergang außen					0,04	-9,68	265
						-10	260

Tabelle 6: Bestimmung Wasserdampf-sättigungsdruck Poroton T 12

$$s_{dges} = 2,75 \text{ m}$$

$$R_T = 3,71 \text{ (m}^2 \text{ K) /W}$$

$$U_{ges} = 0,27 \text{ W/(m}^2 \text{K)}$$

### Tauwassermenge

$$1/\Delta_i = 1,5 \times 3,0 \times 10^6 = 4,5 \times 10^6 \text{ m}^2 \times \text{h} \times \text{Pa} / \text{kg}$$

$$1/\Delta_a = 1,5 \times 0,15 \times 10^6 = 0,225 \times 10^6 \text{ m}^2 \times \text{h} \times \text{Pa} / \text{kg}$$

$$p_s = 1170 \text{ Pa}$$

$$p_{sw} = 265 \text{ Pa}$$

$$p_a = 208 \text{ Pa}$$

$$c_T = 1440 \times \left( \frac{1170-267}{4,5} + \frac{267-208}{0,225} \right) \times 10^{-6}$$

$$= \underline{\underline{0,65 \text{ kg /m}^2}}$$

### Verdunstende Wassermenge

$$\begin{aligned}c_v &= t_v \times \left( \frac{p_{sw} - p_i}{1/\Delta_i} + \frac{p_{sw} - p_a}{1/\Delta_a} \right) \times 10^{-6} & t_v &= 2160 \text{ h} \\ &= 2160 \times \left( \frac{1403 - 982}{4,5} + \frac{1403 - 982}{0,225} \right) \times 10^{-6} \\ &= \underline{\underline{4,24 \text{ kg / m}^2}} \gg c_T = 0,61 \text{ kg / m}^2 \text{ entspricht } 695 \%\end{aligned}$$

Die verdunstende Wassermenge ist somit ebenso deutlich größer als die Tauwassermenge, somit entstehen keine Probleme im Bauteil selbst.

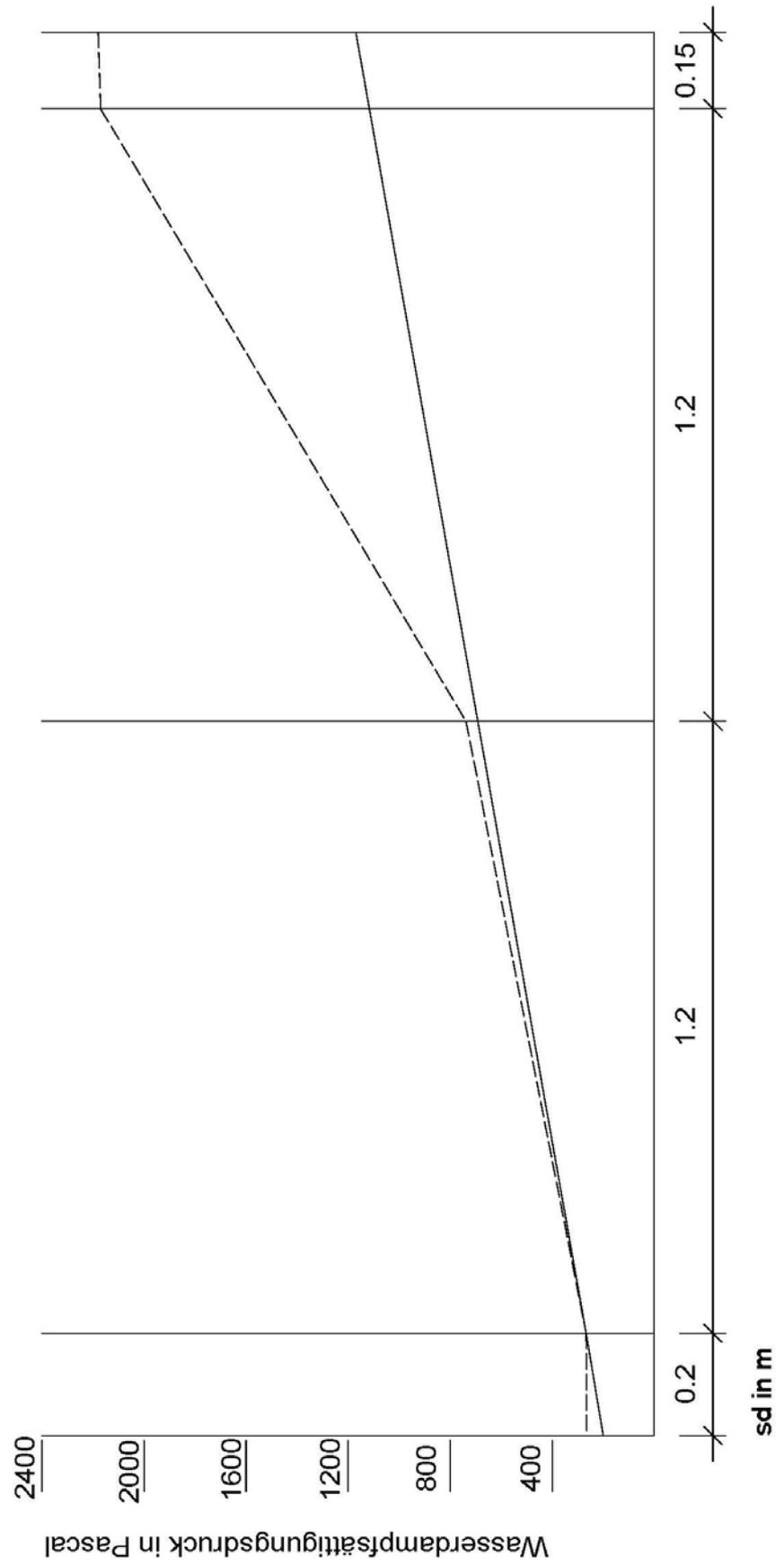


Abbildung 5: Glaserdiagramm Poroton T 12

### 5.5.4 Kalksandstein mit WDVS – System

Schicht	d [m]	$\mu$ [m]	$s_d$ [m]	$\lambda_R$ [W/m <sup>2</sup> K]	$R_{si} R$ m <sup>2</sup> K /W	$\Theta$ [°C]	$\rho_s$ [Pa]
Wärmeübergang innen					0,13	20	2340
						18,86	2128
Kalkgipsputz	0,02	10	0,20	0,700	0,03		
						18,60	2084
Kalksandstein 1,4	0,24	5	1,20	0,700	0,34		
						15,59	1610
Wärmedämmung	0,10	20	2,00	0,035	2,86		
						-9,56	274
Kalkzementputz mit Gewebe	0,01	15	0,15	1,000	0,01		
						-9,65	269
Wärmeübergang außen					0,04	-10	260

Tabelle 7: Bestimmung Wasserdampfsättigungsdruck Kalksandstein

$$s_{dges} = 3,55 \text{ m}$$

$$R_T = 3,41 \text{ (m}^2 \text{ K) /W}$$

$$U_{ges} = 0,29 \text{ W/(m}^2 \text{K)}$$

### Tauwassermenge

$$1/\Delta_i = 1,5 \times 3,0 \times 10^6 = 4,5 \times 10^6 \text{ m}^2 \times \text{h} \times \text{Pa} / \text{kg}$$

$$1/\Delta_a = 1,5 \times 0,15 \times 10^6 = 0,225 \times 10^6 \text{ m}^2 \times \text{h} \times \text{Pa} / \text{kg}$$

$$p_s = 1170 \text{ Pa}$$

$$p_{sw} = 271 \text{ Pa}$$

$$p_a = 208 \text{ Pa}$$

$$c_T = 1440 \times \left( \frac{1170-274}{4,5} + \frac{274-208}{0,225} \right) \times 10^{-6}$$

$$\underline{\underline{= 0,76 \text{ kg /m}^2}}$$

### Verdunstende Wassermenge

$$\begin{aligned}c_V &= t_v \times \left( \frac{p_{sw} - p_i}{1/\Delta_i} + \frac{p_{sw} - p_a}{1/\Delta_a} \right) \times 10^{-6} & t_v &= 2160 \text{ h} \\ &= 2160 \times \left( \frac{1403 - 982}{4,5} + \frac{1403 - 982}{0,225} \right) \times 10^{-6}\end{aligned}$$

$$\underline{\underline{= 4,24 \text{ kg / m}^2 \gg c_T = 0,76 \text{ kg / m}^2 \text{ entspricht } 557 \%}}$$

Die verdunstende Wassermenge ist somit deutlich größer als die Tauwassermenge, somit entstehen keine Probleme im Bauteil selbst.

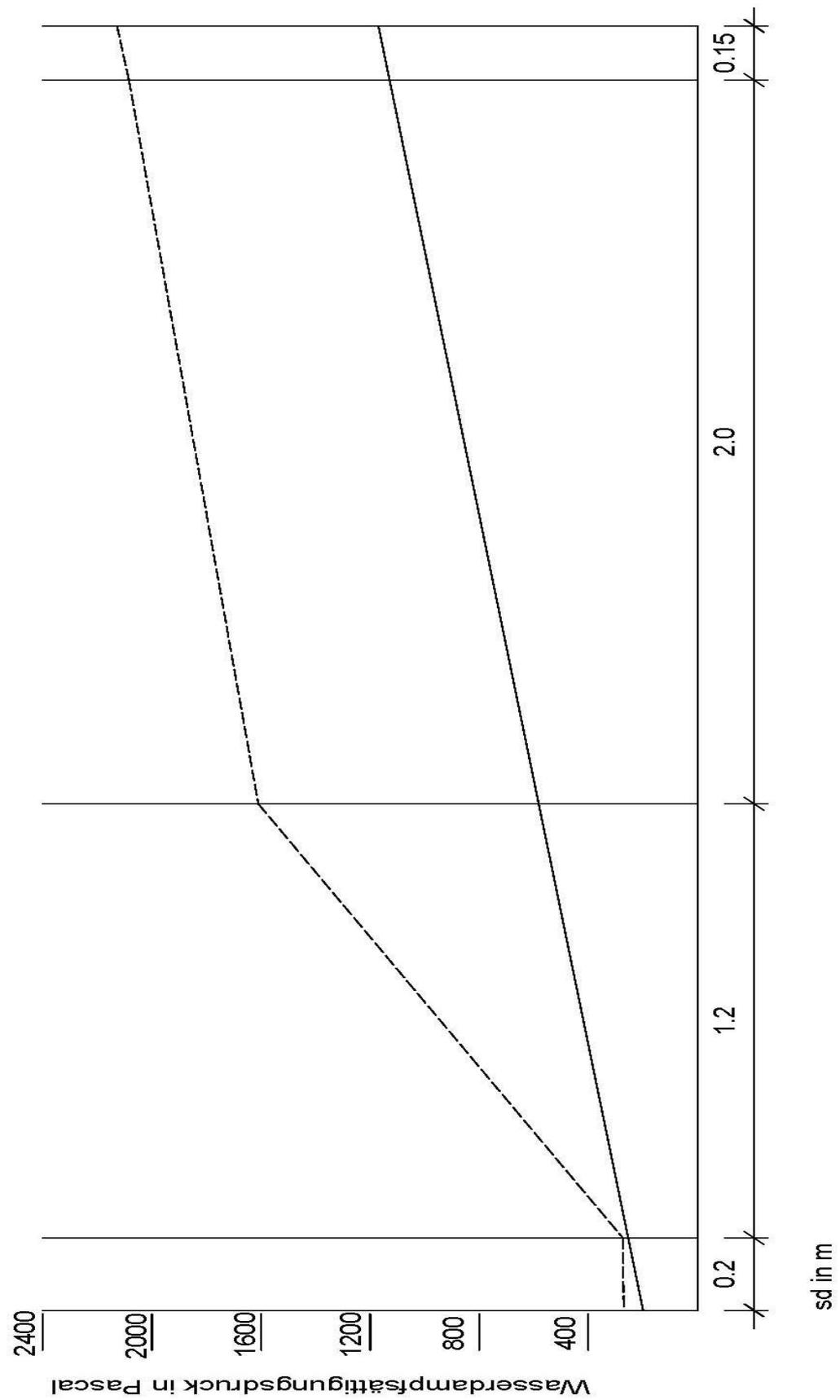


Abbildung 6: Glaserdiagramm Kalksandstein

#### 5.5.4 Auswertung des Feuchtigkeitsverhaltens

Die drei verschiedenen Wandkonstruktionen erfüllen die Anforderungen, da sie während der Verdunstungsperiode mehr Feuchtigkeit abgeben, als was vorher an Tauwasser in ihnen entstand. Somit ist bei fachgerechter Ausführung während der Nutzung nicht mit Schäden durch Tauwasser am Bauteil zu rechnen. Beide Wandkonstruktionen in Ziegelbauweise nehmen in der Tauperiode identisch viel Tauwasser auf, jedoch gelingt es der Konstruktion mit Dämmung mehr Feuchte wieder abzugeben. Die Variante mit Kalksandstein nimmt am meisten Feuchtigkeit auf kann aber im Verhältnis zu der Variante mit dem Poroton T 9 Ziegel auch wieder deutlich mehr abgeben. Das beste Verhältnis zwischen Aufnahme und Abgabe von Feuchte weist die Ausführungsmöglichkeit mit dem Poroton T 12 Ziegel und der Wärmedämmung auf.

**Beste Wandkonstruktion bei Tauwasser:**

**Wandkonstruktion 2**

## 6 Schallschutz

Dem Schallschutz misst man in den letzten Jahren immer mehr Bedeutung zu, da dass eigene Haus vom Besitzer durchaus als ein Rückzugsort angesehen wird, teilweise sogar als Zufluchtsmöglichkeit. Hier kann er Ruhe finden und genießen, die er sonst vermisst. Der Wunsch nach Landbesitz d.h., einem Grundstück mit eigenem Haus scheint neben den Prestige Gründen, finanziellen Kalkül und dem Komfortbedürfnis ein zutiefst menschlicher trieb zu sein. Ich denke er erklärt sich vor allem aus dem Bedürfnis nach Abgegrenztheit, Abgeschlossenheit und ungestörter, leiser Freiheit. Dinge, die im Alltag schwer zu finden sind und in der modernen Arbeitswelt als wenig förderlich gesehen werden. Eine Erholung und Kompensation der täglichen Belastung, die oft mit Lärm und übertragener Unruhe zu tun hat, will der Hausbewohner in „seinen“ vier Wänden finden. Neben dem Wohlbefinden hat der Schall auch Einfluss auf die Gesundheit des Menschen, nicht zuletzt aus diesem Grund, ist es notwendig, dem Schallschutz immer mehr Aufmerksamkeit zukommen zu lassen. Die einflussreichsten Faktoren, welche Einfluss auf den Schall und seine Dämmung haben, sind:

- durch die moderne Technik wird immer mehr Schall erzeugt wird, gerade im Außenbereich.
- durch die modernen Baustoffe werden immer dünnere sowie leichtere Wandkonstruktionen verwendet werden, was sich auf den Schallschutz negativ auswirkt.

Das Ziel ist, weniger Schall zu erzeugen oder die Schalldämmung des Gebäudes zu verbessern. Dabei gibt es drei wichtige Punkte, welche gerade beim normalen Wohnhaus realisiert werden sollten.

Diese sind:

- sowie die Übertragung von Außenlärm durch Quellen, welche mit dem Bauteil nicht verbunden sind, zu verringern.
- die Schallübertragung aus Nachbarräumen, welche durch Menschen erzeugt werden zu minimieren.
- die Schallübertragung durch haustechnische Anlagen im Gebäude zu vermeiden.

Im Wohnhausbau gilt für den Schallschutz die DIN 4109, welche die Anforderungen der einzelnen Bauteile regelt. Jedoch finden sich für einige Bereiche, wie z.B. dem Schutz gegen Störung durch haustechnische Anlagen, keine Angaben für den Schallschutz. Aus diesem Grund gibt es noch das Beiblatt 1 der DIN 4109, in welcher empfohlene Werte für den normalen sowie den erhöhten Schallschutz, angegeben werden können. Dies sind allerdings nur Empfehlungen der DIN und müssen im Einzelnen mit dem Auftragnehmer vereinbart werden.

Wie diese Ziele erreicht werden sollen, werde ich im folgenden Teil kurz darlegen und an den gewählten Wandkonstruktionen gegenüberstellen.

### 6.1 Schutz gegen Außenlärm

Die Außenwände sind für den Schutz vor Außenlärm die wichtigsten Bauteile. Um diese aber genau einteilen zu können, werden in der DIN 4109 verschiedene Lärmpegelbereiche definiert, welche von I-VII reichen.

Lärmpegelbereich	„maßgeblicher Außenlärmpegel“ in dB
I	-55
II	56 – 60
III	61 – 65
IV	66 – 70
V	71 – 75
VI	76 – 80
VII	> 80

Tabelle 8: Lärmpegelbereiche

Diesen Bereichen muss man den zu erwartenden „maßgeblichen Außenlärmpegel“ zuordnen. Dieser ist von verschiedenen Faktoren abhängig, welche sind:

- die Entfernung von der Lärmquelle ( Straße oder ähnliches )
- der Höhe der Verkehrsdichte bei Straßen
- das Vorhandensein von Ampelanlagen in direkter Nähe

Es wird desweiteren noch zwischen verschiedenen betroffenen Gebieten unterschieden, in denen verschiedene Immisionsgrenzwerte gelten. In einem reinen Wohngebiet liegen die Grenzwerte hierbei tagsüber bei 59 dB und nachts bei 49 dB. Diese Immisionsgrenzwerte werden in der Verkehrslärmschutzordnung der 16. Bundesimmisionschutzverordnung für die einzelnen Gebiete definiert.

### 6.1.1 Schallschutz durch Entfernung

Die einfachste Möglichkeit, sich vor Außenlärm zu schützen ist, zwischen Gebäude und ein Lärmquelle einen größtmöglichen Abstand zu bringen, da der Schallpegel durch die Absorption durch Luft und Boden mit größer werdender Entfernung abnimmt. Desweiteren wird dabei die Fläche, auf die sich der Schallpegel verteilt, immer größer und somit die Einwirkung auf einen Körper immer geringer.

Die Schallpegeldifferenz kann mit der Formel

$$\Delta L = 10 \lg \left( 2 \times \pi \times s^2 / 1 \text{ m} \right) + s / 200 \text{ m} \quad \text{in dB}$$

bestimmt werden.

$$\begin{aligned} \Delta L &= 10 \lg \left( 2 \times \pi \times 5^2 / 1 \text{ m} \right) + 5 / 200 \text{ m} \\ &= \underline{\underline{21,99 \text{ dB}}} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \Delta L &= 10 \lg \left( 2 \times \pi \times 10^2 / 1 \text{ m} \right) + 10 / 200 \text{ m} \\ &= \underline{\underline{28,03 \text{ dB}}} \end{aligned}$$

Dies macht bei Vergrößerung der Entfernung von 5 auf 10 eine Schallpegeldifferenz von ~6 dB aus. Diese Differenz ist mehr als eine Drittelung der Lautstärke, da eine Verdreifachung des Schalls eine Erhöhung von 5 dB zur Folge hat.

Die Möglichkeit, die Entfernung des Gebäudes zur Schallquelle zu ändern, ist leider in den wenigsten Fällen möglich. Somit müssen andere Möglichkeiten gesucht werden, um die Schallschutz zu gewährleisten.

### 6.1.2 Schallschutz durch Abschirmung

Eine Methode, den Bewohner vor störenden Geräuschen von außen zu schützen, ist, dass man den Schall durch Abschirmung daran hindert, an das Gebäude zu gelangen. Diese Methode wird recht selten angewandt. Zu sehen ist dieses Verfahren meist nur bei Gebäuden, welche sich direkt an Autobahnen befinden. Die Belästigung wäre hier so groß ist, dass es ohne eine solche Maßnahme für die Bewohner unerträglich wäre, in einem solchen Haus zu wohnen. Desweiteren ist das Aufstellen von Schallschutzwänden oftmals eine Stilfrage, da es gerade in Wohngebieten keine schöne Vorstellung ist, solche Wände anzuschauen.

### 6.1.3 Schallschutz durch Außenbauteile

Die Methode, wie man am unabhängigsten von äußeren Einflüssen sich vor Lärm schützen kann, ist die Verwendung von geeigneten Wandsystemen. Für Außenwände werden in der DIN 4109 Mindestanforderungen festgelegt, welche als Schallschutzstufe I definiert werden. Die Schallschutzstufen II und III sind ebenfalls definiert aber nicht vorgeschrieben und müssen somit gesondert vereinbart werden.

## 6.2 Luftschalldämmung

Für die Luftschalldämmung gelten sowohl für Wände als auch Decken dieselben Grundsätze, je höher die flächenbezogene Masse des einzelnen Bauteils ist, desto besser ist dessen Schallschutz. Durch die hohe Masse des Baustoffes wird der Schall daran gehindert, sich weiter auszubreiten und wird vom Baukörper reflektiert. Nicht nur die Masse des betrachteten Bauteils ist hierbei zu beachten, sondern auch die der flankierenden Bauteile. Diese sind ebenfalls für die Schallübertragung z.B. in Nachbarräume zuständig und sollten ebenfalls eine hohe Masse aufweisen, um guten Schallschutz gewährleisten zu können.

Diese Bauteile können dabei unterschiedlich ausgebildet sein, so z.B. als

- einschalige biegesteife Wände ( Wandkonstruktion mit beidseitigem Putz )
- zweischalige Wände aus zwei schweren biegesteifen Schalen ( z.B. Häusertrennwand bei Reihenhaus)

- einschalige biegesteife Wände mit biegeweicher Vorsatzschale ( z.B. Vorsatzschale aus Gipskartonplatten vor Mauerwerk )
- zweischalige Wände aus zwei biegeweichen Schalen ( Trockenbauwand mit oder ohne gemeinsamen Ständern )
- sowie als Geschossdecke.

Bei den angeführten Bauteilen haben die flankierenden Bauteile manchmal mehr und manchmal weniger Einfluss auf den Schallschutz. Deren Fall ist dann abhängig von der eigenen Masse, welche zum Beispiel bei zwei biegeweichen Schalen relativ gering ist und somit höhere Massen der flankierenden Bauteile erfordert.

Ein Nachteil, welcher durch die hohen Massen entsteht, ist, dass dieses Gewicht die Bemessung der Decke beeinflusst wird. Durch die hohen Lasten welche durch die schweren Bauteile entstehen, müssen Bauteile wie Decken und Bodenplatten stärker ausgeführt werden. Dies verursacht durch den Mehraufwand an Beton und Bewehrung natürlich höhere Kosten, die man bedenken sollte wenn man dem Schallschutz ein sehr hohes Maß an Aufmerksamkeit zukommen lässt.

Wandkonstruktion	Dichte
Poroton T 9	653 kg/m <sup>3</sup>
Poroton T 12	628 kg/m <sup>3</sup>
Kalksandstein	1400 kg/m <sup>3</sup>

Tabelle 9 Dichten Wandkonstruktionen

Von den drei gewählten Wandkonstruktionen besitzt der Kalksandstein die höchste Dichte und würde somit höhere Lasten auf die Decke bzw. Bodenplatte einbringen, wodurch man mehr Bewehrung benötigt. Die beiden Ziegelvarianten besitzen eine im Vergleich dazu eine relativ geringe Dichte und bedeuten somit auch weniger Lasteinwirkung auf die Bodenplatte und somit weniger Bewehrung.

### 6.3 Schallabsorption

Bei der Schallabsorption kommt es im Gegensatz zur Reflexion nicht auf die hohe Dichte des Baustoffes an. Hierbei ist eher ein hoher Porenanteil notwendig. Durch die Poren im Baustoff werden die Schwingungen des Schalls in Wärme umgewandelt, dies wird durch die schnelle Reibung der Luftteilchen im Baukörper verursacht. Hierzu werden Baustoffe benötigt, welche auch auf ihrer Außenseite über einen gewissen Porenanteil verfügen. Nur dies gewährleistet, dass der Luftschall in den Baukörper eindringen kann und dort absorbiert wird. Aus diesem Grund sind auch Dämmstoffe mit einer geschlossenen Oberfläche als Schallabsorber ungeeignet, da diese das Eindringen des Schalls nicht zulassen.

### 6.4 Inhomogenität

Bei der schalldämmenden Wirkung von Bauteilen kommt es ebenfalls stark auf der Homogenität dieser an. Bauteile mit unterschiedlichen Schallschutzeigenschaften wirken sich stark auf die dämmende Wirkung des ganzen Baukörpers aus, so haben große Unterschiede zwischen zum Beispiel Fenstern und der restlichen Wandkonstruktion starke Auswirkungen auf die gesamte Wand. Die Auswirkungen, welche eine unterschiedliche Schallschutzklasse hat, hängt in erster Linie von dem Verhältnis zwischen den unterschiedlichen Systemen ab sowie der Differenz aus dem resultierenden Schalldämmmaß der Wand und dem des Fensters. Desto größer diese ist, desto größer ist nach DIN 4109 Beiblatt 1 Bild 20 die Abminderung des resultierenden Schalldämmmaßes. Somit kann es passieren, dass eine Wand, welche ein sehr gutes Schalldämmmaß besitzt, mit einem Fenster schlechterer Schallschutzstufe einen insgesamt schlechteren Schalldämmwert erzielt als ein schlechteres Wandsystem mit dem gleichen Fenster.

## 6.5 Schallschutzberechnung

Ob ein Wandbauteil gut für den Schallschutz geeignet ist, hängt in erster Linie von seiner Masse ab, da diese zu großen Teilen das Eindringen des Schalls in das Gebäude verhindert. Umso größer diese Masse ist, desto besser ist die Absorption des Schalls durch den Baukörper und somit wird der Geräuschpegel im Haus so gering wie möglich gehalten. Die Masse des Bauteils fließt in die Berechnung des bewerteten Schalldämmmaßes nach DIN 4109 ein und ist somit neben dem Aufbau des Bauteils wichtigster Faktor für guten Schallschutz. Nach den Berechnungsgrundlagen dieser DIN werde ich die drei von mir gewählten Wandkonstruktionen vergleichend gegenüberstellen. Ich werde bei dem Vergleich der Wandbaustoffe das Schalldämmmaß des einzelnen Baustoffs untersuchen, sowie dessen Einfluss als flankierendes Bauteil auf die Deckenkonstruktion betrachten.

### 6.5.1 Poroton T 9

Die Zusammenstellung der flächenbezogenen Masse geschieht nach DIN 4109 Bbl. 1.2.2.2

#### Die flächenbezogene Masse

von innen	s [ cm]	$\rho$ [kg/m <sup>3</sup> ]	angesetzt [kg/m <sup>2</sup> ]
Kalkgipsputz	2,00	1400	28,00
Poroton T 9 der Firma Wienerberger	30,00	653	195,90
Kalkzementputz Faserverstärkt	2,00	1800	36,00
			-----
<b><u>flächenbezogene Masse</u></b>			<b><u>259,90</u></b>

#### Ermittlung des bewerteten Schalldämmmaßes $R_{w,R,res}$

$$\text{Vorhanden } R_{w,R} = 47 \text{ dB} - 3 \text{ dB} = \mathbf{44 \text{ dB}}$$

Im Gebäude werden Türen und Fenster der Schalldämmstufe III eingesetzt, welche ein  $R_w$  von 35 dB aufweisen.

## Resultierendes Schalldämmmaß $R_{w,R,res}$

$$\text{Wandfläche } [S_{ges}] = 47,81 \text{ m}^2$$

$$\text{Fenster- / Türfläche } [S_2] = 8,56 \text{ m}^2$$

$$\text{Verhältnis } S_{ges} / S_2 = 47,81 \text{ m}^2 / 8,56 \text{ m}^2 = 5,59$$

$$R_{w,R}(\text{Wand}) - R_{w,R}(\text{Fenster}) = 44 \text{ dB} - 35 \text{ dB} = 9 \text{ dB}$$

Aus DIN 4109 Beiblatt1 Bild 20 ergibt sich so eine Abminderung von ca. 9 dB.

$$R_{w,R,res} = R_{w,R}(\text{wand}) - 9 \text{ dB} = 44 \text{ dB} - 9 \text{ dB} = \underline{\underline{35 \text{ dB}}}$$

Die gesamte Wandkonstruktion mit dem Ziegel Poroton T 9 der Firma Wienerberger erreicht somit ein resultierendes Schalldämmmaß von 35 dB.

## Einfluss auf andere Bauteile

Die Wahl des Baustoffes der Außenwände hat ebenfalls Einfluss auf das Schalldämmmaß der Decke über dem Erdgeschoss, diese Bauteile zählen als flankierende Bauteile und wirken sich somit auf die Schalldämmwirkung der Decke aus.

## Zusammenstellung der flächenbezogenen Masse der Decke

von oben	s [ cm]	$\rho$ [kg/m <sup>3</sup> ]	angesetzt [kg/m <sup>2</sup> ]
Zementestrich	6,50	2000	120,00
Dämmung	5,00	50	Biegeweich
Dämmung	3,00	50	Biegeweich
Stahlbetondecke	18,00	2300	414,00
<b><u>flächenbezogene Masse</u></b>			<b><u>414,00</u></b>

Zur Berechnung wird hier nur die Stahlbetondecke mit herangezogen, da die Dämmschichten als Biegeweich gelten und somit nicht in die Rechnung mit einfließen.

## Ermittlung des bewerteten Schalldämmmaßes $R'_{w,R}$

Die Decke wird nach DIN 4109, Bbl.1 Tabelle 12 als einschalige Decke mit schwimmendem Estrich eingestuft.

$$\text{vorh. } R'_{w,R} = 56 \text{ dB}$$

### Einfluss flankierender Bauteile

flankierende Bauteile	$m'_{L,i}$ [kg/m <sup>2</sup> ]
1. Außenwand Poroton T 9	195,00
1. Außenwand Poroton T 9	195,00
1. Innenwand Trockenbau	Biegeweich
1. Innenwand Trockenbau	Biegeweich
	<b><u>390,00</u></b>

$$m'_{L, \text{Mittel}} = 1/n \times \sum m_{L,i} = \frac{1}{2} \times (195 + 195) = 195 \text{ kg / m}^2$$

$K_{L,1} = -1 \text{ dB}$ ; da Art des trennenden Bauteils einschalige, biegesteife Wände

$K_{L,2} = +3 \text{ dB}$ ; da 2 biegeweich flankierende Bauteile ( Tab. 15 DIN 4109 Bbl. 1)

$$\text{vorh } R'_{w,R} = \text{vorh } R'_{w,R} + K_{L,1} + K_{L,2} = 56 \text{ dB} - 1 \text{ dB} + 3 \text{ dB} = \underline{\underline{58 \text{ dB}}}$$

### 6.5.2 Poroton T 12 mit WDVS – System

Die Zusammenstellung der flächenbezogenen Masse geschieht ebenfalls nach DIN 4109 Bbl. 1.2.2.2

#### Die flächenbezogene Masse

von innen	s [ cm]	$\rho$ [kg/m <sup>3</sup> ]	angesetzt [kg/m <sup>2</sup> ]
Kalkgipsputz	2,00	1400	28,00
Poroton T 12 der Firma Wienerberger	24,00	628	150,72
Dämmung WLG 040	8,00	30	Biegeweich
Kalkzementputz faserverstärkt	1,00	1800	
			<b><u>178,72</u></b>

Die Dämmung sowie der Außenputz werden als biegeweichere Schale gesehen und nicht für die Berechnung mit angesetzt.

#### Ermittlung des bewerteten Schalldämmmaßes $R_{w,R, \text{res}}$

$$\text{Vorhanden } R_{w,R} = 43 \text{ dB} - 3 \text{ dB} = \mathbf{40 \text{ dB}}$$

Im Gebäude werden Türen und Fenster der Schalldämmstufe III eingesetzt, welche ein  $R_w$  von 35 dB aufweisen.

#### Resultierendes Schalldämmmaß $R_{w,R, \text{res}}$

$$\text{Wandfläche } [S_{\text{ges}}] = 47,81 \text{ m}^2$$

$$\text{Fenster- / Türfläche } [S_2] = 8,56 \text{ m}^2$$

$$\text{Verhältnis } S_{\text{ges}} / S_2 = 47,81 \text{ m}^2 / 8,56 \text{ m}^2 = 5,59$$

$$R_{w,R} (\text{Wand}) - R_{w,R} (\text{Fenster}) = 40 \text{ dB} - 35 \text{ dB} = 5 \text{ dB}$$

Aus DIN 4109 Beiblatt1 Bild 20 ergibt sich so eine Abminderung von ca. 6 dB.

$$R_{w,R, \text{res}} = R_{w,R (\text{wand})} - 6 \text{ dB} = 40 \text{ dB} - 6 \text{ dB} = \underline{\underline{34 \text{ dB}}}$$

Die gesamte Wandkonstruktion mit dem Ziegel T 12 der Firma Wienerberger und einem WDVS System erreicht somit ein resultierendes Schalldämmmaß von 34 dB.

### Berechnung der Decke

Für die Berechnung der Decke können die bereits berechneten Werte wieder verwendet werden.

$$\text{Flächenbezogene Masse der Decke} = 414 \text{ kg / m}^2$$

$$\text{vorh. } R'_{w,R} = 56 \text{ dB}$$

### Einfluss der flankierenden Bauteile

flankierende Bauteile	$m'_{L,i}$ [kg/m <sup>2</sup> ]
1. Außenwand Poroton T 12	150,72
1. Außenwand Poroton T 12	150,72
1. Innenwand Trockenbau	Biegeweich
1. Innenwand Trockenbau	Biegeweich
	<hr/>
<b><u>Flächenbezogene Masse</u></b>	<b><u>301,44</u></b>

$$m'_{L, \text{Mittel}} = 1/n \times \sum m_{L,i} = \frac{1}{2} \times (150,72 + 150,72) = 150,72 \text{ kg / m}^2$$

$K_{L,1} = -1 \text{ dB}$ ; da Art des trennenden Bauteils einschalige, biegesteife Wände

$K_{L,2} = +3 \text{ dB}$ ; da 2 biegeweich flankierende Bauteile ( Tab. 15 DIN 4109 Bbl. 1)

$$\text{vorh } R'_{w,R} = \text{vorh } R'_{w,R} + K_{L,1} + K_{L,2} = 56 \text{ dB} - 1 \text{ dB} + 3 \text{ dB} = \underline{\underline{58 \text{ dB}}}$$

### 6.5.3 Kalksandstein und WDVS – System

Die Zusammenstellung der flächenbezogenen Masse geschieht ebenfalls nach DIN 4109 Bbl. 1.2.2.2

#### Die flächenbezogene Masse

von innen	s [ cm]	$\rho$ [kg/m <sup>3</sup> ]	angesetzt [kg/m <sup>2</sup> ]
Kalkgipsputz	2,00	1400	28,00
Kalksandstein mit $\rho$ 1,4 kg / dm <sup>3</sup>	24,00	1400	336,00
Dämmung WLG 035	10,00	30	Biegeweich
Kalkzementputz faserverstärkt	1,00	1800	Biegeweich
			<b><u>364,00</u></b>

Die Dämmung sowie der Außenputz werden als biegeeweiche Schale gesehen und nicht für die Berechnung mit angesetzt.

#### Ermittlung des bewerteten Schalldämmmaßes $R_{w,R, res}$

$$\text{vorh. } R_{w,R} = 51 \text{ dB} - 3 \text{ dB} = \mathbf{48 \text{ dB}}$$

Im Gebäude werden Türen und Fenster der Schalldämmstufe III eingesetzt, welche ein  $R_w$  von 35 dB aufweisen.

#### Resultierendes Schalldämmmaß $R_{w,R, res}$

$$\text{Wandfläche } [S_{ges}] = 47,81 \text{ m}^2$$

$$\text{Fenster- / Türfläche } [S_2] = 8,56 \text{ m}^2$$

$$\text{Verhältnis } S_{ges} / S_2 = 47,81 \text{ m}^2 / 8,56 \text{ m}^2 = 5,59$$

$$R_{w,R} (\text{Wand}) - R_{w,R} (\text{Fenster}) = 48 \text{ dB} - 35 \text{ dB} = 13 \text{ dB}$$

Aus DIN 4109 Beiblatt1 Bild 20 ergibt sich so eine Abminderung von ca. 10 dB.

$$R_{w,R, \text{res}} = R_{w,R (\text{wand})} - 10 \text{ dB} = 48 \text{ dB} - 10 \text{ dB} = \underline{\underline{38 \text{ dB}}}$$

Die gesamte Wandkonstruktion mit dem Kalksandstein erreicht somit ein resultierendes Schalldämmmaß von 38 dB.

### Berechnung der Decke

Für die Berechnung der Decke können die bereits berechneten Werte erneut verwendet werden.

$$\begin{aligned} \text{Flächenbezogene Masse der Decke} &= 414 \text{ kg / m}^2 \\ \text{vorh. } R'_{w,R} &= 56 \text{ dB} \end{aligned}$$

### Einfluss der flankierenden Bauteile

flankierende Bauteile	$m'_{L,i}$ [kg/m <sup>2</sup> ]
1. Außenwand Kalksandstein	336
1. Außenwand Kalksandstein	336
1. Innenwand Trockenbau	Biegeweich
1. Innenwand Trockenbau	Biegeweich
<b><u>flächenbezogene Masse</u></b>	<b><u>672,00</u></b>

$$m'_{L, \text{Mittel}} = 1/n \times \sum m_{L,i} = \frac{1}{2} \times (336 + 336) = 336 \text{ kg / m}^2$$

$K_{L,1} = +1 \text{ dB}$ ; da Art des trennenden Bauteils einschalige, biegesteife Wände

$K_{L,2} = +3 \text{ dB}$ ; da 2 biegeweich flankierende Bauteile ( Tab. 15 DIN 4109 Bbl. 1)

$$\text{vorh } R'_{w,R} = \text{vorh } R'_{w,R} + K_{L,1} + K_{L,2} = 56 \text{ dB} + 1 \text{ dB} + 3 \text{ dB} = \underline{\underline{59 \text{ dB}}}$$

### 6.5.4 Auswertung Schallschutz

Die drei Wandkonstruktionen wurden jeweils mit Fenstern der Schalldämmstufe III eingesetzt, welche ein  $R_w$  von 35 dB besitzen, da so teilweise ein sehr großer Unterschied zwischen vorhanden  $R_{w,R}$  der Wandkonstruktion, sowie  $R_w$  der Fenster besteht, muss das resultierende Schalldämmmaß teilweise sehr stark gemindert werden. Wenn man zum Beispiel bei der Konstruktion mit Kalksandsteinmauerwerk Fenster mit höherer Schalldämmstufe verwenden würde, so könnte diese Konstruktion auch in höheren Schallpegelbereichen eingesetzt werden. So könnten diese Variante, sowie der Wandtyp mit dem Porotonziegel T9 bis in den Lärmpegelbereich III eingesetzt werden, welcher einen maßgeblichen Außenlärmpegelbereich zwischen 61 und 65 dB (A) aufweist. Die Konstruktionsart mit der Poroton T 12 und WDVS System kann hingehen nur bis in den Lärmpegelbereich II eingesetzt werden, welcher hingehen nur einen maßgeblichen Außenlärmpegelbereich zwischen 56 und 60 dB (A) besitzt. Die Konstruktionsart mit dem Kalksandstein, weist mit einem  $R_{w,R, \text{res}}$  von 38 dB die besten Schallschutzwerte auf, welche, wie bereits erwähnt, mit höherwertigen Fenstern noch einen deutlich besseren Schallschutz leisten könnte. Die beiden Ziegelkonstruktionen erreichen aufgrund ihrer geringeren Dichte bei gleichen Wandstärken nicht die Werte des Kalksandsteins, sind aber für den normalen Schallschutz bei Einfamilienhäusern vollkommen ausreichend.

Wenn in Wohngebäuden höherer Schallschutz erwünscht ist, z.B. bei nachträglichem Einbau von Trennwänden kann man hier auch die verschiedenen Mauerwerksarten kombinieren, d.h. wenn man die Gebäudehülle aus Ziegelmauerwerk errichtet hat, kann für die Wohnungstrennwand durchaus Kalksandsteinmauerwerk verwenden. Damit verbessert sich der Schallschutz zwischen den beiden Wohneinheiten gleich immens.

**Beste Wandkonstruktion für Schallschutz:**

**Wandkonstruktion 3**

## 7 Brandschutz

Brandschutz ist schon sehr lang eine wichtige Thematik beim Hausbau. Schon sehr früh wurde erkannt, dass bei Einhaltung von einigen bestimmten Regeln die Gefahr einer Brandentstehung oder –Ausbreitung minimiert werden kann. Trotzdem eine Vielzahl von verschiedenen Vorschriften und Brandschutzsysteme entstanden ist, steigen die Kosten für Bauschäden, welche durch Brand entstanden, immer weiter an. Aus diesem Grund werden die Anforderungen an den Brandschutz immer an Neuerungen angepasst und verschärft.

Die Hauptaufgaben des Brandschutzes sind:

- Personenschutz ( Sicherung von Leben und Gesundheit )
- Sachschutz ( Erhalt der Bauwerke und deren Inhalt )
- Umweltschutz ( Erhalt der Umgebung und Natur )

Die Einhaltung dieser Ziele sind sowohl bei Errichtung des Gebäudes zu beachten, sowie bei späterer Nutzung der baulichen Anlagen. Aus diesem Grund wird Brandschutz auch noch einmal in zwei weitere Unterpunkte gegliedert, diese wären:

- Baulicher Brandschutz ( Wahl der einzelnen Baustoffe und Bauweisen )
- Abwehrender Brandschutz ( Elemente wie z.B. Feuermeldeeinrichtungen )

In meiner Diplomarbeit werde ich nur auf den baulichen Brandschutz eingehen, da der abwehrende Brandschutz nicht bei der Wahl der Bauteile für die Außenwanderstellung beachtet werden muss.

Der bauliche Brandschutz befasst sich mit allen Maßnahmen welche zum Ziel haben einen Brand zu verhindern, dieser wird ebenfalls wieder unterteilt und dies in:

- den rein baulichen Brandschutz, welcher sich mit den Eigenschaften des Baustoffs sowie der Bauart des Gebäudes befasst.
- sowie in den baulich-betrieblichen Brandschutz, dies enthält funktionsbedingt Anlagen, welche das Ausbreiten von Feuer verhindern, z.B. Sprinkleranlage

Bei der Bewertung des Brandschutzes sind nicht nur Einzelmaßnahmen zu beachten, sondern gleichermaßen gesamte Brandschutzsysteme. Nur unter Beachtung dieser beiden

Kriterien lässt sich ein Gebäude genau Einstufen. Diese Einheit wird dann unter den folgenden Gesichtspunkten untersucht.

- Welches Feuerrisiko vorhanden ist
- Welches Brandverhalten zu erwarten ist
- Welches Brandgeschehen auftreten kann.

Das Brandgeschehen wiederum ist abhängig von den Eigenschaften der verwendeten Baustoffe beim Vorhandensein eines Feuers, da jedes Material unterschiedlich reagiert wenn es Feuer ausgesetzt wird.

Zu dieser Unterscheidung werden die Baustoffe wieder in 3 Hauptgruppen eingeteilt, diese wären:

- brandbehindernde Baustoffe
- durch Brand zerstörte Baustoffe
- brandfördernde Baustoffe

Welcher dieser 3 Gruppen man den verwendeten Baustoff zuordnen kann wird bei Versuchen, bei welchen realitätsgetreue Brandfälle nachgestellt werden, getestet. Hierbei wird nicht nur das Verhalten bei hohen Temperaturen untersucht sondern ebenfalls die mechanische Beanspruchung in solchen Situationen. Aus diesen Tests wird dann die Tauglichkeit der einzelnen Baustoffe bzw. Systeme in Brandsituationen geprüft.

Für den Brandschutz sind drei verschiedene Rechtsbereiche zuständig, welche auf jeden Fall immer beachtet werden müssen. Diese Bereiche haben jeweils andere Bedeutung bei diesem Thema. Die Bereiche wären folgende:

- Öffentliches Recht, dies beinhaltet die Verpflichtung des Staates Katastrophen entgegenzuwirken um die öffentliche Sicherheit und Ordnung zu gewährleisten
- Strafrecht, dieses verfolgt und bestraft schuldhaftes Verhalten welches zur Entstehung von Bränden führt
- Zivilrecht, dieses beinhaltet die materielle Sicherung sowie den eventuellen Ersatz beschädigter Gegenstände

Desweiteren fließen in den Brandschutz noch weitere Regeln des Bauordnungsrechts ein, welche bei der Errichtung von Gebäuden zu beachten ist. Diese Regelungen sind in der jeweiligen Bauordnung des einzelnen Bundeslandes für den jeweiligen Gebäudetyp festgehalten. Jedes Bundesland besitzt die sogenannte Bauhoheit, wodurch die Regelungen in jedem Bundesland unterschiedlich sind, der Aufbau und die Grundsätze sind dennoch annähernd gleich. Die Grundanforderungen welche in den Landesbauordnungen enthalten sind:

- Vermeidung von Bränden
- Bei Brand gewisse Standfestigkeit von Bauteilen
- Bei Brand Vermeidung der Ausbreitung
- Rettung von Menschen gewährleistet
- Möglichkeit für wirksames Löschen der Feuerwehr

In der DIN 4102 sind zum größten Teil die Regelungen für den Brandschutz festgehalten, desweiteren sind auch die Vorschriften für die jeweiligen baustoffbezogenen Normen zu beachten bei Entwürfen und Ausführungen.

## 7.1 Einteilung der Baustoffe

Im Bereich Brandschutz gibt es hauptsächlich zwei verschiedenen Methoden Bauteile und Baustoffe einzuteilen.

Zum einen gibt es die Einteilung nach Landesbauordnung, diese unterteilt die Baustoffe noch einmal zusätzlich in geregelt und nicht geregelte Bauprodukte sowie nicht geregelt Bauarten. Von geregelten Bauprodukten ist zu sprechen, wenn diese den gesamten bekanntgemachten technischen Regeln entsprechen. Bei den nicht geregelten Bauprodukten muss ein bauaufsichtliches Prüfzeugnis vorliegen oder eine Übereinstimmung mit der bauaufsichtlichen Zulassung vorliegen. Allerdings genügt auch eine Zustimmung für das einzelne Bauteil bei der vorliegenden Benutzung.

Jedoch sind die Anforderungen an das Brandverhalten der Baustoffe unterschiedlich und somit wird meist auf die DIN 4102 oder andere Normen, welche sich mit den jeweiligen Baustoffen befassen hingewiesen.

Die andere Variante Bauteile einzuteilen ist ebenfalls nach DIN 4102, diese unterscheidet zwischen der zwei Stufen der Brennbarkeit des Baustoffes

- nicht brennbare Baustoffe      Baustoffklasse A
- brennbare Baustoffe            Baustoffklasse B

Die nichtbrennbaren Baustoffe sind in alle mineralischen Baustoffe wie z.B. Beton, Mauerwerk oder Stahl, desweiteren können Materialien der Baustoffklasse A auch brennbare Bestandteile beinhalten. Aus diesem Grund wird die Baustoffklasse A nochmals in zwei Untergruppen unterteilt A1 und A2. Bei den brennbaren Baustoffen gibt es ebenfalls eine Unterscheidung, hier wird zwischen den verschiedenen Entflammbarkeitsgraden unterschieden. Zur Übersicht dient folgende Tabelle, welche die Einteilung nach DIN 4102 – 2 noch einmal veranschaulicht.

Baustoffklasse	Bauaufsichtliche Benennung	Beispiele
<b>A</b>	nicht brennbare Baustoffe	
A1	ohne organ. Bestandteile	Beton, Stein, Stahl
A2	mit organ. Bestandteilen	Gipskartonplatten
<b>B</b>	brennbare Baustoffe	
B1	schwer entflammbare Baustoffe	Holzwohle- Leichtbauplatten
B2	normal entflammbare Baustoffe	Holz $\geq 400 \text{ kg/m}^3$
B3	leicht entflammbare Baustoffe	Papier

Tabelle 10: Baustoffklassen

Alle Baustoffe, bei welchen die Zuordnung nicht so einfach ist müssen bauaufsichtliche geprüft werden. Dies geschieht nach DIN 4102 – 1 sowie – 5 bis – 18 und wird nicht nur für Bausysteme im Allgemeinen sondern auch für Systeme im Einzelfall durchgeführt.

## 7.2 Feuerwiderstandsklassen

Bei den Normbrandprüfungen werden die Baustoffe bzw. – Systeme in 5 Widerstandsklassen eingeteilt welche die Dauer beschreiben welche dem Feuer standgehalten werden kann, diese geschieht in die Abschnitte 30, 60, 90, 120 und 180 welche die Dauer in Minuten angibt. Während der Prüfung wird die Brandtemperatur immer mehr erhöht, zu welchem Zeitpunkt welche Temperatur erreicht sein muss zeigt die Einheits- Temperaturzeitkurve.

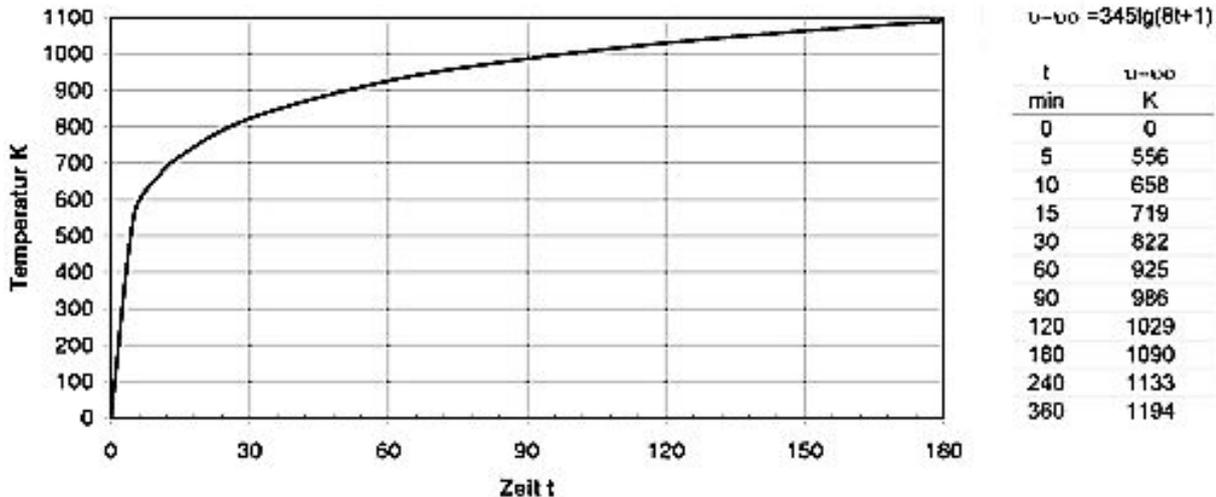


Abbildung 7 Einheits- Temperaturzeitkurve

Nach dieser Tabellen können die Baustoffe dann anschließend in ihre Feuerwiderstandsklasse F... eingeteilt werden.

Im Wesentlichen hängt die Feuerwiderstandsdauer bzw. -Widerstandsklasse von folgenden Kriterien ab:

- den verwendeten Baustoffen
- ein- oder zweiseitiger Brandbeanspruchung
- der Bauteilabmessung ( Querschnitte, Schlankheit sowie Achsabstände )
- den Bauteilausbildungen wie z.B. Anschlüsse, Auflager
- dem Ausnutzungsgrad der Festigkeit
- der Bekleidung des Baustoffs wie z.B. Putze, Ummantelungen

Für die genaue Bezeichnung der Bauteile werden die Baustoff- und Bauteilklassen mit einander kombiniert. Somit erhalten sie in ihrer Bezeichnung zuerst die Benennung der Feuerwiderstandsklasse sowie anschließend zwei Buchstaben für die Baustoffklasse, wobei der erste Buchstabe für die wesentlichen Bauteile steht und der zweite für die übrigen Teile welche nicht unter den Begriff des ersten Buchstabens fallen.

So zum Beispiel steht die Bezeichnung F 30 – AB für ein Bauteil welches der Prüfung 30 Minuten stand gehalten hat und zum Großteil aus nicht brennbaren Baustoffen besteht sowie Nebenbestandteile aus brennbaren Stoffen beinhaltet.

Der Buchstabe „F“ gilt allgemein für die Feuerwiderstandsklasse, für Sonderbauteile gibt es dann jeweils eigene Bezeichnung, welche dann sofort das Bauteil beschreibt, so z.B. „W“ für nicht tragende Wände, „T“ für Feuerschutzabschlüsse usw.

In den Landesbauordnungen und deren Ausführungsverordnungen wird dann jeweils von „feuerhemmend“ oder „feuerbeständig“ gesprochen, um eine Einheitlichkeit der Feuerwiderstandsklassen zu erreichen, werden die unterschiedlichen Bezeichnungen in den Einführungserlassen der Bundesländer zur DIN 4102 verbunden.

<b>Bauaufsichtliche Benennung</b>	<b>Benennung nach DIN 4102</b>	<b>Kurzbeschreibung</b>
feuerhemmend	Feuerwiderstandsklasse F30	F 30 - B
feuerhemmend und in den tragenden Teilen aus nichtbrennbaren Baustoffen	Feuerwiderstandsklasse F 30 und in den wesentlichen Teilen aus nicht brennbaren Baustoffen	F 30 – AB
Feuerhemmend und aus nichtbrennbaren Baustoffen	Feuerwiderstandsklasse F 30 und aus nichtbrennbaren Baustoffen	F 30 – A
Feuerbeständig und in den tragenden Teilen aus nicht brennbaren Baustoffen	Feuerwiderstandsklasse F 90 und in den wesentlichen Teilen aus nichtbrennbaren Baustoffen	F 90 – AB
Feuerbeständig und aus nichtbrennbaren Baustoffen	Feuerwiderstandsklasse F 90 und aus nichtbrennbaren Baustoffen	F 90 – A

Tabelle 11: Zuordnung der bauaufsichtlichen Begriffe zur Benennung nach DIN 4102

Für die Einordnung häufig verwendeter Wandsysteme gibt es in DIN 4102- 4 in Tabelle 39 schon Mindestwanddicken die eingehalten werden müssen um die gewünschte Feuerwiderstandsklasse zu erfüllen. Tabelle 39 gilt für tragende, raumabschließende Wände, weiterhin enthält die DIN auch in Tabelle 38 Anforderungen für nicht tragende raumabschließende Wände sowie in Tabelle 40 Mindestwandstärken für tragende und nicht raumabschließende Wände. Ebenso gibt es noch Werte für Stützen, zweischalige Brandwände sowie weiter Bauteile. Bei Wandbauteilen müssen hierbei aber die Anforderungen von DIN 4102- 4; 4.5.2 eingehalten werden, diese schreiben unter anderem die

- die Lochung der verwendeten Steine bzw. Wandbauplatten
- die Dämmschichten in den Anschlussfugen
- die Sperrschichten gegen aufsteigende Feuchtigkeit
- die verwendeten Mörtel für die Lagerfugen
- den Ausnutzungsfaktor ( $\alpha_2$ ) der Wandbauteile vor.

### 7.2.1 Wandkonstruktion WK 1

Der Ziegel Poroton T 9 der Firma Wienerberger ist ein Hochlochziegel und wird mit einer Wandstärke von 30 cm vermauert, er verfügt über eine Rohdichte von  $0,65 \text{ kg / dm}^3$ , verwendet wird ein Dünnbettmörtel, welcher vom Hersteller vorgeschrieben wird. Der Ausnutzungsfaktor  $\alpha_2$  wird ungünstig mit 1,0 angenommen.

Damit erfüllt die Anforderung feuerbeständig, der Großteil Ziegels besteht aus nicht brennbaren Baustoffen jedoch beinhaltet er einige Materialien welche brennbar sind und somit erreicht der Ziegel als Gesamtbeurteilung F 90 – AB.

### 7.2.2 Wandkonstruktionen WK 2

Der bei der zweiten Wandkonstruktion verwendete Ziegel der Firma Wienerberger ist der Poroton T 12, welcher ebenfalls ein Leichthochlochziegel ist. Dieser muss allerdings nicht verklebt werden, sondern kann mit Normalmörtel verarbeitet werden. Er verfügt wie der Poroton T 9 über eine Rohdichte von  $0,65 \text{ kg / dm}^3$ , ebenfalls wird der Ausnutzungsfaktor  $\alpha_2$  ungünstig mit 1,0 angesetzt. Bei der Beanspruchungsart wird von mehrseitiger Beanspruchung ausgegangen!

Mit der Wandstärke von 24 cm und beidseitiger Beanspruchung erfüllt der Poroton Ziegel die Anforderung feuerhemmend, da er keine brennbaren Stoffe enthält, bekommt er die Feuerwiderstandsklasse F30 A. Die Dämmung welche angebracht wird ist 6 cm stark und besitzt eine Wärmeleitfähigkeitszahl von  $0,040 \text{ W / m}^2\text{K}$  und die Baustoffklasse B1 also schwer entflammbar.

### 7.2.3 Wandkonstruktion WK 3

Die dritte Wandkonstruktion besteht aus einem 24 cm starken Kalksandsteinmauerwerk sowie 10 cm Polystyrolwärmedämmung mit der Wärmeleitfähigkeitszahl  $0,035 \text{ W / m}^2\text{K}$ .

Das Kalksandsteinmauerwerk hat eine Dichte von  $1400 \text{ kg/m}^3$  und der Ausnutzungsgrad wird ebenfalls mit 1,0 angenommen.

Kalksandsteine erreichen bereits bei geringen Wandstärken hohen Feuerwiderstandszahlen, so kann man dem 24 cm starken Mauerwerk die F 180 A erreichen, da der Kalksandstein ebenfalls keine brennbaren Stoffe enthält. Als bauaufsichtliche Bezeichnung wäre dies dann F 90 A.

Die angebrachte Dämmung ist dann ebenfalls Baustoffklasse B1, auch wenn bei dieser Konstruktion eine starke Dämmstoffdicke benötigt wird, und somit schwer entflammbar.

#### 7.2.4 Auswertung Brandschutz

Nach § 28 der sächsischen Landesbauordnung gibt es für Häuser der Gebäudeklasse 1, zu welcher das entworfene Haus zählt, keine speziellen Anforderungen an den Brandschutz, es wird lediglich vorgeschrieben, dass die Brandausbreitung ausreichend lang begrenzt sein soll. Diese Anforderungen erfüllen alle 3 Wandkonstruktionen, wobei WK 1 sowie WK 3 länger dem Feuer Widerstand leisten können als das 24 cm starke Ziegelmauerwerk der Wandkonstruktion 2. Somit sollte man wenn man für sich großen Wert auf den Brandschutz legt oder dies aus irgendeinem Grund großen Wert darauf legt auf die beiden Mauerwerkarten zurückgreifen, welche die Feuerwiderstandsklasse F 90 AB bzw. F 90 A aufweisen, wobei natürlich die Wandkonstruktion natürlich noch besser da diese ausschließlich aus nicht brennbaren Materialien besteht.

**Beste Wandkonstruktion für Brandschutz:**

**Wandkonstruktion 3**

## 8 Kostenvergleich

Als letzter Vergleichspunkt, welcher für viele Bauherren der ausschlaggebende Punkt bei der Wahl des Baustoffs ist, sei der Aspekt des Preises der Konstruktion genannt.

Bei einem Preisvergleich darf man nicht nur auf die Quadratmeterpreise der Ziegelsteine achten, hier ist es auch wichtig, auf weitere Komponenten Rücksicht zu nehmen, welche für das Wandsystem zusätzlich von Bedeutung sind. Zu diesen Komponenten zählen z.B.

- eine zusätzliche Dämmung
- Abdichtungsarbeiten
- Wärmedämmstürze
- Randabschalungen im Deckenbereich
- U-Schalen für den Ringanker
- Kimmschichten

Auf die Aufbauten der einzelnen Ausführungsvarianten werde ich in diesem Abschnitt nicht erneut eingehen, da diese bereits in den vorangegangenen Abschnitten ausführlich erläutert wurden.

Die Preise, welche zum Vergleich herangezogen werden, sind Mittelwerte aus den Angeboten, die ausführlich im Anhang dieser Arbeit auf den Seiten 76 – 85 zu finden sind.

## 8.1 Wandkonstruktion WK 1

Material	Menge	Mittelwert der EP's	GP
Mauerwerk Poroton T 9	145,17 m <sup>2</sup>	71,93 €	10.442,44 €
Wärmedämmsturz	15,59 m	42,20 €	657,82 €
Ziegel-U-Schale gedämmt	40,00 m	38,04 €	1.521,60 €
Abdichtung G200DD	38,81 m	2,74 €	106,15 €
Abdichten Außenwände	19,41 m <sup>2</sup>	24,40 €	473,60 €
Glasfasergewebe	19,41 m <sup>2</sup>	3,40 €	65,90 €
Sockelputz	18,53 m <sup>2</sup>	15,33 €	284,06 €
Feinputz Sockel	18,53 m <sup>2</sup>	11,21 €	207,72 €
Mineralischer Leichtputz Faserarmiert	148,63 m <sup>2</sup>	13,84 €	2.057,04 €
Anputzleisten	50,94 m	4,62 €	235,09 €
Eckwinkel	80,74 m	5,53 €	446,49 €
Grundierung Leichtputz	148,63 m <sup>2</sup>	2,46 €	365,63 €
Siliconharzputz	148,63 m <sup>2</sup>	13,28 €	1.973,06 €
Egalisationsanstrich	148,63 m <sup>2</sup>	7,32 €	1.087,97 €
<b>Bruttosumme mit Poroton T 9</b>			<b>23.710,25 €</b>

Tabelle 12: Bestimmung Kosten WK 1

Die Gebäudehülle des entworfenen Hauses mit dem Poroton T 9 Ziegel hat einen Gesamtpreis von 23.710,25 €, das sind auf einen Quadratmeter Mauerwerk bezogen 163,33 €.

## 8.2 Wandkonstruktion WK 2

Material	Menge	Mittelwert der EP's	GP
Poroton T 12	145,17 m <sup>2</sup>	43,82 €	6.361,58 €
Ziegelsturz für 24 cm Mauerwerk	15,59 m	16,44 €	256,30 €
Ziegel-U-Schale	40,00 m	23,99 €	959,40 €
Randschalung aus Faserzement	38,81 m	12,46 €	483,38 €
Abdichtung G200DD für 24 cm	38,81 m	2,48 €	96,05 €
Sockeldämmplatte 6 cm	18,53 m <sup>2</sup>	19,88 €	368,28 €
Dichtschlämme Sockeldämmplatte organ. Putz im Sockelbereich	18,53 m <sup>2</sup>	31,30 €	579,99 €
organ. Putz im Sockelbereich	18,53 m <sup>2</sup>	8,27 €	153,24 €
Sockelabschlussprofil 6 cm	37,05 m	7,56 €	279,91 €
Anputzleisten	50,94 m	5,37 €	273,55 €
Laibung dämmen und armieren	50,94 m	10,68 €	544,04 €
Dämmung 6 cm 040	148,63 m <sup>2</sup>	17,25 €	2.563,12 €

Dämmung armieren	148,63 m <sup>2</sup>	12,33 €	1.832,61 €
Gewebeeckwinkel	88,84 m	3,63 €	322,05 €
Grundierung	148,63 m <sup>2</sup>	2,22 €	329,96 €
Siliconharzputz	148,63 m <sup>2</sup>	13,28 €	1.973,06 €
Egalisationsanstrich	148,63 m <sup>2</sup>	7,38 €	1.096,15 €
<b>Bruttosumme mit Poroton T 12</b>			<b>21.982,48 €</b>

Tabelle 13: Bestimmung Kosten WK 2

Die Wandkonstruktion mit dem Poroton T 12 Ziegel und der zusätzlichen Dämmung aus Polystyrol hat einen Gesamtpreis von 21.982,48 €, was einen Quadratmeterpreis von 151,43 € ausmacht. Diese Variante ist trotz der Dämmung, welche zusätzlich angebracht werden muss, knapp 2000 € günstiger als Wandkonstruktion 1. Dieser Unterschied kommt zum einen durch den deutlich preiswerteren m<sup>2</sup>- Preis des gewählten Ziegelsteins zustande und zum anderen durch die Ersparnisse bei den Stürzen und Randabschalungen.

### 8.3 Wandkonstruktion WK 3

Material	Menge	Mittelwert der EP's	GP
Kalksandstein	145,17 m <sup>2</sup>	50,23 €	7.292,53 €
KS - Sturz für 24 cm Mauerwerk	15,59 m	31,22 €	486,72 €
KS -U-Schale	40,00 m	31,05 €	1.241,80 €
Randschalung aus Faserzement	38,81 m	12,46 €	483,38 €
Abdichtung G200DD für 24 cm	38,81 m	2,48 €	96,05 €
Sockeldämmplatte 10 cm	18,53 m <sup>2</sup>	25,97 €	481,13 €
Dichtschlämme Sockeldämmplatte	18,53 m <sup>2</sup>	31,30 €	579,99 €
organ. Putz im Sockelbereich	18,53 m <sup>2</sup>	8,27 €	153,24 €
Sockelabschlussprofil 10 cm	37,05 m	9,00 €	333,26 €
Anputzleisten	50,94 m	5,37 €	273,55 €
Laibung dämmen und armieren	50,94 m	10,68 €	544,04 €
Dämmung 10 cm 035	148,63 m <sup>2</sup>	23,17 €	3.443,01 €
Dämmung armieren	148,63 m <sup>2</sup>	12,33 €	1.832,61 €
Gewebeeckwinkel	88,84 m	3,63 €	322,05 €
Grundierung	148,63 m <sup>2</sup>	2,22 €	329,96 €
Siliconharzputz	148,63 m <sup>2</sup>	13,28 €	1.973,06 €
Egalisationsanstrich	148,63 m <sup>2</sup>	7,38 €	1.096,15 €
<b>Bruttosumme mit Poroton T 12</b>			<b>24.945,41 €</b>

Tabelle 14: Bestimmung Kosten WK 3

Die dritte Wandkonstruktion mit dem 24 cm starken Kalksandsteinmauerwerk ist zugleich die teuerste Variante mit 24.945,41 €, was einen  $m^2$  - Preis von 171,84 € ausmacht. Der hohe Preis summiert sich bei dieser Konstruktion aus vielen Positionen. Dabei ist das Kalksandsteinmauerwerk beispielsweise teurer als das 24 cm starke Ziegelmauerwerk, dies schlägt sich sowohl bei den Stürzen, als auch bei den U-Schalen nieder. Ein weiterer Aspekt ist nun noch die stärkere und hochwertigere Dämmung, welche bei dieser Konstruktion verwendet werden muss.

#### 8.4 Auswertung Kostenvergleich

Unter den drei verschiedenen Wandkonstruktionen ist WK 2 die preisgünstigste Variante. Bei diesem Preisunterschied ist es sinnvoll darüber nachzudenken, ob man bei der Variante mit dem 24 cm Poroton Ziegel eine stärker Dämmung anbringt. Dadurch erhält man einen besseren U-Wert und kann somit Heizkosten sparen, welche diese Maßnahme bezahlt machen könnten. Das Anbringen einer 10 cm starken Polystyrolämmung senkt den U-Wert von  $0,270 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$  auf  $0,197 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$  und den Transmissionswärmeverlust von  $0,371 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$  auf  $0,343 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$  sowie den Jahresprimärenergiebedarf von  $106,2 \text{ kWh}/\text{m}^2\text{a}$  auf  $101,1 \text{ kWh}/\text{m}^2\text{a}$ .

Material	Menge	Mittelwert der EP's	GP
Poroton T 12	145,17 $m^2$	43,82 €	6.361,58 €
Ziegelsturz für 24 cm Mauerwerk	15,59 m	16,44 €	256,30 €
Ziegel-U-Schale	40,00 m	23,99 €	959,40 €
Randschalung aus Faserzement	38,81 m	12,46 €	483,38 €
Abdichtung G200DD für 24 cm	38,81 m	2,48 €	96,05 €
Sockeldämmplatte 10 cm	18,53 $m^2$	25,97 €	481,13 €
Dichtschlämme Sockeldämmplatte	18,53 $m^2$	31,30 €	579,99 €
organ. Putz im Sockelbereich	18,53 $m^2$	8,27 €	153,24 €
Sockelabschlussprofil 10 cm	37,05 m	9,00 €	333,26 €
Anputzleisten	50,94 m	5,37 €	273,55 €
Laibung dämmen und armieren	50,94 m	10,68 €	544,04 €
Dämmung 10 cm 035	148,63 $m^2$	23,17 €	3.443,01 €
Dämmung armieren	148,63 $m^2$	12,33 €	1.832,61 €
Gewebeeckwinkel	88,84 m	3,63 €	322,05 €
Grundierung	148,63 $m^2$	2,22 €	329,96 €
Siliconharzputz	148,63 $m^2$	13,28 €	1.973,06 €

Egalisationsanstrich	148,63 m <sup>2</sup>	7,38 €	1.096,15 €
<b>Bruttosumme mit Poroton T 12</b>			<b>23.227,33 €</b>

Tabelle 15: Bestimmung Alternative zu WK 2

Der Mehrpreis, welcher dadurch zur ursprünglich geplanten Variante entsteht, beträgt 1244,85 €. Dies würde bei einem angenommenen Erdgaspreis von 55 €/m<sup>3</sup> im Jahr eine Ersparnis von ca. 50 € ausmachen (Diese Preise stammen aus der EnEV-Berechnung im Anhang ab Seite 86 – 133). Mit dieser Differenz würde es ungefähr 25 Jahre dauern, bis sich der Mehraufwand amortisiert hat. Da man aber von immer höher werdenden Preisen bei Erdgas und anderen Energieträgern ausgehen kann, wird sich diese Maßnahme wohl schneller bezahlt machen.

**Beste Wandkonstruktion im Preisvergleich:**

**Wandkonstruktion 2**

## 9 Auswertung der Ergebnisse

### 9.1 Poroton T 9 Ziegel

Der moderne Ziegel Poroton T 9 der Firma Wienerberger, kann im Vergleich mit anderen Wandbaustoffen durch seine guten Wärmedämmeigenschaften überzeugen. Er erfüllt die Anforderungen der EnEV ohne zusätzliche Maßnahmen, wie z.B. das Anbringen einer Dämmung, dieses spart bei der Verarbeitung wertvolle Zeit und somit natürlich auch Geld. Allerdings sind die Anschaffungskosten des Ziegels, sowie dessen Ergänzungsprodukte im Vergleich zu den anderen beiden Modellen sehr hoch und die Kostenersparnis durch die geringere Arbeitszeit ist somit irrelevant. Die Anforderungen, welche beim Bau eines Einfamilienhaus laut DIN bzw. der jeweiligen Landesbauordnung zu erfüllen sind, werden durch den Poroton T 9 Ziegel erfüllt, jedoch sind die anderen beiden Wandkonstruktionen überlegen.

### 9.2 Poroton T 12 Ziegel

Der Poroton T 12 benötigt um, die Anforderungen der EnEV zu erfüllen, eine zusätzliche Wärmedämmschicht. Da er trotz dessen über gute Dämmeigenschaften verfügt, benötigt man nur sehr geringe Dämmstoffstärken, um die notwendigen Werte zu erreichen. Bei den technischen Vergleichen erfüllt er alle Anforderungen mindestens annähernd so gut, wenn nicht sogar besser als der Poroton T 9 Ziegel. Er lässt sich, genau wie der Ziegel der Wandkonstruktion 1, durch sein geringes Gewicht sehr leicht verarbeiten. Das Anbringen der Dämmung benötigt natürlich Zeit und ist somit ebenfalls ein Kostenfaktor. Der Poroton T 12 Ziegel ist jedoch ein sehr preisgünstiger Ziegelstein und somit macht sich der Zeitmehraufwand bei dem Preis für die Gesamtkonstruktion überhaupt nicht bemerkbar. Dies ist eher im Gegenteil der Fall, da der Ziegel und die benötigten Komponenten relativ niedrig im Preis sind, kann man hier hochwertigere Dämmung mit anderen Putzstärken verwenden und bleibt weiterhin unter dem Preis der anderen Wandkonstruktionen. Dies macht den Poroton T 12 Ziegel zu einem sehr reizvollen Ziegel für Bauherren eines Einfamilienhauses.

### 9.3 Kalksandstein

Das Mauerwerk aus Kalksandstein kann durch seine sehr hohe Masse im Bereich des Schallschutzes überzeugen, hierbei ist er den anderen beiden Ziegeltypen weit voraus und liegt weit über den Anforderungen für den normalen Schallschutz bei Einfamilienhäusern. Um den höchstmöglichen Nutzen aus diesen guten Eigenschaften zu ziehen, benötigt man dann jedoch auch bessere Fenster und Türen, damit diese dann in der gesamten Wandkonstruktion keinen Schwachpunkt bilden. Die hohe Masse macht sich jedoch bei der Verarbeitung negativ bemerkbar, so ist Kalksandstein schwerer zu verarbeiten als die beiden anderen Ziegelvarianten. Desweiteren kommen bei größeren Gebäuden dadurch natürlich auch höhere Gesamtlasten für Bodenplatte sowie Decke zustande, welche stärkere Bauteile und mehr Bewehrung erfordern. Die größte Schwäche des Kalksandstein ist seine schwache Wärmedämmeigenschaft. Aus diesem Grund benötigt er starke zusätzliche Dämmung mit geringer Wärmeleitfähigkeit, was natürlich zusätzliche Kosten erzeugt, welche die gesamte Konstruktion erheblich verteuern.

### 9.4 Allgemeine Zusammenfassung

	<b>Poroton T 9 WK 1</b>	<b>Poroton T 12 WK 2</b>	<b>Kalksandstein WK 3</b>
<b>Wärmeschutz</b>	<b>X</b>		
<b>Wärmekapazität</b>			<b>X</b>
<b>Brandschutz</b>			<b>X</b>
<b>Einwirkung auf Bodenplatte</b>		<b>X</b>	
<b>Schallschutz</b>			<b>X</b>
<b>Wasserdampf</b>		<b>X</b>	
<b>Kosten</b>		<b>X</b>	

Tabelle 16 Zusammenfassung der Vergleiche

In der Tabelle 16 habe ich gegenübergestellt, welche Konstruktionsart bei welchem Vergleich überzeugen konnte. Dabei liegen Wandkonstruktion 2 und 3 an „Vergleichssiegen“ gleich auf. Wandkonstruktion 1 kann im Vergleich nur beim Thema Wärmeschutz überzeugen, dies aber nur, da er die Anforderungen ohne zusätzliche Maßnahmen erfüllt. Der wich-

tigste Aspekt, welcher dann auch die meisten Bauherren überzeugt, ist der Preis der gesamten Wandkonstruktion. Hierbei kann Wandkonstruktion 2 mit dem Poroton T 12 Ziegel und der zusätzlichem Wärmedämmverbundsystem überzeugen. Diese Variante kann alle geforderten Werte der DIN bzw. der Landesbauordnung erfüllen und bleibt im Vergleich mit den anderen beiden trotzdem die preisgünstigste Option. Es ist sogar möglich, deutlich höhere Wärmedämmwerte zu erreichen als die anderen beiden Konstruktionen und weiterhin unter deren Herstellungskosten zu bleiben.

Somit empfiehlt sich für den Bau eines Einfamilienhauses (ohne besondere Anforderungen an den Schallschutz) die Variante mit dem Poroton T 12 Ziegel und der zusätzlichen Dämmung.

## Literaturnachweis

- Batran, Frey, Köhler: Tabellenbuch Bau. Hamburg: Handwerk und Technik
- Batran, Bäsi, Eichner, Frey, Köhler, Erdmann, Kraus Rothacher, Sonntag: Fachwissen Bau 6. Auflage 1998 : Handwerk und Technik
- Schneider: Bautabellen für Ingenieure 16. Auflage 2004. Werner Verlag
- Irmschler, Jäger, Schubert: Mauerwerk Kalender 2006. Weinheim: Ernst & Sohn
- Irmschler, Jäger, Schubert: Mauerwerk Kalender 2005. Weinheim: Ernst & Sohn
- Scholz, Hiese: Baustoffkenntnisse 16. Auflage. Werner Verlag
- Schneider, Sahner, Rast: Mauerwerksbau aktuell, Praxishandbuch 2007 für Architekten und Bauingenieure: Bauwerk
- Lohmeyer, Bergmann, Post: Praktische Bauphysik 5. Auflage 2005 Wiesbaden: Teubner Verlag
- Kottjé: ECO-Häuser Attraktive Häuser mit günstigen Unterhaltskosten: Deutsche Verlags-Anstalt München
- Kottjé: Welches Haus passt zu mir?: Deutsche Verlags-Anstalt München
- Maßong: Wärmeschutz spart Energie und Heizkosten 2000: Dach-Info Verlag
- Dr.- Ing. Plümecke: Preisermittlung für Bauarbeiten 24. Auflage. Rudolf Müller Verlag
- Norbert Hering: Kommentar zur Verdingungsordnung für Bauleistung Teil A, B und C, Werner Verlag

## Zeitschriften und Planungsunterlagen

- bba Bau Beratung Architektur: Juni 2005 : konradin Verlagsgruppe
- bba Bau Beratung Architektur: Dezember 2005: konradin Verlagsgruppe
- Beton 4/2008: Verlagbt
- Wienerberger: Kleine Bauphysik- Kunde
- Wienerberger: EnEV- Empfehlungen
- Wienerberger: Verarbeitungshinweise für den Poroton- T8 und – T9
- Fachvereinigung Deutscher Betonfertigteiltbau e.V.: Betonfertigteile für den Wohnungsbau
- Forum Zukunft Bauen: Das massive Dach im Wohnungsbau
- Forum Zukunft Bauen: Leitfaden Preiswerter bauen
- Xella: Planung und Technik Gut bedacht, Schnell geplant- das YTONG

## Massivdach

- Xella: Gestaltung und Funktion Die fünfte Fassade – das YTONG Massivdach
- Xella: YTONG Produkte Technische Daten

## DIN Vorschriften

- EN 673            06.2003        Ermittlung der Wärmedurchgangskoeffizienten von Verglasung
- DIN EN 832        06.2003        Wärmetechnisches Verhalten von Gebäuden; Berechnung des Heizenergiebedarfs
- DIN 4701-10      08.2003        Energetische Bewertung heiz- und raumluft-technischer Anlagen; Heizung Trinkwasser-erwärmung, Lüftung
- DIN 4108-  
Teile 1, 2, 3, 4, 6, 7 und 10      Wärmeschutz und Energie- Einsparverordnung In Gebäuden
- EnEV              2007            Energieeinsparungsverordnung
- DIN 4102 - 1      05 1998        Brandverhalten von Baustoffen
- DIN 4109          11 1989        Schallschutz im Hochbau; Anforderungen und Nachweise
- DIN 4109          08 1992        Berichtigung 1: Berichtigung zur DIN 4109/11, DIN 4109 Bbl. 1/11.89 und DIN 4109 Bbl. 2/11.89
- DIN 4109 Beiblatt 1 11 1989      Schallschutz im Hochbau; Ausführungsbeispiele und Rechenverfahren
- DIN 4109 Beiblatt 1(A1) 09 2003    Schallschutz im Hochbau; Ausführungsbeispiele und Rechenverfahren; Änderung A1
- DIN 4109 Beiblatt 2 11 1989      Schallschutz im Hochbau; Hinweise zur Planung und Ausführung; Vorschläge zum erhöhten Schallschutz; Empfehlung für den Schallschutz im eigenen Wohn- und Arbeitsbereich
- DIN 1055 -1       06 2002        Einwirkung auf Tragwerke: Wichten und Flächenlasten von Baustoffen, Bauteilen und Lagerstoffen
- DIN 18005 –1     07 2002        Schallschutz im Städtebau – Teil 1: Grundlagen und Hinweise für die Planung

- DIN V 105 – 6	10 2005	Planziegel
- DIN V 105 – 5	05 1985	Leichtlanglochziegel und Leichtlanglochplatten
- DIN V 106	10 2005	Kalksandsteine mit besonderen Eigenschaften
- DIN 1053 – 1	11 1996	Mauerwerk Berechnung und Ausführung
- DIN 1053 – 2	11 1996	Mauerwerksfestigkeitsklassen aufgrund von Eignungsprüfung
- DIN 1053 – 3	02 1990	Bewehrtes Mauerwerk Berechnung und Ausführung
- DIN 1053 – 4	02 2004	Fertigbauteile
- DIN 1053 – 100	08 2004	Berechnung auf der Grundlage des semiprobabilistischen Sicherheitskonzept
- DIN 4166	10 1997	Porenbetonbauplatten und Porenbetonplanbauplatten
- DIN 4223	12 2003	
Teil 1, 2, 3, 4, 5		Vorgefertigte bewehrte Bauteile aus dampfgehärteten Porenbeton

## Internetquellen

- <http://www.bauen.com/hausbau/rohbau/baustoffe/index.php>
- <http://pro-passivhaus.com/Deutsch/Was%20ist%20PassivhausSeite/Was%20ist%20ein%20Passivhaus%20genau.htm>
- <http://www.bau-energiekonzepte.de/energiesparhaeuser.html>
- <http://www.beton.org/bauherreninformationen/betoneigenschaften/brandschutz.html>
- <http://www.beton.org/bauherreninformationen/betoneigenschaften/feuchteschutz.html>
- <http://www.bauen.de/bauratgeber/planung/baustoffe/wandbaustoffe/kalksandstein.html>
- [http://www.baumarkt.de/b\\_markt/fr\\_info/schallschutzfenster.htm](http://www.baumarkt.de/b_markt/fr_info/schallschutzfenster.htm)
- [http://www.energieberatung-henne.com/html/vorgaben\\_enev.html](http://www.energieberatung-henne.com/html/vorgaben_enev.html)
- <http://www.oebox.at/zentrale> -  
/?URL\_R=http%3A%2F%2Fwww.oebox.at%2Foebox%2FPHP%2FInfo.php%3FSI%3D2142699422%26SW%3D5
- <http://www.brandschutz-kleinmann.de/lehre.htm>

## Bildnachweis

Abbildung 7: [http://www.brandschutz-kleinmann.de/kleinm\\_img/temp-kurve.gif](http://www.brandschutz-kleinmann.de/kleinm_img/temp-kurve.gif)

## Verwendete Software

- Weka Bausoftware VOB Stand 04.07
- ARRIBA Planen
- Kubus
- ARRIBA CA3D
- Bauphys Bauphysikprogramm „EnEV- Wärme & Dampf“

### **Selbstständigkeitserklärung**

Hiermit erkläre ich, dass ich die vorliegende Arbeit selbstständig und ohne fremde Hilfe verfasst habe und keine anderen Hilfsmittel als angegebene verwendet habe. Insbesondere versichere ich, dass ich alle wörtlichen und sinngemäßen Übernahmen aus anderen Werken als solche kenntlich gemacht habe.

Ort: Zwickau

Datum: 06.09.2008

Unterschrift:

# Anhang

Mengen FassadeMengen Fassade 24 cm Mauerwerk + Dämmung

Ansicht	Anzahl	Länge	Höhe	Fläche
Eingang Fassade	1	11,24	3,95	44,38 m <sup>2</sup>
Eingang Tür	-1	1,14	2,16	-2,45 m <sup>2</sup>
Eingang Fenster	-1	0,76	1,51	-1,15 m <sup>2</sup>
Eingang Fenster	-1	1,01	1,51	-1,53 m <sup>2</sup>
Sockel	Siehe Sockelflächen			5,05 m <sup>2</sup>
<b>Menge Eingang</b>				<b>34,20 m<sup>2</sup></b>
Rechte Fassade	1	8,74	3,95	34,50 m <sup>2</sup>
Rechte Fassade Dreieck	1	4,36	3,05	13,31 m <sup>2</sup>
Rechte Fenster	-1	1,01	1,51	-1,53 m <sup>2</sup>
Rechte Fenster	-1	1,01	2,39	-2,41 m <sup>2</sup>
Rechte Fenster	-1	1,64	1,51	-2,47 m <sup>2</sup>
Rechte Fenster	-1	1,64	2,39	-3,90 m <sup>2</sup>
Sockel	Siehe Sockelflächen			3,49 m <sup>2</sup>
<b>Menge Rechte Fassade</b>				<b>34,02 m<sup>2</sup></b>
Hinterere Fassade	1	9,74	3,95	38,45 m <sup>2</sup>
Hinterere Fassade Vorsprung	1	0,75	7,00	5,25 m <sup>2</sup>
Hinterere Fassade Vorsprung	1	0,75	7,00	5,25 m <sup>2</sup>
Hinterere Fassade Fenster	-1	1,76	1,39	-2,44 m <sup>2</sup>
Hinterere Fassade Fenster	-1	1,01	1,39	-1,40 m <sup>2</sup>
Sockel	Siehe Sockelflächen			5,62 m <sup>2</sup>
<b>Summe hintere Fassade</b>				<b>39,50 m<sup>2</sup></b>
Linke Fassade	1	8,74	3,95	34,50 m <sup>2</sup>
Linke Fassade Dreieck	1	4,36	3,05	13,31 m <sup>2</sup>
Linke Fassade Fenster	-2	1,39	1,51	-4,18 m <sup>2</sup>
Linke Fassade Fenster	-1	0,64	2,88	-1,83 m <sup>2</sup>
Sockel	Siehe Sockelflächen			4,37 m <sup>2</sup>
<b>Menge Linke Fassade</b>				<b>37,44 m<sup>2</sup></b>
<b><u>Menge Fassade Komplett</u></b>				<b><u>145,17 m<sup>2</sup></u></b>

**Fensterleibungen**

Eingang Tür	1	1,14	2,16	5,46 m
Eingang Fenster	1	0,76	1,51	3,78 m
Eingang Fenster	1	1,01	1,51	4,03 m
<b>Rechte Fenster</b>				
Rechte Fenster	1	1,01	1,51	4,03 m
Rechte Fenster	1	1,01	2,39	5,78 m
Rechte Fenster	1	1,64	1,51	4,66 m
Rechte Fenster	1	1,64	2,39	6,41 m
<b>Hintere Fassade Fenster</b>				
Hintere Fassade Fenster	1	1,76	1,39	4,53 m
Hintere Fassade Fenster	1	1,01	1,39	3,78 m
<b>Linke Fassade Fenster</b>				
Linke Fassade Fenster	2	1,39	1,51	8,81 m
Linke Fassade Fenster	1	0,64	2,88	6,39 m
<b><u>Leibungen Gesamt</u></b>				<b><u>57,64 m</u></b>

**Sockel Fläche**

50 cm

Eingang Fassade	1	11,24	0,50	5,62 m <sup>2</sup>
Eingang Tür	-1	1,14	0,50	-0,57 m <sup>2</sup>
<b>Sockel Eingang</b>				<b>5,05 m<sup>2</sup></b>
<b>Rechte Fassade</b>				
Rechte Fassade	1	8,74	0,50	4,37 m <sup>2</sup>
Rechte Fenster ( Tür )	-1	1,76	0,50	-0,88 m <sup>2</sup>
<b>Sockel Rechte Gesamt</b>				<b>3,49 m<sup>2</sup></b>
<b>Hintere Fassade</b>				
Hintere Fassade	1	9,74	0,50	4,87 m <sup>2</sup>
Hintere Fassade Vorsprung	1	0,75	0,50	0,38 m <sup>2</sup>
Hintere Fassade Vorsprung	1	0,75	0,50	0,38 m <sup>2</sup>
<b>Sockel Hintere Gesamt</b>				<b>5,62 m<sup>2</sup></b>
<b>Linke Fassade</b>				
Linke Fassade	1	8,74	0,50	4,37 m <sup>2</sup>
<b>Sockel Linke Gesamt</b>				<b>4,37 m<sup>2</sup></b>
<b><u>Sockelfläche Gesamt</u></b>				<b><u>18,53 m<sup>2</sup></u></b>

**Eckschutz**

Kurze Ecken	4		3,95	15,80 m
Vorsprünge	2		7,00	14,00 m
<b><u>Menge Eckschutz Komplett</u></b>				<b><u>29,80 m</u></b>

**Sockelprofil**

Eingang Fassade	1	11,24		11,24 m
Eingang Tür	-1	1,14		-1,14 m
<b>Sockel Eingang</b>				<b>10,10 m</b>
Rechte Fassade	1	8,74		8,74 m
Rechte Fenster	-1	1,76		-1,76 m
<b>Sockel Rechte Gesamt</b>				<b>6,98 m</b>
Hintere Fassade	1	9,74		9,74 m
Hintere Fassade Vorsprung	1	0,75		0,75 m
Hintere Fassade Vorsprung	1	0,75		0,75 m
<b>Sockel Hintere Gesamt</b>				<b>11,24 m</b>
Linke Fassade	1	8,74		8,74 m
<b>Sockel Linke Gesamt</b>				<b>8,74 m</b>
<b><u>Sockelprofil Gesamt</u></b>				<b><u>37,05 m</u></b>

**Anschluss an andere Bauteile**

Eingang Dach		11,24		11,24 m
Rechte Seite Dach	2	5,32		10,65 m
Hintere Seite Dach Vor- sprung	2	0,75		1,50 m
Hintere Seite Dach	1	9,74		9,74 m
Linke Seite Dach	2	5,32		10,65 m
<b><u>Summe Anschluss Gesamt</u></b>				<b><u>43,76 m</u></b>

18/08 2008 08:56 FAX 03760218132

Wegner-Bau Hartmannsdorf

001

Baugeschäft: H. Wegner  
MaurermeisterRothenkirchener Str. 07  
08107 HartmannsdorfTelefon 037602-18 131  
Telefax 037602-18 132  
Fank. 0170 85 20 747IGE mbH  
Herr Kron  
Clara-Zetkin-Str. 5

08058 Zwickau

Baugeschäft: H. Wegner, Rothenkirchener Str. 107, 08107 Hartmannsdorf

Datum	08.08.2008
Bearbeiter	H W
Nummer	A800023

## Angebot

### Hausentwurf

Wir danken Ihnen für Ihre Anfrage und unterbreiten Ihnen nachfolgend unser Angebot.  
Alle Preise sind freibleibend. An dieses Angebot binden wir uns 6 Wochen. Im übrigen gilt die VOB.  
Ein fach- und termingerechte Ausführung können wir Ihnen im Voraus zusichern.

Position	Menge ME	Bezeichnung	Einzel- preis	Gesamt in EUR
1 Bauhaupt				
1.1 Mauerarbeiten				
1.1.10	35,00 m3	Hlz-Mauerwerk, d= 24 cm, 12/0,8 LM21	179,84	6294,40
1.1.20	35,00 m3	Hlz-Mauerwerk, d=24 cm, 12/1,2-MG Ila	214,28	Eventual
1.1.30	35,00 m3	Hlz-Mauerwerk, d= 24 cm, 12/1,4 MG Ila	221,46	Eventual
1.1.40	44,59 m3	Hlz-Mauerziegel, d= 30 cm, 12/0,8, T 9 Planziegel	322,72	Eventual
1.1.50	44,59 m3	Hlz-Mauerziegel, d=30 cm, 12/1,2, Wärmeleitzahl 0,09	0,00	Eventual
1.1.60	35,00 m3	KS-Mauerwerk, d=24 cm, 12/1,2- MG Ila	0,00	Eventual
1.1.70	35,00 m3	KS-Mauerwerk, d= 24 cm, 12/1,4- MG Ila	245,14	Eventual
1.1.80	41,10 m2	Innenwandziegelmauerwerk, d= 17,5 cm 12/0,9MG Ila	35,84	1473,02
1.1.90	41,10 m2	KS-Innenwandziegelmauerwerk , d= 17,5 cm 12/1,4 MG Ila	42,64	Eventual
1.1.100	16,26 m2	Innenwandziegelmauerwerk, d= 11,5 cm 12/0,9 MG Ila	31,24	507,96
1.1.110	16,26 m2	KS-Innenwandziegelmauerwerk , d= 11,5 cm 12/1,4MG Ila	33,69	Eventual
1.1.120	15,59 m	Ziegelsturz, d= 24 cm LW bis 1,90 m	19,65	306,34
1.1.130	15,59 m	KS-Sturz, d= 24 cm	36,15	Eventual
1.1.140	4,03 m	Ziegelsturz, d= 17,5 cm LW bis 1,90 m	16,39	66,05
1.1.150	4,03 m	KS-Sturz, d=17,5 cm LW bis 1,90 m	27,19	Eventual
1.1.160	1,60 m	Ziegelsturz, d= 11,5 cm LW bis 1,90 m	12,13	19,41
1.1.170	1,60 m	KS-Sturz, d= 11,5 cm LW bis 1,90 m	21,53	Eventual

Bankverbindung:  
Commerzbank Kronberg  
Bankleitzahl: 370 400 00  
Kontonr.: 442 244 000

18/08 2008 08:56 FAX 03760218132

Wegner-Bau Hartmannsdorf

002

**Angebot**IGE mbH  
Herr Kron

Nummer A800023

Datum 08.08.2008

Seite 2

Position	Menge ME	Bezeichnung	Einzel- preis	Gesamt in EUR
		Übertrag:		8667,18
1.1.180	15,59 m	Wärmedämmstürze d= 30 cm LW bis 1,90 m	37,39	Eventuai
1.1.190	40,00 m	Ziegel- U-Schale d= 24 cm Bewehrung gesondert	23,29	931,60
1.1.200	40,00 m	KS-U-Schale, d= 24 cm	30,09	Eventuai
1.1.210	0,00 m	Ziegel-U-Schale d= 17,5 cm	23,18	0,00
1.1.220	0,00 m	KS-U-Schale, d= 17,5 cm	21,79	Eventuai
1.1.230	40,00 m	Ziegel-U-Schale wärme gedämmt d= 30 cm	33,22	1328,80
1.1.240	38,81 m	Deckenrandschale mit Wärmedämmung h= 18 cm	26,13	1014,11
1.1.250	38,81 m	Schalungziegel mit Wärmedämmung h= 18 cm	19,50	Eventuai
1.1.260	38,81 m	Randabschaler aus Faserzement h= 18 cm	11,86	Eventuai
1.1.270	1,00 Stk	Stahlbetonsturz U= 17,5 cm LW 1,51 cm	102,60	102,60
1.1.280	20,98 m	Ausmauern Sparrenfelder d= 11,5 cm 12/0,8 LM 21	13,46	282,39
1.1.290	20,98 m	Ausmauern Sparrenfelder d=11,5 cm 1,2/12 MG IIa	13,68	Eventuai
1.1.300	20,98 m	Ausmauern Sparrenfelder d=11,5 cm 1,4/12 MG IIa	14,04	Eventuai
1.1.310	20,98 m	Ausmauern Sparrenfelder d=11,5 cm KS 1,4/12 MG IIa	16,22	Eventuai
1.1.320	21,32 m	Zulage für Schrägschnitte	11,50	245,18
1.1.330	1,00 St	Schornstein Durchmesser 18 cm Höhe 8 m inkl. Reinigungsöffnung Sparrenbefestigung Abdeckplatte	1444,50	1444,50
		<b>Titelsumme in EUR</b>		<b>14016,36</b>
1.2 Abdichtungsarbeiten				
1.2.10	38,81 m	Abdichtung Wände d= 30 cm G 200 DD	2,60	100,91
1.2.20	38,81 m	Abdichtung Wände d= 24 cm G 200 DD	2,24	86,93
1.2.30	38,81 m	Abdichtung Wände d= 17,5 cm G 200 DD	1,83	71,02
1.2.40	38,81 m	Abdichtung Wände d= 30 cm PVC-P-Mauersperrbahn Dörken	2,32	90,04
1.2.50	38,81 m	Abdichtung Wände d= 24 cm PVC-P-Mauersperrbahn Dörken	2,01	78,01
1.2.60	15,00 m	Abdichtung Wände d= 17,5 cm PVC-P-Mauersperrbahn Dörken	1,67	25,05
1.2.70	10,00 m	Abdichtung Wände d= 11,5 cm PVC-P-Mauersperrbahn Dörken	1,34	13,40
1.2.80	19,41 m2	Abdichten der Außenwände mit Aquafin-2K im Sockelbereich	15,43	299,50
1.2.90	19,41 m2	Einlegen von Glasfasergewebe	3,10	60,17
1.2.100	19,41 m2	Abdichtung Combiflex G2	15,70	304,74
		<b>Titelsumme in EUR</b>		<b>1129,77</b>
1.3 Außenputzarbeiten				

18/08 2008 08:56 FAX 03760218132

Wegner-Bau Hartmannsdorf

003

**Angebot**IGE mbH  
Herr KronNummer **A806023**  
Datum 08.08.2008  
Seite 3

Position	Menge ME	Bezeichnung	Einzel- preis	Gesamt in EUR
1.3.10	18,53 m2	Zementleichtputz als Sockelgrundputz	13,59	251,82
1.3.20	18,53 m2	Feinputz/Silikonharzbeschichtung Sockel inkl. Grundierung	15,90	294,63
1.3.30	148,63 m2	Mineralischer Leichtputz d bis 2 cm fasernarmiert Faserleichtputz	14,05	2088,25
1.3.40	50,94 m	Anputzleisten	5,65	287,81
1.3.50	167,16 m2	Grundierung Leichtputz	2,43	406,20
1.3.60	148,63 m2	Silikonharzputz	11,91	1770,18
1.3.70	148,63 m2	Egalisationanstrich Silikonharzfarbe	6,09	905,16
1.3.80	80,74 m	Eckwinkel	4,26	343,95
		<b>Titelsumme in EUR</b>		<b>6348,00</b>
1.4 Stundenlohnarbeiten				
1.4.10	5,00 Std	Bauhelfer	22,20	111,00
1.4.20	5,00 Std	FA	23,00	115,00
		<b>Titelsumme in EUR</b>		<b>226,00</b>
		<b>Lossumme in EUR</b>		<b>21720,13</b>
4 WDVS				
4.1 Wärmedämmverbundsystem				
4.1.10	18,53 m2	Sockeldämmplatte 6 cm PS 30 SE	13,48	249,78
4.1.20	18,53 m2	Sockeldämmplatte 8 cm PS 30 SE	15,96	Eventual
4.1.30	18,53 m2	Sockeldämmplatte 10 cm PS 30 SE	18,45	Eventual
4.1.40	18,53 m2	Dichtschlämme Sockelplatte zementfreie Armierungsmasse	22,30	413,22
4.1.50	18,53 m2	Putz im Sockelbereich organisch	10,02	185,67
4.1.60	37,05 m	Sockelabschluss 6 cm	9,77	361,88
4.1.70	37,05 m	Sockelabschluss 8 cm	10,49	Eventual
4.1.80	37,05 m	Sockelabschluss 10 cm	11,29	Eventual
4.1.90	59,04 m	Anputzleisten	5,65	333,58
4.1.100	59,04 m	Laibung dämmen und armieren inkl. Gewebeeckwinkel d= 4 cm WLG 040	12,38	730,92
4.1.110	43,76 m	Fugendichtband 15/2-6 und 15/5-12	2,16	94,52
4.1.120	15,59 m	Anschluß Rolladenkasten mit WDVS Gewebeanschlußprofil spezial ( Brillux) inkl. Fugendichtband	8,50	132,52
4.1.130	15,59 m	Anschluß Rolladenkasten mit Sto-Tropfkantenprofil	10,70	Eventual
4.1.140	148,63 m2	WDVS Polystyrol 6 cm 040 mineral. Kleber	17,35	2578,73
4.1.150	148,63 m2	WDVS Polystyrol 6 cm 035 mineral. Kleber	18,27	Eventual
4.1.160	148,63 m2	WDVS Polystyrol 8 cm 040 mineral. Kleber	16,56	Eventual

18/08 2008 08:57 FAX 03760218132

Wegner-Bau Hartmannsdorf

004

**Angebot**IGE mbH  
Herr KronNummer **A800023**  
Datum 08.08.2008  
Seite 4

Position	Menge	ME	Bezeichnung	Einzel- preis	Gesamt in EUR
			Übertrag:		5080,92
4.1.170	148,63	m2	WDVS Polystyrol 8 cm 035 mineral. Kleber	19,81	Eventual
4.1.180	148,63	m2	WDVS Polystyrol 10 cm 040 mineral. Kleber	19,81	Eventual
4.1.190	148,63	m2	WDVS Polystyrol 10 cm 035 mineral. Kleber	21,35	Eventual
4.1.200	148,63	m2	Zulage dübeln Döbel 115 mm	4,10	609,38
4.1.210	148,63	m2	Dämmplatten armieren zementfreie Armierungsmasse inkl. Gewebe 4x4 und Fensterdiagonalen	11,03	1639,39
4.1.220	88,84	m	Gewebeeckwinkel mit Kunststoffeckschutzschiene Abzugskante	5,24	465,52
4.1.230	148,63	m2	Grundierung	1,95	289,63
4.1.240	148,00	m2	Siliconharzputz 2 mm Kratzputz	11,91	1762,68
4.1.250	148,63	m2	Mineralischer Oberputz 2mm Kratzputz	8,88	Eventual
4.1.260	148,63	m2	Egalisationsanstrich Siliconharzfarbe	6,20	921,51
4.1.270	148,63	m2	Egalisationsanstrich mit Lotus-Effekt	7,18	1067,16
4.1.280	148,63	m2	Zulage Siliconharzfarbe mittel getönt	0,19	Eventual
4.1.290	148,63	m2	Zulage Egalisationsanstrich mittel getönt	0,19	Eventual
4.1.300	148,63	m2	Zulage Siliconharzfarbe satt getönt	0,31	Eventual
4.1.310	148,63	m2	Zulage Egalisationsanstrich satt getönt	0,31	Eventual
4.1.320	59,04	m	Laibungen mit mineralischen Oberputz 1mm	6,34	374,31
4.1.330	59,04	m	Laibungen mit Siliconharzputz 1mm	7,07	Eventual
4.1.340	59,04	m	Anstrich Siliconharzfarbe Laibungen	6,18	Eventual
4.1.350	59,04	m	Anstrich EG-Farbe Laibungen	6,46	Eventual
4.1.360	148,63	m	Zulage Siliconharzfarbe mittel getönt	0,06	Eventual
4.1.370	148,63	m	Zulage Egalisationsanstrich mittel getönt	0,06	Eventual
4.1.380	148,63	m2	Zulage Siliconharzfarbe satt getönt	0,10	Eventual
4.1.390	148,63	m2	Zulage Egalisationsanstrich satt getönt	0,10	Eventual
4.1.400	18,00	m	Ableben Faschen	3,99	71,82
			<b>Titelsumme in EUR</b>		<u>12282,52</u>
			<b>Lossumme in EUR</b>		12282,52
<b>Zusammenfassung</b>					
			1.1 Mauerarbeiten		14016,36
			1.2 Abdichtungsarbeiten		1129,77
			1.3 Außenputzarbeiten		6348,00
			1.4 Stundenlohnarbeiten		226,00
			1 Bauhaupt		21720,13
			4.1 Wärmedämmverbundsystem		12282,52
			4 WDVS		12282,52

18/08 2008 08:57 FAX 03760218132

Wegner-Bau Hartmannsdorf

☐ 005

**Angebot**IGE mbH  
Herr KronNummer **A800023**  
Datum 08.08.2008  
Seite 5

Position	Menge ME	Bezeichnung	Einzel- preis	Gesamt in EUR
----------	----------	-------------	------------------	------------------

**Nettosumme in EUR**

34002,65

zuzüglich 19% Umsatzsteuer auf 34.002,65 EUR

6460,50

**Endsumme in EUR**40463,15

Wir hoffen mit unserem Angebot Ihren Vorstellungen zu entsprechen und erwarten mit Interesse Ihre Antwort.

**Besuchen Sie uns im Internet unter [www.Wegner-Bau.com](http://www.Wegner-Bau.com)**

Mit freundlichen Grüßen

**Angebot**

Rohbau Hausentwurf

Position	Menge ME	Bezeichnung	Einzel- preis	Gesamt in EUR
1.1. Maurerarbeiten				
1.1.10	35,00 m <sup>3</sup>	Hlz-Mauerwerk, d=24 cm, 12/0,8-LM 21	163,98	5739,30
1.1.20	35,00 m <sup>3</sup>	Außenwand -Hlz 12/1,20, 12 DF, d=24 cm, MG IIa	150,90	
1.1.30	35,00 m <sup>3</sup>	Außenwand -Hlz 12/1,40, 12 DF, d=24 cm, MG IIa	156,75	
1.1.40	44,59 m <sup>3</sup>	Hlz-Mauerwerk 12/0,8, 10 DF, d=30 cm	142,55	
1.1.50	44,59 m <sup>3</sup>	Hlz-Mauerwerk 12/1,2, 10 DF, d=30 cm	156,83	
1.1.60	35,00 m <sup>3</sup>	KS-Mauerwerk 12/1,2, 10 DF, d=24 cm, MG IIa	167,63	
1.1.70	35,00 m <sup>3</sup>	KS-Mauerwerk 12/1,4, 10 DF, d=24 cm, MG IIa	173,48	
1.1.80	41,10 m <sup>2</sup>	Innenwandziegelmauerwerk, d=17,5 cm	32,70	1343,97
1.1.90	41,10 m <sup>2</sup>	Innenwandziegelmauerwerk KS, d=17,5 cm	35,46	
1.1.100	16,26 m <sup>2</sup>	Innenwandziegelmauerwerk d= 11,5 cm	29,43	478,53
1.1.110	16,26 m <sup>2</sup>	Innenwandziegelmauerwerk d= 11,5 cm	32,11	
1.1.120	15,59 m	Ziegelsturz, d=24,0 cm	13,23	206,26
1.1.130	15,59 m	KS-Sturz, d=24,0 cm	26,29	
1.1.140	4,03 m	Ziegelsturz, d=17,5 cm	14,71	59,28
1.1.150	4,03 m	KS-Sturz, d=17,5 cm	23,77	
1.1.160	1,60 m	Ziegelsturz, d=11,5 cm	12,07	19,31
1.1.170	1,60 m	KS-Sturz, d=11,5 cm	21,44	

**Angebot**

Firma

IGE Ingenieurgesellschaft mbH

Num-  
mer

A080043

Datum

19.08.2008

Seite

2

Position	Menge ME	Bezeichnung	Einzel- preis	Gesamt in EUR
		Übertrag:		7846,65
1.1.180	15,59 m	Wärmedämmstürze d=30 cm	47,00	
1.1.190	40,00 m	RA-Ziegel-U-Schale,d=24 cm	24,68	987,20
1.1.200	40,00 m	RA-KS-U-Schale,d=24 cm	32,00	
1.1.210	0,00 m	RA-Ziegel-U-Schale,d=17,5 cm	22,75	0,00
1.1.220	0,00 m	RA-KS-U-Schale,d=17,5 cm	26,27	
1.1.230	40,00 m	RA-KS-U-Schale mit Dämmung, d= 30 cm	42,75	
1.1.240	38,81 m	Deckenrandschale	21,28	825,88
1.1.250	38,81 m	Schalungsziegel	21,53	
1.1.260	38,81 m	Deckenrandschale	13,05	
1.1.270	1,00 Stk	Stahlbetonsturz	28,59	28,59
1.1.280	20,98 m	Ausmauern der Sparrenfelder	20,34	426,73
1.1.290	20,98 m	Ausmauern der Sparrenfelder	17,56	
1.1.300	20,98 m	Ausmauern der Sparrenfelder	18,80	
1.1.310	20,98 m	Ausmauern der Sparrenfelder	21,30	
1.1.320	21,32 m	Zulage für Schrägschnitte	12,30	262,24
1.1.330	1,00 Stk	Schornstein AM = ca. 39 x 39 cm, DN = 18 cm	1686,50	1686,50
<b>Titelsumme in EUR</b>				12063,79
1.2. Abdichtungsarbeiten				
1.2.10	38,81 m	Horizontalabdichtung 30 cm G200S4 Al	2,87	111,38
1.2.20	38,81 m	Horizontalabdichtung 24 cm G200S4 Al	2,71	105,18
1.2.30	38,81 m	Horizontalabdichtung 17,5 cm G200S4 Al	2,54	98,58
1.2.40	38,81 m	Horizontalabdichtung PVC 30 cm	2,72	105,56
1.2.50	38,81 m	Horizontalabdichtung PVC 24 cm	2,64	102,46
1.2.60	15,00 m	Horizontalabdichtung PVC 17,5 cm	2,52	37,80
1.2.70	10,00 m	Horizontalabdichtung PVC 11,5 cm	2,52	25,20
1.2.80	19,41 m2	Abdichten der Außenwände aus	33,37	647,71
1.2.90	19,41 m2	Einlegen von Glasfasergewebe	3,69	71,62
1.2.100	19,41 m2	Abdichtung mit KMB -DIN 18195-4	19,86	385,48
<b>Titelsumme in EUR</b>				1690,97
1.3. Außenputzarbeiten				
1.3.10	18,53 m2	Zementleichtputz als Sockelputz	17,07	316,31

1.3.20	18,53 m2	Putz im Sockelbereich	6,52	120,82
--------	----------	-----------------------	------	--------

**Angebot**Nummer **A080043**

Firma

Datum 19.08.2008

IGE Ingenieurgesellschaft mbH

Seite 3

Position	Menge ME	Bezeichnung	Einzel- preis	Gesamt in EUR
----------	----------	-------------	------------------	------------------

		Übertrag:		437,13
--	--	-----------	--	--------

1.3.30	148,63 m2	mineralischer Leichtputz	13,63	2025,83
1.3.40	50,94 m	Fenster/Türanschlußleisten	3,58	182,37
1.3.50	167,16 m2	Armierter Fläche grundieren	2,49	416,23
1.3.60	148,63 m2	Siliconharzputz aufbringen	14,64	2175,94
1.3.70	148,63 m2	Egalisationsanstrich	8,55	1270,79
1.3.80	80,74 m	Eckwinkel für Türen und Fenster	6,80	549,03
		<b>Titelsumme in EUR</b>		<b>7057,32</b>

## 1.4. Stundenlohnarbeiten

1.4.10	5,00 Std	Stundenlohn Helfer	24,60	123,00
1.4.20	5,00 Std	Stundenlohn Facharbeiter	26,04	130,20
		<b>Titelsumme in EUR</b>		<b>253,20</b>

**TITELZUSAMMENSTELLUNG**

1.1. Maurerarbeiten				12063,79
1.2. Abdichtungsarbeiten				1690,97
1.3. Außenputzarbeiten				7057,32
1.4. Stundenlohnarbeiten				253,20
<b>Nettosumme in EUR</b>				<b>21065,28</b>
zuzüglich 19% Umsatzsteuer auf 21.065,28 EUR				4002,40
<b>Endsumme in EUR</b>				<b>25067,68</b>

Position	Menge ME	Bezeichnung	Einzel- preis	Gesamt in EUR
----------	----------	-------------	------------------	------------------

--	--	--	--	--

1.1.10	18,53 m2	Sockeldämmplatte 6 cm	26,27	486,78
1.1.20	18,53 m2	Sockeldämmplatte 8 cm	29,88	
1.1.30	18,53 m2	Sockeldämmplatte 10 cm	33,48	
1.1.40	18,53 m2	Sockelplatte Dichtschlämme	40,30	746,76
1.1.50	18,53 m2	Putz im Sockelbereich	6,52	120,82
1.1.60	37,05 m	Sockelprofil 6 cm	5,34	197,85
1.1.70	37,05 m	Sockelprofil 8 cm	6,09	
1.1.80	37,05 m	Sockelprofil 10 cm	6,70	
1.1.90	59,04 m	Anputzleiste auf Fenster und Türrahmen anbringen	5,09	300,51
1.1.100	59,04 m	Leibungen dämmen, Kantenschutz+Armierung	8,98	530,18
1.1.110	43,76 m	Anschlußfugen mit 2-Stufen Dichtband	1,12	49,01
1.1.120	15,59 m	Anschluß an Rolladenkasten	22,30	347,66
1.1.130	15,59 m	Anschluß an Rolladenkasten	9,30	
1.1.140	148,63 m2	Wärmedämmplatte aus Polystyrol, 6 cm WLK 040	17,14	2547,52
1.1.150	148,63 m2	Wärmedämmplatte aus Polystyrol, 6 cm WLK 035	18,27	
1.1.160	148,63 m2	Wärmedämmplatte aus Polystyrol, 8 cm WLK 040	18,37	
1.1.170	148,63 m2	Wärmedämmplatte aus Polystyrol, 8 cm	21,62	
			<b>Nummer</b>	<b>A080044</b>

Firma			Datum	19.08.200
IGE Ingenieurgesellschaft mbH			8	
Position	Menge ME	Bezeichnung	Seite	2
			Einzel-	Gesamt
			preis	in EUR
Übertrag:				5327,09
WLG 035				
1.1.180	148,63 m2	Wärmedämmplatte aus Polystyrol, 10 cm		24,98
WLG 035				
1.1.190	148,63 m2	Wärmedämmplatte aus Polystyrol, 10 cm		23,10
WLG 040				
1.1.200	148,63 m2	Zulage dübeln	5,46	811,52
1.1.210	148,63 m2	Dämmplatten armieren	13,63	2025,83
1.1.220	88,84 m2	Herstellen des Kantenschutzes	2,01	178,57
1.1.230	148,63 m2	Armierte Fläche grundieren	2,49	370,09
1.1.240	148,63 m2	Siliconharzputz aufbringen	14,64	2175,94
1.1.250	148,63 m2	Mineralischer Oberputz	9,77	
1.1.260	148,63 m2	Egalisationsanstrich Siliconharzfarbe	8,55	1270,79
1.1.270	148,63 m2	Egalisationsanstrich	13,50	2006,51
1.1.280	148,63 m2	Zulage-Siliconharzanstrich -Farbe-mittel	1,10	
getönt				
1.1.290	148,63 m2	Zulage-Egalisationsanstrich -Farbe-mittel	1,10	.
getönt				
1.1.300	148,63 m2	Zulage-Siliconharzanstrich -Farbe-satt	1,50	.
getönt				
1.1.310	148,63 m2	Zulage-Egalisationsanstrich -Farbe-satt	1,50	.
getönt				
1.1.320	59,04 m	Leibungen mit mineralischem Oberputz	5,67	334,76
1.1.330	59,04 m	Leibungen mit Siliconharzputz	6,80	
1.1.340	59,04 m2	Egalisationsanstrich Siliconharz auf	1,71	
Leibungen				
1.1.350	59,04 m2	Egalisationsanstrich		2,70
1.1.360	148,63 m	Zulage-Siliconharzanstrich -Farbe-mittel		0,22
getönt				
1.1.370	148,63 m	Zulage-Egalisationsanstrich -Farbe-mittel		0,22
getönt				
1.1.380	148,63 m2	Zulage-Siliconharzanstrich -Farbe-satt		1,50
getönt				

---

1.1.390	148,63 m <sup>2</sup>	Zulage-Egalisationsanstrich -Farbe-satt		1,50
getönt				
1.1.400	18,00 m	Abkleben	3,09	55,62
		<b>Nettosumme in EUR</b>		14556,72
		zuzüglich 19% Umsatzsteuer auf 14.556,72 EUR		2765,78
				17322,50
		<b>Endsumme in EUR</b>		

## Energieeinsparnachweis

nach der Energieeinsparverordnung EnEV 2007

vom 24.07.2007

"normale Innentemperatur"

öffentlich rechtlicher Nachweis

nach dem "Monatsbilanzverfahren" der DIN V 4108-6:2003-06

und nach der Heizungsanlagenverordnung DIN V 4701-10:2003-08

29.Aug 2008

Projekt Kurzbeschreibung: Hausentwurf Diplomarbeit

Bauvorhaben : Variante 1: Ziegelmauerwerk mit 6 cm Polystyrol

Bearbeiter :

Objektstandort Baujahr 2008

Straße/Hausnr. :

Plz/Ort :

Gemarkung :

Flurstücknummer: ----

Hauseigentümer/Bauherr

Name/Firma :

Straße/Hausnr. :

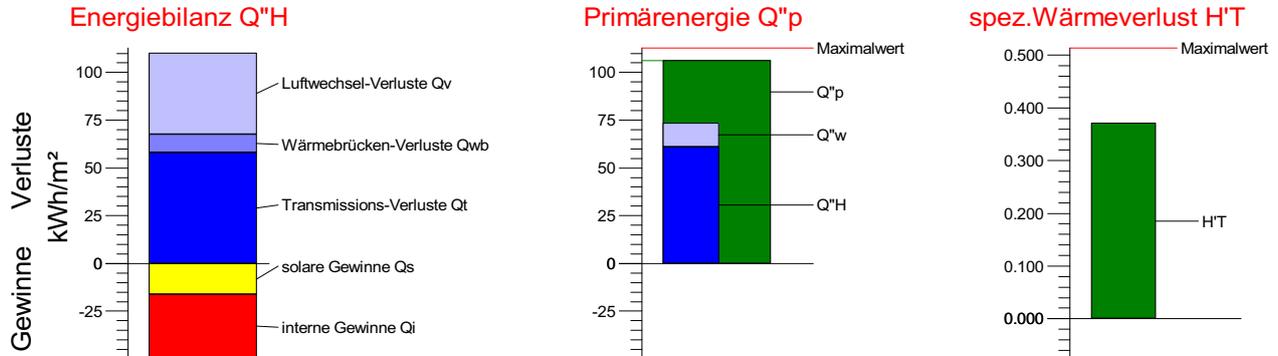
Plz/Ort :

Telefon / Fax :

Tabelle der verwendeten Bauteile

	Bauteil	Bezeich	Ri.	Fläche [m <sup>2</sup> ]	U-Wert [W/m <sup>2</sup> K]	Fak	Gewinn [kWh/a]		Verlust [kWh/a]
1	Wand								
1.1	Außenwand	AwWest	W	41.78	0.270	1.00		82	988
1.2	Außenwand	AwNord	N	38.10	0.270	1.00		17	901
1.3	Außenwand	AwOst	O	37.51	0.270	1.00		74	887
1.4	Außenwand	AwSüd	S	44.04	0.270	1.00		110	1041
				<b>161.44</b>	<b>0.270</b>			<b>283</b>	<b>3817</b>
2	Fenster, Fenstertüren						g		
2.1	THERMOPLUS S 16/Argon Be.2/3	AwWest	W	6.04	1.200	1.00	0.46	712	636
2.2	THERMOPLUS S 16/Argon Be.2/3	AwNord	N	6.29	1.200	1.00	0.46	424	663
2.3	THERMOPLUS S 16/Argon Be.2/3	AwOst	O	10.31	1.200	1.00	0.46	1286	1085
2.4	THERMOPLUS S 16/Argon Be.2/3	AwSüd	S	4.93	1.200	1.00	0.46	726	519
				<b>27.57</b>	<b>1.200</b>			<b>3149</b>	<b>2902</b>
3	Decke zum Dachge., Dach								
3.1	Dach	DaNord		68.37	0.231	1.00		3	1388
3.2	Dach	DaSüd		68.37	0.231	1.00		154	1388
				<b>136.73</b>	<b>0.231</b>			<b>157</b>	<b>2776</b>
4	Grundfläche, Kellerdecke								
4.1	Boden auf Erdreich	Grundfläche		100.00	0.567	*0.52		---	2891
				<b>100.00</b>	<b>0.293</b>			-----	<b>2891</b>
<b>Summe:</b>				<b>425.75</b>	<b>0.323</b>			<b>3589</b>	<b>12386</b>
Jahresprimärenergiebedarf Q <sup>"</sup> P = 106.2 [kWh/m <sup>2</sup> a] Q <sup>"</sup> Pmax = 112.7 [kWh/m <sup>2</sup> a] spezifischer Transmissionswärmeverlust H'T = 0.371 [W/m <sup>2</sup> K] H'Tmax = 0.514 [W/m <sup>2</sup> K]									
* Die Abminderungsfaktoren über das Erdreich wurden monatlich nach DIN EN ISO 13370 berechnet. Der angezeigte Wert ist der temperaturdifferenzgewichtete Wert der Heizperiode									

E N E R G I E B I L A N Z



nutzbare Gewinne		[kWh/a]	Verluste		[kWh/a]
solare Gewinne $\eta \cdot Q_s$	:	3149	Transmission $Q_t$	:	12386
interne Gewinne $\eta \cdot Q_i$	:	6381	Wärmebrücken $Q_{WB}$	:	1867
			Lüftungsverluste $Q_v$	:	8241
			Nachtabsenkung $Q_{NA}$	:	-698
			solar opake Bauteile $Q_{S\ opak}$	:	-440
		9530			21357
=> Jahresheizwärmebedarf $Q_h$ 11827 [kWh/a] + Trinkwassererwärmung $Q_w$ 2424 [kWh/a]					

- eine Nachtabschaltung wurde : berücksichtigt
- Anlagenaufwandszahl  $e_p$  : 1.446
- Nutzfläche : 193.9 m<sup>2</sup>
- Gebäudeart : Wohngebäude
- Jahresheizwärmebedarf  $Q''_h$  : 60.99 kWh/m<sup>2</sup>a

## Endergebnis der EnEV-Berechnung

Jahres-Primärenergiebedarf $Q_p$ :	106.2 [kWh/m <sup>2</sup> a]
bezogen auf die Gebäudenutzfläche	
maximal zulässiger Jahres-Primärenergiebedarf:	112.7 [kWh/m <sup>2</sup> a]
spezifischer Transmissionswärmeverlust $H_T$ :	0.371 [W/m <sup>2</sup> K]
der Gebäudehüllfläche	
maximal zulässiger spezifischer	0.514 [W/m <sup>2</sup> K]
Transmissionswärmeverlust:	

die maximal zulässigen Grenzwerte werden eingehalten.

## Randbedingungen

### angewendete Richtlinienvereinfachungen

Nach Richtlinie werden bei pauschalen Fensterflächen alle Gewinne nach Ost/West-Richtung berechnet

### Sommerlicher Wärmeschutz:

Nach § 3 Absatz 4 der EnEV braucht für einen Gesamtfensterflächenanteil  $\leq 30\%$  keine Überprüfung des sommerlichen Wärmeschutzes durchgeführt werden.

### Anforderungen an die Dichtigkeit:

Die Fugendurchlaßkoeffizienten der außenliegenden Fenster und Fenstertüren von beheizten Räumen dürfen den in der Energieeinsparverordnung Anhang 4 Tabelle 1 genannten Wert 2.0 nicht überschreiten.

Die Luftdichtheit der Wände, des Daches, des unteren Gebäudeabschlusses, der Anschlüsse und Fugen muss nach den neuesten Regeln der Technik gewährleistet werden (§ 5 der Energieeinsparverordnung).

## Luftdichtheitsprüfung nach Fertigstellung:

Die Überprüfung der Dichtheit erfolgt nach § 5 Abs. 1 der EnEV nach Fertigstellung des Gebäudes.

Es darf der nach DIN EN 13829:20001-2 gemessene Volumenstrom, bei einer Druckdifferenz von 50 Pa, den Wert 3.0 1/h nicht überschreiten.

Der Luftdichtheitsnachweis (Messprotokoll) wird diesem Dokument später beigelegt!

## Abminderungsfaktoren $F_x$ über das Erdreich nach DIN EN ISO 13370

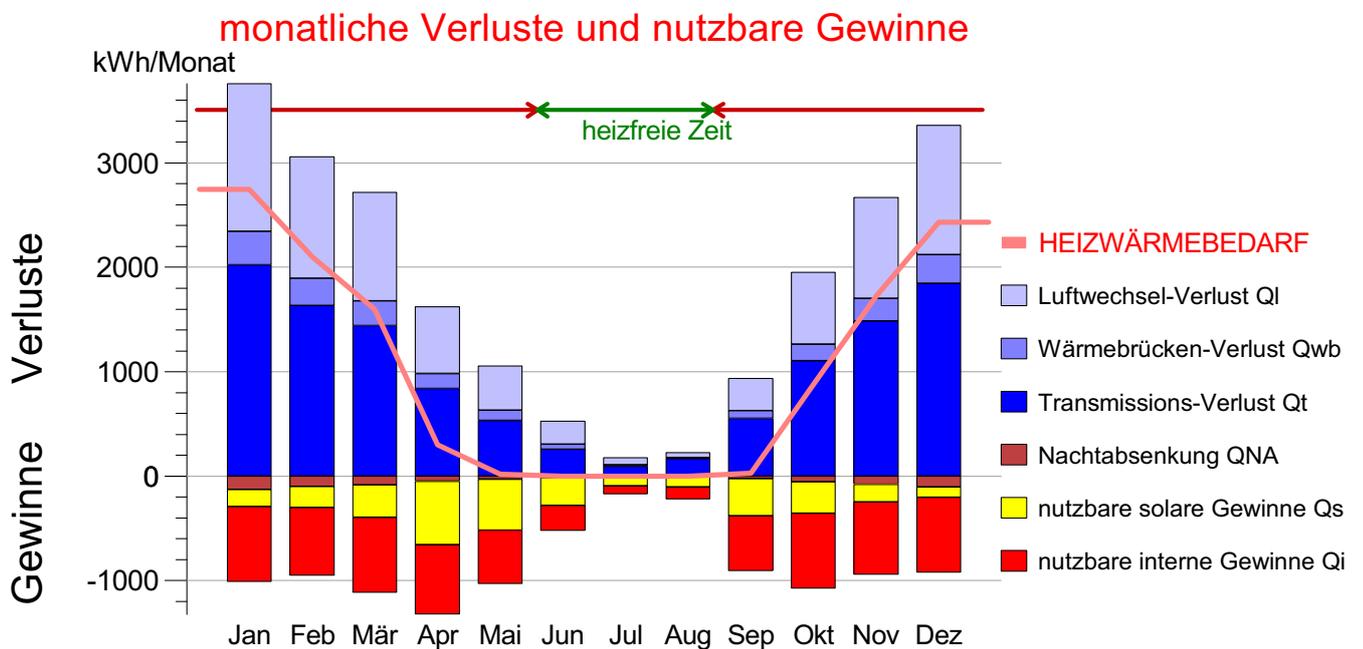
Grundfläche gegen Erdreich ohne Randdämmung														
$A_G[m^2]$	P[m]	B'	Jan	Feb	März	April	Mai	Juni	Juli	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez
100.0	40.0	5.0	0.420	0.401	0.391	0.450	0.515	0.826	3.141	6.112	1.268	0.746	0.596	0.505

## Gewinne und Verluste im einzelnen

kWh/Monat	Jan	Feb	März	April	Mai	Juni	Juli	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez	gesamt
Ausnutzgrad $\eta$	1.000	1.000	1.000	0.953	0.713	0.349	0.111	0.166	0.752	0.998	1.000	1.000	
$Q_{\text{Verlust}}$	3629	2954	2630	1573	1021	508	170	220	910	1897	2592	3253	21357
$Q_{\text{Gewinn}}$	883	851	1031	1335	1405	1457	1533	1327	1175	1024	868	820	13709
$\eta * Q_{\text{Gewinn}}$	883	851	1031	1272	1001	508	170	220	884	1021	868	820	9530
$Q_{\text{hM}}$	2746	2103	1599	301	19	0	0	0	25	876	1724	2433	11827
Verluste im einzelnen aufgeschlüsselt													
$Q_T$	1994	1620	1446	915	624	368	213	237	596	1109	1462	1802	12386
$Q_S \text{ opak}$	-26	-12	7	80	92	116	123	72	44	5	-22	-40	440
$Q_{\text{NA Nachts}}$	131	103	86	51	34	18	6	4	25	55	79	108	698
$Q_T - Q_{\text{NA}} - Q_{\text{S opak}}$	1889	1529	1352	784	498	235	85	160	528	1048	1405	1735	11248
$Q_{\text{WB}}$	322	263	236	146	97	51	16	11	71	157	219	280	1867
$Q_L$	1419	1162	1042	643	426	223	70	49	311	692	967	1237	8241
Gewinne im einzelnen aufgeschlüsselt													
$Q_S$	162	199	310	637	683	759	811	606	477	302	170	98	5215
$Q_t$	721	652	721	698	721	698	721	721	698	721	698	721	8494
Die äquivalente Heizgradtagezahl ermittelt aus dem energetischen Niveau des Gebäudes													
Heiz-Gt	629	515	462	285	189	0	0	0	138	307	429	549	3503

## Volumen und Flächen

Gebäudevolumen $V_e$	:	606.0 m <sup>3</sup>
Gebäudehüllfläche $A$	:	425.7 m <sup>2</sup>
$A/V_e$	:	0.703 1/m
Außenwandfläche $A_{AW}$	:	298.2 m <sup>2</sup>
Fensterfläche $A_w$	:	27.6 m <sup>2</sup>
Fensterflächenanteil $f$	:	8.5 % (max $H_T$ berechnet nach Spalte 5)



## allgemeine Projektdaten

Temperatur Warmseite $\vartheta_i$	:	19° C (normale Innenraumtemperatur $\geq 19^\circ$ C nach Anhang 1 der EnEV)
Gebäudeart	:	Wohngebäude
Warmwasseraufbereitung	:	zentral
Bauart	:	ein Massivbau
das Gebäude ist	:	ein Neubau
das Gebäude ist um	:	0.0° aus der Nord-Süd-Richtung gedreht.

## Luftvolumenberechnung

Gebäudeart	: es handelt sich um ein Gebäude mit bis zu drei Vollgeschossen und nicht mehr als zwei Wohnungen oder um ein Ein- oder Zweifamilienhaus bis zu 2 Vollgeschossen und nicht mehr als 3 Wohneinheiten	
Gebäudevolumen $V_e$	: 606.0 m <sup>3</sup>	
Luftvolumen	: 460.6 m <sup>3</sup>	0,76 * Gebäudevolumen

## Nutzflächenberechnung

Gebäudehöhe	: 4.00 m	
Geschoßanzahl	: 1	
Gebäudegrundfläche	: 100.0 m <sup>2</sup>	
Grundflächenumfang	: 40.0 m	
Gebäudenutzfläche	: 193.9 m <sup>2</sup>	0.32 * Gebäudevolumen

## interne Wärmegewinne pauschaler Ansatz

in Wohngebäuden	24h/Tag	5W/m <sup>2</sup>	120 Wh/m <sup>2</sup> pro Tag
bei einer Nutzfläche von	194 m <sup>2</sup>	==>	23 kWh/Tag

$Q_i =$	8494 kWh/a	[ 698 kWh/Monat ]
davon nutzbare Wärmegewinne $Q_{i,1}$	= 6381 kWh/a	

## Wärmebrücken pauschal mit Nachweis nach DIN 4108, Bbl.2

Es wurden ausschließlich wärmetechnisch äquivalente Konstruktionen nach DIN 4108, Bbl.2 verwendet.

Bei der Berechnung des Verlustes durch die Wärmebrücken wurde bei jedem verwendeten Bauteil ein Aufschlag auf den U-Wert von  $0,05 \text{ W/m}^2\text{K}$ , berücksichtigt.

Dabei wurden  $0.0 \text{ m}^2$  Oberfläche ausgenommen (z.B. Vorhangfassade).

ursprünglicher mittlerer U-Wert	0.321 $\text{W/m}^2\text{K}$	[Abminderungsfaktoren sind berücksichtigt]
neuer mittlere U-Wert	0.371 $\text{W/m}^2\text{K}$	
Transmissionsverlust erhöht sich um	15.59 %	

$Q_{wb} =$	1867 kWh/a
------------	------------

## Luftwechsel

Lüftungsverluste $Q_v$	241 kWh/a
------------------------	-----------

Luftvolumen:	460.6 $\text{m}^3$
Luftwechselrate:	0.60 $\text{h}^{-1}$
Art der Lüftung:	freie Lüftung

Das Gebäude wird nach DIN EN 13829:2001-02 dichtheitsgeprüft und die Luftwechselrate wird bei 50Pa (n50) kleiner/gleich 3 pro Stunde sein.

Luftwechselperluste in kWh

Jan	Feb	Mär	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez
1419	1162	1042	643	426	223	70	49	311	692	967	1237

## Klimaort

Es wurden Solar- und Klimadaten vom "mittleren Standort Deutschland " verwendet.

Solar-Referenzort: mittlerer Standort Deutschland

Temperatur-Referenzort: mittlerer Standort Deutschland

## monatliches Temperaturmittel

Jan	Feb	Mär	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez
-1.3	0.6	4.1	9.5	12.9	15.7	18.0	18.3	14.4	9.1	4.7	1.3

## monatliche Strahlungsintensität

Strahlungsintensitäten die für die Berechnung benötigten Richtungen und Neigungen in W/m <sup>2</sup>													
Richtung	Neig.	Jan	Feb	Mär	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez
Süd	45°	57	71	101	205	200	231	235	178	157	97	59	34
Süd	90°	56	61	80	137	119	130	135	112	115	81	54	33
Ost	90°	25	37	53	125	131	150	156	115	90	51	28	15
West	90°	25	37	53	125	131	150	156	115	90	51	28	15
Nord	45°	19	32	47	101	143	184	180	115	66	45	24	14
Nord	90°	14	23	34	64	81	99	100	70	48	33	18	10

## Ausnutzungsgrad der Gewinne

Für die Berechnung des Ausnutzungsgrades  $\eta$  solarer und interner Wärmegewinne wurde der vereinfachte Ansatz verwendet.

die Bauart ist:	ein Massivbau
Speicherfähigkeit:	50.00 Wh/m <sup>3</sup> K
Volumen:	606 m <sup>3</sup>
C <sub>wirk</sub> :	30300 Wh/K
spezifischer Wärmeverlust H:	252 W/K

## monatliche Ausnutzungsgrade

Jan	Feb	Mär	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez
1.000	1.000	1.000	0.953	0.713	0.349	0.111	0.166	0.752	0.998	1.000	1.000

## Warmwasser

Warmwasser pauschal (12,5KWh/m<sup>2</sup>a)

Energiebedarf für die Warmwasseraufbereitung Q<sub>w</sub> 2424 kWh/a

## Endenergiekosten / Wartungskosten

Energieträger	Bedarf	Energiekosten	Wartungskosten	Gesamtkosten
	kWh pro Jahr	Cent pro	pro Jahr	€ pro Jahr
Strom incl. Hilfsenergie ohne Hausstrom	664	15.0 pro kWh	0,-€	100,-€
Erdgas	17099	55.0 pro m <sup>3</sup>	50,-€	990,-€
		Schornsteinfeger (Kehren, Einstellung überprüfen)	65,-€	65,-€
			=====	=====
		Summe:	115,-€	1155,-€

## Begrenzung der Leitungsverluste

Die Wärmeabgabe der Wärme- und Warmwasserverteilungsleitungen ist gem. § 12 Abs.5 i.V.m.Anhang 5 EnEV wie folgt zu begrenzen:

Zeile	Art der der Leitungen/Armaturen	Mindestdicke der Dämmschicht, bezogen auf eine Wärmeleitfähigkeit von 0,035 W/(m <sup>2</sup> .K)
1	Innendurchmesser bis 22 mm	20 mm
2	Innendurchmesser über 22 mm bis 35 mm	30 mm
3	Innendurchmesser über 34 mm bis 100 mm	gleich Innendurchmesser
4	Innendurchmesser über 100 mm	100 mm
5	Leitungen und Armaturen nach den Zeilen 1 bis 4 in Wand- und Deckendurchbrüchen, im Kreuzungsbereich von Leitungen, an Leitungsverbindungsstellen, bei zentralen Leitungsnetzverteilern	1/2 der Anforderungen der Zeilen 1 bis 4
6	Leitungen von Zentralheizungen nach den Zeilen 1 bis 4, die nach Inkrafttreten dieser Verordnung in Bauteilen zwischen beheizten Räumen verschiedener Nutzer verlegt werden.	1/2 der Anforderungen der Zeilen 1 bis 4
7	Leitungen nach Zeile 6 im Fußbodenaufbau	6 mm

# Anlagenbewertung nach DIN 4701 Teil 10

für ein Gebäude mit normalen Innentemperaturen

Bezeichnung des Gebäudes: Hausentwurf Diplomarbeit		
Ort:		Straße/Nr.:
Gemarkung:		Flurstücknummer:

## I. Eingaben

$$A_N = \boxed{193.9 \text{ m}^2} \quad t_{HP} = \boxed{185 \text{ Tage}}$$

**Trinkwasser-**

**Heizung**

**Lüftung**

**Erwärmung**

absoluter Bedarf	$Q_{tw} = \boxed{2424.0 \text{ kWh/a}}$	$Q_h = \boxed{11826.5 \text{ kWh/a}}$
bezogener Bedarf	$q_{tw} = \boxed{12.50 \text{ kWh/m}^2\text{a}}$	$q_h = \boxed{60.99 \text{ kWh/m}^2\text{a}}$

## II. Systembeschreibung

Details siehe Trinkwasser- Heizungs- und Lüftungsbeschreibung

## III. Ergebnisse

Deckung von $Q_h$	$q_{h,tw} = \boxed{3.83 \text{ kWh/m}^2\text{a}}$	$q_{h,h} = \boxed{57.16 \text{ kWh/m}^2\text{a}}$	$q_{h,l} = \boxed{0.00 \text{ kWh/m}^2\text{a}}$
$\Sigma$ Wärme	$Q_{TW,E} = \boxed{4772.2 \text{ kWh/a}}$	$Q_{H,E} = \boxed{12326.4 \text{ kWh/a}}$	$Q_{L,E} = \boxed{0.0 \text{ kWh/a}}$
$\Sigma$ Hilfsenergie	$\boxed{173.2 \text{ kWh/a}}$	$\boxed{491.2 \text{ kWh/a}}$	$\boxed{0.0 \text{ kWh/a}}$

$\Sigma$ Primärenergie	$Q_{TW,P} =$	5717.0 kWh/a	$Q_{H,P} =$	14885.3 kWh/a	$Q_{L,P} =$	0.0 kWh/a
Endenergie	$Q_E =$	17099 kWh/a			$\Sigma$ Wärme	
		664 kWh/a			$\Sigma$ Hilfsenergie	
Primärenergie	$Q_P =$	20602 kWh/a			$\Sigma$ Primärenergie	
Anlagenaufwandzahl	$e_P =$	1.446				

**TRINKWASSERERWÄRMUNG nach DIN 4701 TEIL 10**

Bereich 1:	Anteil 100.0 %	Nutzfläche 193.9 m <sup>2</sup>
	<b>Wärmeverlust</b>	<b>Hilfsenergie</b>
		<b>Heizwärmegutschriften</b>

Verlust aus EnEV:	$q_{tw} =$	12.50 kWh/m <sup>2</sup> a
-------------------	------------	----------------------------

Übergabe:	$q_{TW,cc} =$	0.00 kWh/m <sup>2</sup> a	$q_{TW,cc,HE} =$	0.00 kWh/m <sup>2</sup> a	$q_{h,TW,cc} =$	0.00 kWh/m <sup>2</sup> a
-----------	---------------	---------------------------	------------------	---------------------------	-----------------	---------------------------

Verteilung:	$q_{TW,d} =$	8.33 kWh/m <sup>2</sup> a	$q_{TW,d,HE} =$	0.68 kWh/m <sup>2</sup> a	$q_{h,TW,d} =$	3.83 kWh/m <sup>2</sup> a
Verteilungsart:	gebäudezentrale Trinkwasseraufbereitung mit Zirkulation					

Verteilung des Trinkwassers innerhalb thermischer Hülle

die Sticleitungen werden von einer gemeinsamen Installationswand in benachbarte Räume geführt

Speicherung:	$q_{TW,s} =$	0.00 kWh/m <sup>2</sup> a	$q_{TW,s,HE} =$	0.00 kWh/m <sup>2</sup> a	$q_{h,TW,s} =$	0.00 kWh/m <sup>2</sup> a
Speicherart:	keine Trinkwasser Speicherung					

Wärmeerzeuger:	$\Sigma =$	20.83 kWh/m <sup>2</sup> a	$q_{TW,g,HE} =$	0.21 kWh/m <sup>2</sup> a
Wärmeerzeugerart:	Niedertemperaturkessel			

Energieträgerart: Erdgas H

Deckungsanteil	$\alpha_{TW,g} :$	100.0	%
Aufwandzahl Erzeuger	$e_{TW,g} :$	1.181	
Endenergie Erzeuger	$q_{TW,E} :$	24.61	kWh/m <sup>2</sup> a
Primärenergiefaktor Erzeuger	$f_{p,i} :$	1.10	
Primärenergie Erzeuger	$q_{TW,P} :$	27.07	kWh/m <sup>2</sup> a

Hilfsenergie:	$\Sigma q_{TW,HE,E} =$	0.89 kWh/m <sup>2</sup> a
Primärenergiefaktor Hilfsenergie	$f_{p,H} :$	2.70
Primärenergie Hilfsenergie	$q_{TW,HE,P} :$	2.41 kWh/m <sup>2</sup> a

<b>Endergebnis</b>	Heizwärmegutschrift pro m <sup>2</sup> :	$q_{h,TW} =$	3.83 kWh/m <sup>2</sup> a
--------------------	--	--------------	---------------------------

Wärmeendenergie pro m <sup>2</sup>	$q_{TW,E} :$	24.61 kWh/m <sup>2</sup> a
Hilfsendenergie pro m <sup>2</sup>	$q_{TW,HE,E} :$	0.89 kWh/m <sup>2</sup> a
Primärenergie pro m <sup>2</sup>	$q_{TW,P} :$	29.48 kWh/m <sup>2</sup> a

Wärmeendenergie	$Q_{TW,E} :$	4772.2 kWh/a
Hilfsendenergie	$Q_{TW,HE,E} :$	173.2 kWh/a
Primärenergie	$Q_{TW,P} :$	5717.0 kWh/a

<b>HEIZUNG nach DIN 4701 TEIL 10</b>		
Bereich 1:	Anteil 100.0 %	Nutzfläche 193.9 m <sup>2</sup>
<b>Wärmeverlust</b>		<b>Hilfsenergie</b>

Heizwärmebedarf	$q_h =$	60.99 kWh/m <sup>2</sup> a	
Heizwärmegutschriften	$q_{h,TW} =$	3.83 kWh/m <sup>2</sup> a	vom Trinkwasser
Heizwärmegutschriften	$q_{h,L} =$	0.00 kWh/m <sup>2</sup> a	durch die Lüftungsanlage

Übergabe:	$q_{c,e} =$	1.10 kWh/m <sup>2</sup> a	$q_{c,e,HE} =$	0.00 kWh/m <sup>2</sup> a
Übergabeart:	Wasserheizung: integrierte Heizflächen, Einzelraumregelung mit Zweipunktregler Schaltdiff. 1° K			

Übergabe erfolgt ohne zusätzliche Luftumwälzung z.B. durch einen Ventilator

Verteilung:	$q_d =$	0.60 kWh/m <sup>2</sup> a	$q_{d,HE} =$	1.94 kWh/m <sup>2</sup> a
Verteilungsart:	Heizkreistemperatur 35/28° C			

die horizontale Verteilung der Wärme erfolgt innerhalb der thermischen Hülle

Verteilungsstränge (vertikal) befinden sich innerhalb der thermischen Hülle

für die Verteilung der Heizungswärme wird eine geregelte Pumpe eingesetzt

Speicherung:	$q_s =$	0.00 kWh/m <sup>2</sup> a	$q_{s,HE} =$	0.00 kWh/m <sup>2</sup> a
Speicherart:	keine Speicherung			

Wärmeerzeuger:	$\Sigma =$	58.86 kWh/m <sup>2</sup> a	$q_{g,HE} =$	0.59 kWh/m <sup>2</sup> a
Wärmeerzeugerart:	Niedertemperaturkessel"verbessert" (BDH-Produktkennwerte)			

Energieträgerart: Erdgas H

Deckungsanteil	$\alpha_{H,g} :$	100.0	%
Aufwandzahl Erzeuger	$e_g :$	1.080	
Endenergie Erzeuger	$q_E :$	63.56	kWh/m <sup>2</sup> a
Primärenergiefaktor Erzeuger	$f_p :$	1.10	
Primärenergie Erzeuger	$q_P :$	69.92	kWh/m <sup>2</sup> a

Wärmeerzeuger, der raumluftunabhängig betrieben werden kann, befindet sich innerhalb der thermischen Hülle

Hilfsenergie:	$\Sigma q_{HE,E} =$	2.53 kWh/m <sup>2</sup> a
Primärenergiefaktor Hilfsenergie	$f_{p,H} :$	2.70
Primärenergie Hilfsenergie	$q_{HE,P} :$	6.84 kWh/m <sup>2</sup> a

**Endergebnis**

Wärmeendenergie pro m <sup>2</sup>	q <sub>H,E</sub> :	63.56 kWh/m <sup>2</sup> a
Hilfsendenergie pro m <sup>2</sup>	q <sub>H,HE,E</sub> :	2.53 kWh/m <sup>2</sup> a
Primärenergie pro m <sup>2</sup>	q <sub>H,HE,P</sub> :	76.76 kWh/m <sup>2</sup> a
Wärmeendenergie	Q <sub>H,E</sub> :	12326.4 kWh/a
Hilfsendenergie	Q <sub>H,E</sub> :	491.2 kWh/a
Primärenergie	Q <sub>H,P</sub> :	14885.3 kWh/a

**Bauteilverwendung**

**Bauteile der Bauteilart: Wand**

Bauteil/Einsatzart		U-Wert	Fläche
normale Außenwand beheizter Räume			
Faktor = 1.00 R <sub>Si</sub> = 0.13 R <sub>Se</sub> = 0.04 R = 3.54			
Strahlungsabsorptionsgrad α = 0.50 heller Anstrich (öffentlich rechtlich) Emissionsgrad ε = 0.80			
Richt. = -90° Westen Neig = 90° senkrecht			
Außenwand	<b>Bez.: AwWest</b>	0.27 W/m <sup>2</sup> K	47.82 m <sup>2</sup>
8,74*3,95+4,36*3,05			
FLACHGLAS AG			
THERMOPLUS S 16/Argon Be.2/3		1.20 W/m <sup>2</sup> K	-6.04 m <sup>2</sup>
H x B : 2.88 m x 0.64 m 1 Stück	1.84 m <sup>2</sup>		
H x B : 1.51 m x 1.39 m 2 Stück	4.20 m <sup>2</sup>		
Glas : U-Wert = 1.10 W/m <sup>2</sup> K g-Wert = 46 %			
Rahmen : Rahmenanteil = 24.8 % Scheibenzahl = 2			
Randverbund = -0.1 W/m <sup>2</sup> K wärmetechnisch verbesserter Randverbund des Glases (Anhang C)			
U-Rahmen = 1.10 W/m <sup>2</sup> K ==> U-Fenster = 1.20 W/m <sup>2</sup> K (nach DIN 4108-4 2002-2)			
Verschattung: F <sub>S</sub> =0.900 F <sub>F</sub> =0.752 F <sub>C</sub> =1.000			
			41.78 m <sup>2</sup>

normale Außenwand beheizter Räume

Faktor = 1.00  $R_{Si} = 0.13$   $R_{Se} = 0.04$   $R = 3.54$

Strahlungsabsorptionsgrad  $\alpha = 0.50$  heller Anstrich (öffentlich rechtlich) Emissionsgrad  $\epsilon = 0.80$

Richt. =  $0^\circ$  Norden Neig =  $90^\circ$  senkrecht

Außenwand	<b>Bez.: AwNord</b>	0.27 W/m <sup>2</sup> K	44.40 m <sup>2</sup>
11,24*3,95			

FLACHGLAS AG

THERMOPLUS S 16/Argon Be.2/3	1.20 W/m <sup>2</sup> K	-6.29 m <sup>2</sup>
------------------------------	-------------------------	----------------------

H x B : 2.23 m x 1.14 m	1 Stück	2.54 m <sup>2</sup>
-------------------------	---------	---------------------

H x B : 1.51 m x 0.76 m	1 Stück	1.15 m <sup>2</sup>
-------------------------	---------	---------------------

H x B : 1.51 m x 1.01 m	1 Stück	1.53 m <sup>2</sup>
-------------------------	---------	---------------------

H x B : 0.90 m x 0.60 m	2 Stück	1.08 m <sup>2</sup>
-------------------------	---------	---------------------

Glas : U-Wert = 1.10 W/m<sup>2</sup>K g-Wert = 46 %

Rahmen : Rahmenanteil = 27.8 % Scheibenzahl = 2

Randverbund = -0.1 W/m<sup>2</sup>K wärmetechnisch verbesserter Randverbund des Glases (Anhang C)

U-Rahmen = 1.20 W/m<sup>2</sup>K ==> U-Fenster = 1.20 W/m<sup>2</sup>K (nach DIN 4108-4 2002-2)

Verschattung:  $F_S=0.900$   $F_F=0.722$   $F_C=1.000$

38.10 m <sup>2</sup>
----------------------

normale Außenwand beheizter Räume

Faktor = 1.00  $R_{Si} = 0.13$   $R_{Se} = 0.04$   $R = 3.54$

Strahlungsabsorptionsgrad  $\alpha = 0.50$  heller Anstrich (öffentlich rechtlich) Emissionsgrad  $\epsilon = 0.80$

Richt. =  $90^\circ$  Osten Neig =  $90^\circ$  senkrecht

Außenwand	<b>Bez.: AwOst</b>	0.27 W/m <sup>2</sup> K	47.82 m <sup>2</sup>
8,74*3,95			
4,36*3,05			

FLACHGLAS AG

THERMOPLUS S 16/Argon Be.2/3		1.20 W/m <sup>2</sup> K	-10.31 m <sup>2</sup>
H x B : 2.38 m x 1.01 m 1 Stück	2.40 m <sup>2</sup>		
H x B : 1.51 m x 1.01 m 1 Stück	1.53 m <sup>2</sup>		
H x B : 1.51 m x 1.64 m 1 Stück	2.48 m <sup>2</sup>		
H x B : 2.38 m x 1.64 m 1 Stück	3.90 m <sup>2</sup>		

Glas : U-Wert = 1.10 W/m<sup>2</sup>K g-Wert = 46 %

Rahmen : Rahmenanteil = 20.4 % Scheibenzahl = 2

Randverbund = -0.1 W/m<sup>2</sup>K wärmetechnisch verbesserter Randverbund des Glases (Anhang C)

U-Rahmen = 1.20 W/m<sup>2</sup>K ==> U-Fenster = 1.20 W/m<sup>2</sup>K (nach DIN 4108-4 2002-2)

Verschattung:  $F_S = 0.900$   $F_F = 0.796$   $F_C = 1.000$

37.51 m <sup>2</sup>
----------------------

normale Außenwand beheizter Räume

Faktor = 1.00  $R_{Si} = 0.13$   $R_{Se} = 0.04$   $R = 3.54$

Strahlungsabsorptionsgrad  $\alpha = 0.50$  heller Anstrich (öffentlich rechtlich) Emissionsgrad  $\epsilon = 0.80$

Richt. =  $180^\circ$  Süden Neig =  $90^\circ$  senkrecht

Außenwand **Bez.: AwSüd** 0.27 W/m<sup>2</sup>K 48.97 m<sup>2</sup>  
 9,74\*3,95+1,5\*7

FLACHGLAS AG

THERMOPLUS S 16/Argon Be.2/3 1.20 W/m<sup>2</sup>K -4.93 m<sup>2</sup>

H x B : 1.39 m x 1.76 m 1 Stück 2.45 m<sup>2</sup>

H x B : 1.39 m x 1.01 m 1 Stück 1.40 m<sup>2</sup>

H x B : 0.60 m x 0.90 m 2 Stück 1.08 m<sup>2</sup>

Glas : U-Wert = 1.10 W/m<sup>2</sup>K g-Wert = 46 %

Rahmen : Rahmenanteil = 27.1 % Scheibenzahl = 2

Randverbund = -0.1 W/m<sup>2</sup>K wärmetechnisch verbesserter Randverbund des Glases (Anhang C)

U-Rahmen = 1.20 W/m<sup>2</sup>K ==> U-Fenster = 1.20 W/m<sup>2</sup>K (nach DIN 4108-4 2002-2)

Verschattung:  $F_s=0.900$   $F_f=0.729$   $F_c=1.000$

44.04 m <sup>2</sup>
----------------------

**Bauteile der Bauteilart: Decke zum Dachge., Dach**

Bauteil/Einsatzart	U-Wert	Fläche
--------------------	--------	--------

Dach/Decke gegen Außenluft

Faktor = 1.00  $R_{Si} = 0.10$   $R_{Se} = 0.04$   $R = 4.18$

Strahlungsabsorptionsgrad  $\alpha = 0.50$  ziegelrot (öffentlich rechtlich) Emissionsgrad  $\epsilon = 0.80$

Richt. =  $0^\circ$  Norden Neig =  $43^\circ$

Dach **Bez.: DaNord** 0.23 W/m<sup>2</sup>K 68.37 m<sup>2</sup>

10.00 m \* 10.00 m / cos (43.00°) / 2

Flächenanteil des Feldbereiches 90.00 %

90

68.37 m <sup>2</sup>
----------------------

Dach/Decke gegen Außenluft

Faktor = 1.00  $R_{Si} = 0.10$   $R_{Se} = 0.04$   $R = 4.18$

Strahlungsabsorptionsgrad  $\alpha = 0.50$  ziegelrot (öffentlich rechtlich) Emissionsgrad  $\epsilon = 0.80$

Richt. =  $180^\circ$  Süden Neig =  $43^\circ$

Dach **Bez.: DaSüd** 0.23 W/m<sup>2</sup>K 68.37 m<sup>2</sup>  
 $10.00 \text{ m} * 10.00 \text{ m} / \cos(43.00^\circ) / 2$   
 Flächenanteil des Feldbereiches 90.00 %  
 90

68.37 m <sup>2</sup>
----------------------

### Bauteile der Bauteilart: Grundfläche, Kellerdecke

Bauteil/Einsatzart	U-Wert	Fläche
gedämmte Fußböden beheizter Aufenthaltsr. gegen Erdreich		
Faktor = 0.50 keine Randdämmung $B'=0.0 \text{ m}$ $R_{Si} = 0.17$ $R_{Se} = 0.00$ $R = 1.59$		
Richt. = $0^\circ$ ---- Neig = $0^\circ$ waagrecht		
Boden auf Erdreich <b>Bez.: Grundfläche</b>	0.57 W/m <sup>2</sup> K	100.00 m <sup>2</sup>
Breite 10.00 * Länge 10.00		

100.00 m <sup>2</sup>
-----------------------

### Volumenberechnung des Gebäudes

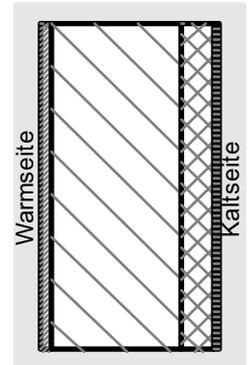
Geschosse: Breite 10.00 * Länge 10.00 * (1 * Geschosshöhe 2.65)	=	265.0 m <sup>3</sup>
Dach:	=	0.0 m <sup>3</sup>
Länge 10.00 m * Breite 10.00 *(Drempel 1.08 + Höhe 4.66 / 2)	=	341.0 m <sup>3</sup>

606.0 m <sup>3</sup>
----------------------

### Schichtaufbau der verwendeten Bauteile

Außenwand	161,44 m <sup>2</sup>	U-Wert = 0,270 W/m <sup>2</sup> K
-----------	-----------------------	-----------------------------------

Material	Dichte [kg/m <sup>3</sup> ]	Dicke s [mm]	λ [W/mK]	R [m <sup>2</sup> K/W]	Diff. - Wid.
Luftübergang Warmseite R <sub>Si</sub> 0,13					
1 Kalkgipsputz	D 1400,0	20,00	0,700	0,029	10
2 Porosiertes Ziegelmauerwerk	628,0	240,00	0,120	2,000	5 / 10
3 Polystyrolhartschaum 040	20,0	60,00	0,040	1,500	41
4 Kalkzementputz	D 1800,0	10,00	0,870	0,011	15 / 35
Luftübergang Kaltseite R <sub>Se</sub> 0,04					



Bauteildicke = 330,00 mm

Flächengewicht = 197,9 kg/m<sup>2</sup>

R = 3,54 m<sup>2</sup>K/W

Überprüfung des Mindestwärmeschutzes nach DIN 4108-2:2003-7 Tabelle 3, normale Bauteile (>=100kg/m<sup>2</sup>):

Einsatzart : normale Außenwand beheizter Räume

zur Berechnung herangezogenes Flächengewicht : 197,9 kg/m<sup>2</sup>

R an der ungünstigsten Stelle : 3,540 m<sup>2</sup>K/W

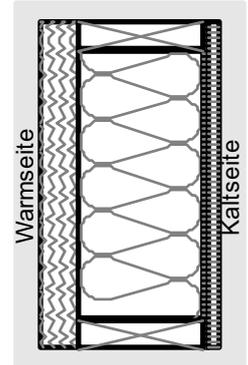
Grenzwert (Mindestwert) für R : 1,200 m<sup>2</sup>K/W

die Anforderungen sind nach DIN 4108-2:2003-7 erfüllt

Dach	136.73 m <sup>2</sup>	U-Wert = 0.231 W/m <sup>2</sup> K
------	-----------------------	-----------------------------------

Das Bauteil besitzt 2 Schichtbereiche

Material	Dichte [kg/m <sup>3</sup> ]	Dicke s [mm]	$\lambda$ [W/mK]	R [m <sup>2</sup> K/W]	Diff. - Wid.
Aufbau des Feldbereichs	90.0 %				
Luftübergang Warmseite $R_{si}$ 0.10					
F1 Fichte,Kiefer,Tanne	D 600.0	50.00	0.130	0.385	40
F2 PE-Folie $m_y*s=50m$	D 1100.0	0.20	0.300	0.001	250000
F3 Mineralwolle 035	D 50.0	160.00	0.035	4.571	1
F4 Dachabdichtung	0.0	8.00	0.170	0.047	50000
F5 Gipskarton DIN 18180	D 900.0	12.50	0.210	0.060	8
Luftübergang Kaltseite $R_{se}$ 0.04					
Aufbau des Balkenbereichs	10.0 %				
Luftübergang Warmseite $R_{si}$ 0.10					
B1 Fichte,Kiefer,Tanne	D 600.0	50.00	0.130	0.385	40
B2 PE-Folie $m_y*s=50m$	D 1100.0	0.20	0.300	0.001	250000
B3 Holz (Fichte,Kiefer,Tanne)	D 600.0	160.00	0.130	1.231	40
B4 Dachabdichtung	0.0	8.00	0.170	0.047	50000
B5 Gipskarton DIN 18180	D 900.0	12.50	0.210	0.060	8
Luftübergang Kaltseite $R_{se}$ 0.04					



### U-Wert-Berechnung inhomogener Bauteile nach DIN EN ISO 6946

Bauteildicke	Feldanteil	Flächengewicht	U-Wert	$R_T$	$R_T'$	$R_T''$
230.70 mm	90.0 %	58.3 kg/m <sup>2</sup>	0.231 W/m <sup>2</sup> K	4.32 m <sup>2</sup> K/W	4.41 m <sup>2</sup> K/W	4.23 m <sup>2</sup> K/W

Überprüfung des Mindestwärmeschutzes nach DIN 4108-2:2003-7 leichte Bauteile (<100kg/m<sup>2</sup>):

der Wärmedurchlasswiderstand des Feldbereichs und der mittlere Wärmedurchlasswiderstand wurden überprüft

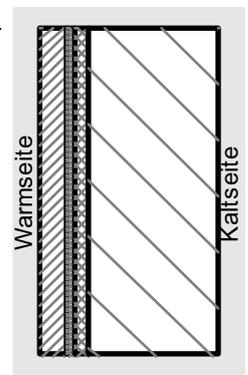
zur Berechnung herangezogenes Flächengewicht	: 58.3	kg/m <sup>2</sup>
R an der ungünstigsten Stelle	: 5.063	m <sup>2</sup> K/W (Feldbereich)
Grenzwert (Mindestwert) für R	: 1.750	m <sup>2</sup> K/W
R gesamte Bauteil (Mittelwert)	: 4.180	m <sup>2</sup> K/W
Grenzwert (Mindestwert) für das Gesamtbaueteil	: 1.000	m <sup>2</sup> K/W

ACHTUNG! Dichteangaben im Schichtaufbau sind unvollständig,

die Anforderungen sind nach DIN 4108-2:2003-7 erfüllt

Boden auf Erdreich	100.00 m <sup>2</sup>	U-Wert = 0.567 W/m <sup>2</sup> K
--------------------	-----------------------	-----------------------------------

Material	Dichte [kg/m <sup>3</sup> ]	Dicke s [mm]	λ [W/mK]	R [m <sup>2</sup> K/W]	Diff. - Wid.
Luftübergang Warmseite R <sub>si</sub> 0.17					
1 Zement-Estrich	D 2000.0	65.00	1.400	0.046	15 / 35
2 Polystyrolhartschaum 035	D 0.0	20.00	0.035	0.571	35
3 Polystyrolhartschaum 035	D 0.0	30.00	0.035	0.857	35
4 Beton armiert (mit 2% Stahl)	D 2400.0	300.00	2.500	0.120	80 / 130
Luftübergang Kaltseite R <sub>se</sub> 0.00					



Bauteildicke = 415.00 mm                      Flächengewicht = 850.0 kg/m<sup>2</sup>                      R = 1.59 m<sup>2</sup>K/W

Überprüfung des Mindestwärmeschutzes nach DIN 4108-2:2003-7 Tabelle 3, normale Bauteile (>=100kg/m<sup>2</sup>):

Einsatzart : gedämmte Fußböden beheizter Aufenthaltsr. gegen Erdreich

zur Berechnung herangezogenes Flächengewicht	: 850.0	kg/m <sup>2</sup>
R an der ungünstigsten Stelle	: 1.595	m <sup>2</sup> K/W
Grenzwert (Mindestwert) für R	: 0.900	m <sup>2</sup> K/W

die Anforderungen sind nach DIN 4108-2:2003-7 erfüllt

# Energieeinsparnachweis

nach der Energieeinsparverordnung EnEV 2007

vom 24.07.2007

"normale Innentemperatur"

öffentlich rechtlicher Nachweis

nach dem "Monatsbilanzverfahren" der DIN V 4108-6:2003-06

und nach der Heizungsanlagenverordnung DIN V 4701-10:2003-08

---

29.Aug 2008

Projekt Kurzbeschreibung: Hausentwurf Diplomarbeit

Bauvorhaben :

Bearbeiter :

Objektstandort

Baujahr 2008

Straße/Hausnr. :

Plz/Ort :

Gemarkung :

Flurstücknummer: ----

Hauseigentümer/Bauherr

Name/Firma :

Straße/Hausnr. :

Plz/Ort :

Telefon / Fax :

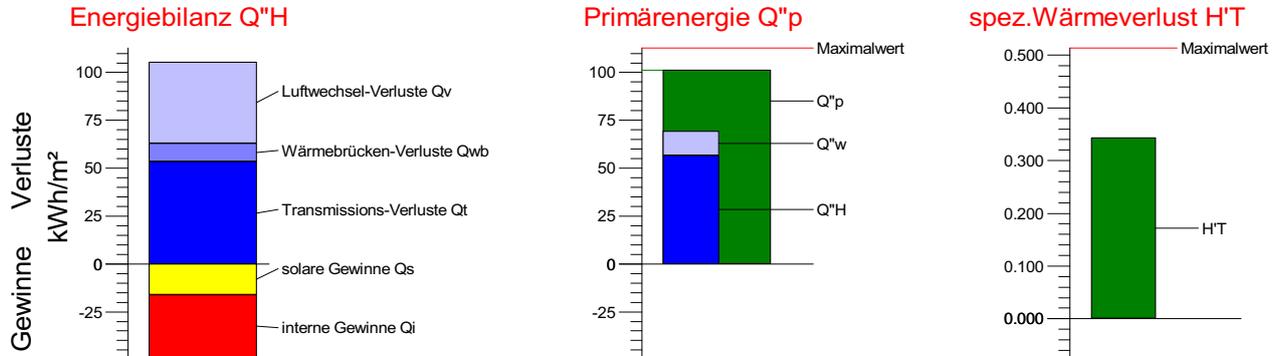
Tabelle der verwendeten Bauteile

	Bauteil	Bezeich	Ri.	Fläche [m <sup>2</sup> ]	U-Wert [W/m <sup>2</sup> K]	Fak	Gewinn [kWh/a]		Verlust [kWh/a]
1	Wand								
1.1	Außenwand	AwWest	W	41.78	0.197	1.00	60		723
1.2	Außenwand	AwNord	N	38.10	0.197	1.00	13		660
1.3	Außenwand	AwOst	O	37.51	0.197	1.00	54		649
1.4	Außenwand	AwSüd	S	44.04	0.197	1.00	80		762
				<b>161.44</b>	<b>0.197</b>		<b>207</b>		<b>2795</b>
2	Fenster, Fenstertüren						g		
2.1	THERMOPLUS S 16/Argon Be.2/3	AwWest	W	6.04	1.200	1.00	0.46	705	636
2.2	THERMOPLUS S 16/Argon Be.2/3	AwNord	N	6.29	1.200	1.00	0.46	420	663
2.3	THERMOPLUS S 16/Argon Be.2/3	AwOst	O	10.31	1.200	1.00	0.46	1273	1085
2.4	THERMOPLUS S 16/Argon Be.2/3	AwSüd	S	4.93	1.200	1.00	0.46	721	519
				<b>27.57</b>	<b>1.200</b>			<b>3120</b>	<b>2902</b>
3	Decke zum Dachge., Dach								
3.1	Dach	DaNord		68.37	0.231	1.00	3		1388
3.2	Dach	DaSüd		68.37	0.231	1.00	154		1388
				<b>136.73</b>	<b>0.231</b>		<b>157</b>		<b>2776</b>
4	Grundfläche, Kellerdecke								
4.1	Boden auf Erdreich	Grundfläche		100.00	0.567	*0.51	---		2870
				<b>100.00</b>	<b>0.291</b>		<b>-----</b>		<b>2870</b>
		<b>Summe:</b>		<b>425.75</b>	<b>0.295</b>		<b>3484</b>		<b>11344</b>

Jahresprimärenergiebedarf Q<sup>"</sup>P = 101.1 [kWh/m<sup>2</sup> a]  
 Q<sup>"</sup>Pmax = 112.7 [kWh/m<sup>2</sup> a]  
 spezifischer Transmissionswärmeverlust H<sup>'</sup>T = 0.343 [W/m<sup>2</sup> K]  
 H<sup>'</sup>Tmax = 0.514 [W/m<sup>2</sup> K]

\* Die Abminderungsfaktoren über das Erdreich wurden monatlich nach DIN EN ISO 13370 berechnet. Der angezeigte Wert ist der temperaturdifferenzgewichtete Wert der Heizperiode

E N E R G I E B I L A N Z



nutzbare Gewinne		[kWh/a]	Verluste		[kWh/a]
solare Gewinne $\eta \cdot Q_s$	:	3120	Transmission $Q_t$	:	11344
interne Gewinne $\eta \cdot Q_i$	:	6347	Wärmebrücken $Q_{WB}$	:	1867
			Lüftungsverluste $Q_v$	:	8241
			Nachtabsenkung $Q_{NA}$	:	-632
			solar opake Bauteile $Q_{S\ opak}$	:	-364
		<u>9467</u>			<u>20455</u>
=> Jahresheizwärmebedarf $Q_h$ 10989 [kWh/a] + Trinkwassererwärmung $Q_w$ 2424 [kWh/a]					

- eine Nachtabschaltung wurde : berücksichtigt
- Anlagenaufwandszahl  $e_p$  : 1.462
- Nutzfläche : 193.9 m²
- Gebäudeart : Wohngebäude
- Jahresheizwärmebedarf  $Q''_h$  : 56.67 kWh/m²a

## Endergebnis der EnEV-Berechnung

Jahres-Primärenergiebedarf $Q_p$ :	101.1 [kWh/m <sup>2</sup> a]
bezogen auf die Gebäudenutzfläche	
maximal zulässiger Jahres-Primärenergiebedarf:	112.7 [kWh/m <sup>2</sup> a]
spezifischer Transmissionswärmeverlust $H_T$ :	0.343 [W/m <sup>2</sup> K]
der Gebäudehüllfläche	
maximal zulässiger spezifischer	0.514 [W/m <sup>2</sup> K]
Transmissionswärmeverlust:	

die maximal zulässigen Grenzwerte werden eingehalten.

## Randbedingungen

### angewendete Richtlinienvereinfachungen

Nach Richtlinie werden bei pauschalen Fensterflächen alle Gewinne nach Ost/West-Richtung berechnet

### Sommerlicher Wärmeschutz:

Nach § 3 Absatz 4 der EnEV braucht für einen Gesamtfensterflächenanteil  $\leq 30\%$  keine Überprüfung des sommerlichen Wärmeschutzes durchgeführt werden.

### Anforderungen an die Dichtigkeit:

Die Fugendurchlaßkoeffizienten der außenliegenden Fenster und Fenstertüren von beheizten Räumen dürfen den in der Energieeinsparverordnung Anhang 4 Tabelle 1 genannten Wert 2.0 nicht überschreiten.

Die Luftdichtheit der Wände, des Daches, des unteren Gebäudeabschlusses, der Anschlüsse und Fugen muss nach den neuesten Regeln der Technik gewährleistet werden (§ 5 der Energieeinsparverordnung).

## Luftdichtheitsprüfung nach Fertigstellung:

Die Überprüfung der Dichtheit erfolgt nach § 5 Abs. 1 der EnEV nach Fertigstellung des Gebäudes.

Es darf der nach DIN EN 13829:20001-2 gemessene Volumenstrom, bei einer Druckdifferenz von 50 Pa, den Wert 3.0 l/h nicht überschreiten.

Der Luftdichtheitsnachweis (Messprotokoll) wird diesem Dokument später beigelegt!

## Abminderungsfaktoren $F_x$ über das Erdreich nach DIN EN ISO 13370

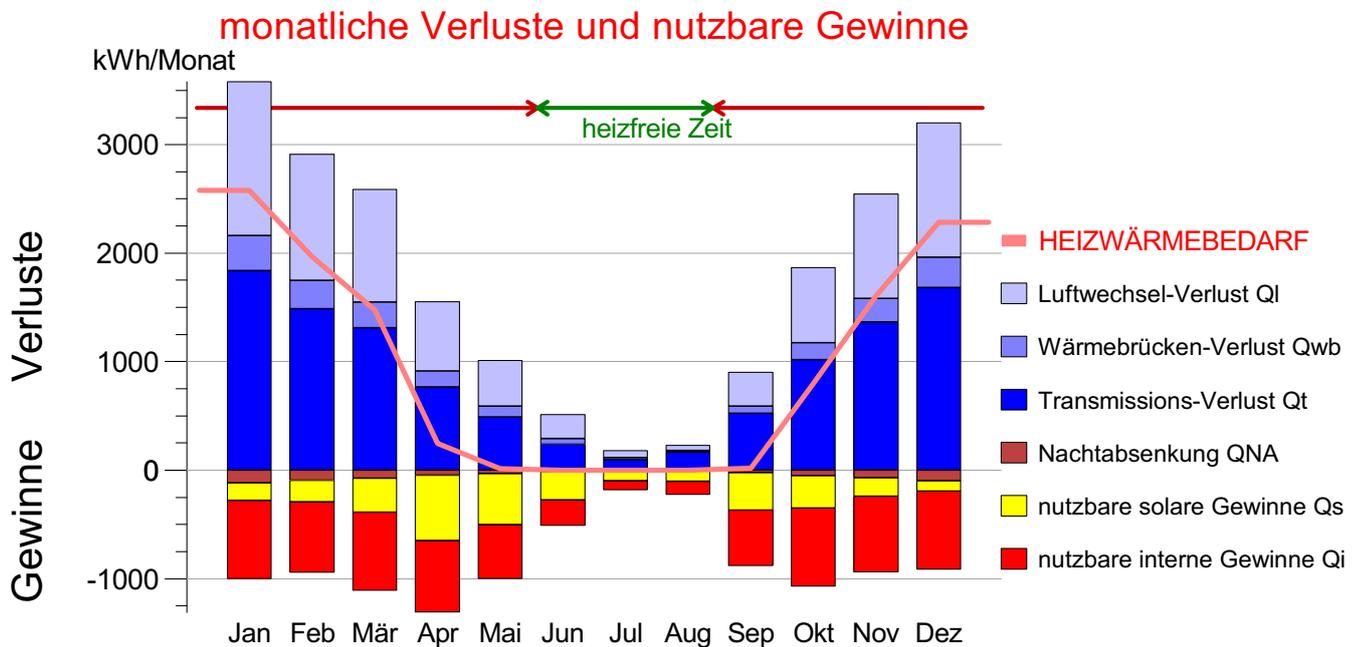
Grundfläche gegen Erdreich ohne Randdämmung														
$A_G$ [m <sup>2</sup> ]	P[m]	B'	Jan	Feb	März	April	Mai	Juni	Juli	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez
100.0	40.0	5.0	0.417	0.398	0.389	0.447	0.512	0.821	3.121	6.070	1.259	0.741	0.592	0.501

## Gewinne und Verluste im einzelnen

kWh/Monat	Jan	Feb	März	April	Mai	Juni	Juli	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez	gesamt
Ausnutzgrad $\eta$	1.000	1.000	1.000	0.945	0.691	0.341	0.116	0.169	0.733	0.997	1.000	1.000	
$Q_{\text{Verlust}}$	3461	2818	2510	1509	983	497	178	224	880	1817	2475	3103	20455
$Q_{\text{Gewinn}}$	883	851	1031	1335	1405	1457	1533	1327	1175	1024	868	820	13709
$\eta * Q_{\text{Gewinn}}$	883	851	1031	1261	970	497	178	224	862	1021	868	820	9467
$Q_{\text{h>M}}$	2578	1967	1479	248	13	0	0	0	18	796	1608	2283	10989
Verluste im einzelnen aufgeschlüsselt													
$Q_T$	1816	1474	1315	834	570	340	203	229	556	1021	1340	1646	11344
$Q_S \text{ opak}$	-24	-12	5	67	79	101	106	61	36	3	-21	-36	364
$Q_{\text{NA Nachts}}$	119	93	78	46	31	16	5	4	22	50	72	97	632
$Q_T - Q_{\text{NA}} - Q_{\text{S opak}}$	1721	1393	1232	721	460	223	92	164	498	968	1289	1585	10347
$Q_{\text{WB}}$	322	263	236	146	97	51	16	11	71	157	219	280	1867
$Q_L$	1419	1162	1042	643	426	223	70	49	311	692	967	1237	8241
Gewinne im einzelnen aufgeschlüsselt													
$Q_S$	162	199	310	637	683	759	811	606	477	302	170	98	5215
$Q_t$	721	652	721	698	721	698	721	721	698	721	698	721	8494
Die äquivalente Heizgradtagezahl ermittelt aus dem energetischen Niveau des Gebäudes													
Heiz-Gt	629	515	462	285	189	0	0	0	138	307	429	549	3503

## Volumen und Flächen

Gebäudevolumen $V_e$	:	606.0 m <sup>3</sup>
Gebäudehüllfläche $A$	:	425.7 m <sup>2</sup>
$A/V_e$	:	0.703 1/m
Außenwandfläche $A_{AW}$	:	298.2 m <sup>2</sup>
Fensterfläche $A_w$	:	27.6 m <sup>2</sup>
Fensterflächenanteil $f$	:	8.5 % (max $H_T$ berechnet nach Spalte 5)



## allgemeine Projektdaten

Temperatur Warmseite $\vartheta_i$	:	19° C (normale Innenraumtemperatur $\geq 19^\circ$ C nach Anhang 1 der EnEV)
Gebäudeart	:	Wohngebäude
Warmwasseraufbereitung	:	zentral
Bauart	:	ein Massivbau
das Gebäude ist	:	ein Neubau
das Gebäude ist um	:	0.0° aus der Nord-Süd-Richtung gedreht.

## Luftvolumenberechnung

Gebäudeart	: es handelt sich um ein Gebäude mit bis zu drei Vollgeschossen und nicht mehr als zwei Wohnungen oder um ein Ein- oder Zweifamilienhaus bis zu 2 Vollgeschossen und nicht mehr als 3 Wohneinheiten	
Gebäudevolumen $V_e$	: 606.0 m <sup>3</sup>	
Luftvolumen	: 460.6 m <sup>3</sup>	0,76 * Gebäudevolumen

## Nutzflächenberechnung

Gebäudehöhe	: 4.00 m	
Geschoßanzahl	: 1	
Gebäudegrundfläche	: 100.0 m <sup>2</sup>	
Grundflächenumfang	: 40.0 m	
Gebäudenutzfläche	: 193.9 m <sup>2</sup>	0.32 * Gebäudevolumen

## interne Wärmegewinne pauschaler Ansatz

in Wohngebäuden	24h/Tag	5W/m <sup>2</sup>	120 Wh/m <sup>2</sup> pro Tag
bei einer Nutzfläche von	194 m <sup>2</sup>	==>	23 kWh/Tag

$Q_i =$	8494 kWh/a	[ 698 kWh/Monat ]
davon nutzbare Wärmegewinne $Q_{i,1}$	= 6347 kWh/a	

## Wärmebrücken pauschal mit Nachweis nach DIN 4108, Bbl.2

Es wurden ausschließlich wärmetechnisch äquivalente Konstruktionen nach DIN 4108, Bbl.2 verwendet.

Bei der Berechnung des Verlustes durch die Wärmebrücken wurde bei jedem verwendeten Bauteil ein Aufschlag auf den U-Wert von 0,05 W/m<sup>2</sup>K, berücksichtigt.

Dabei wurden 0.0 m<sup>2</sup> Oberfläche ausgenommen (z.B. Vorhangfassade).

ursprünglicher mittlerer U-Wert	0.293 W/m <sup>2</sup> K	[Abminderungsfaktoren sind berücksichtigt]
neuer mittlere U-Wert	0.343 W/m <sup>2</sup> K	
Transmissionsverlust erhöht sich um	17.04 %	

Q <sub>wb</sub> =	1867 kWh/a
-------------------	------------

## Luftwechsel

Lüftungsverluste Q <sub>v</sub>	8241 kWh/a
---------------------------------	------------

Luftvolumen:	460.6 m <sup>3</sup>
Luftwechselrate:	0.60 h <sup>-1</sup>
Art der Lüftung:	freie Lüftung

Das Gebäude wird nach DIN EN 13829:2001-02 dichtsgeprüft und die Luftwechselrate wird bei 50Pa (n50) kleiner/gleich 3 pro Stunde sein.

Luftwechselperluste in kWh

Jan	Feb	Mär	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez
1419	1162	1042	643	426	223	70	49	311	692	967	1237

## Klimaort

Es wurden Solar- und Klimadaten vom "mittleren Standort Deutschland " verwendet.

Solar-Referenzort: mittlerer Standort Deutschland

Temperatur-Referenzort: mittlerer Standort Deutschland

## monatliches Temperaturmittel

Jan	Feb	Mär	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez
-1.3	0.6	4.1	9.5	12.9	15.7	18.0	18.3	14.4	9.1	4.7	1.3

## monatliche Strahlungsintensität

Strahlungsintensitäten die für die Berechnung benötigten Richtungen und Neigungen in W/m <sup>2</sup>													
Richtung	Neig.	Jan	Feb	Mär	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez
Süd	45°	57	71	101	205	200	231	235	178	157	97	59	34
Süd	90°	56	61	80	137	119	130	135	112	115	81	54	33
Ost	90°	25	37	53	125	131	150	156	115	90	51	28	15
West	90°	25	37	53	125	131	150	156	115	90	51	28	15
Nord	45°	19	32	47	101	143	184	180	115	66	45	24	14
Nord	90°	14	23	34	64	81	99	100	70	48	33	18	10

## Ausnutzungsgrad der Gewinne

Für die Berechnung des Ausnutzungsgrades  $\eta$  solarer und interner Wärmegewinne wurde der vereinfachte Ansatz verwendet.

die Bauart ist:	ein Massivbau
Speicherfähigkeit:	50.00 Wh/m <sup>3</sup> K
Volumen:	606 m <sup>3</sup>
C <sub>wirk</sub> :	30300 Wh/K
spezifischer Wärmeverlust H:	240 W/K

## monatliche Ausnutzungsgrade

Jan	Feb	Mär	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez
1.000	1.000	1.000	0.945	0.691	0.341	0.116	0.169	0.733	0.997	1.000	1.000

## Warmwasser

Warmwasser pauschal (12,5KWh/m<sup>2</sup>a)

Energiebedarf für die Warmwasseraufbereitung Q<sub>w</sub> 2424 kWh/a

## Endenergiekosten / Wartungskosten

Energieträger	Bedarf	Energiekosten	Wartungskosten	Gesamtkosten
	kWh pro Jahr	Cent pro kWh	pro Jahr	€ pro Jahr
Strom incl. Hilfsenergie ohne Hausstrom	664	15.0 pro kWh	0,-€	100,-€
Erdgas	16194	55.0 pro m <sup>3</sup>	50,-€	941,-€
		Schornsteinfeger (Kehren, Einstellung überprüfen)	65,-€	65,-€
			=====	=====
		Summe:	115,-€	1105,-€

## Begrenzung der Leitungsverluste

Die Wärmeabgabe der Wärme- und Warmwasserverteilungsleitungen ist gem. § 12 Abs.5 i.V.m.Anhang 5 EnEV wie folgt zu begrenzen:

Zeile	Art der der Leitungen/Armaturen	Mindestdicke der Dämmschicht, bezogen auf eine Wärmeleitfähigkeit von 0,035 W/(m <sup>2</sup> .K)
1	Innendurchmesser bis 22 mm	20 mm
2	Innendurchmesser über 22 mm bis 35 mm	30 mm
3	Innendurchmesser über 34 mm bis 100 mm	gleich Innendurchmesser
4	Innendurchmesser über 100 mm	100 mm
5	Leitungen und Armaturen nach den Zeilen 1 bis 4 in Wand- und Deckendurchbrüchen, im Kreuzungsbereich von Leitungen, an Leitungsverbindungsstellen, bei zentralen Leitungsnetzverteilern	1/2 der Anforderungen der Zeilen 1 bis 4
6	Leitungen von Zentralheizungen nach den Zeilen 1 bis 4, die nach Inkrafttreten dieser Verordnung in Bauteilen zwischen beheizten Räumen verschiedener Nutzer verlegt werden.	1/2 der Anforderungen der Zeilen 1 bis 4
7	Leitungen nach Zeile 6 im Fußbodenaufbau	6 mm

# Anlagenbewertung nach DIN 4701 Teil 10

für ein Gebäude mit normalen Innentemperaturen

Bezeichnung des Gebäudes: Hausentwurf Diplomarbeit		
Ort:		Straße/Nr.:
Gemarkung:		Flurstücknummer:

## I. Eingaben

$$A_N = \boxed{193.9 \text{ m}^2}$$

$$t_{HP} = \boxed{185 \text{ Tage}}$$

**Trinkwasser-**

**Heizung**

**Lüftung**

**Erwärmung**

absoluter Bedarf

$$Q_{tw} = \boxed{2424.0 \text{ kWh/a}}$$

$$Q_h = \boxed{10988.8 \text{ kWh/a}}$$

bezogener Bedarf

$$q_{tw} = \boxed{12.50 \text{ kWh/m}^2\text{a}}$$

$$q_h = \boxed{56.67 \text{ kWh/m}^2\text{a}}$$

## II. Systembeschreibung

Details siehe Trinkwasser- Heizungs- und Lüftungsbeschreibung

## III. Ergebnisse

Deckung von  $Q_h$

$$q_{h,TW} = \boxed{3.83 \text{ kWh/m}^2\text{a}}$$

$$q_{h,H} = \boxed{52.84 \text{ kWh/m}^2\text{a}}$$

$$q_{h,L} = \boxed{0.00 \text{ kWh/m}^2\text{a}}$$

$\Sigma$  Wärme

$$Q_{TW,E} = \boxed{4772.2 \text{ kWh/a}}$$

$$Q_{H,E} = \boxed{11421.6 \text{ kWh/a}}$$

$$Q_{L,E} = \boxed{0.0 \text{ kWh/a}}$$

$\Sigma$  Hilfsenergie

$$\boxed{173.2 \text{ kWh/a}}$$

$$\boxed{491.2 \text{ kWh/a}}$$

$$\boxed{0.0 \text{ kWh/a}}$$

$\Sigma$ Primärenergie	$Q_{TW,P} =$	5717.0 kWh/a	$Q_{H,P} =$	13890.0 kWh/a	$Q_{L,P} =$	0.0 kWh/a
Endenergie	$Q_E =$	16194 kWh/a			$\Sigma$ Wärme	
		664 kWh/a			$\Sigma$ Hilfsenergie	
Primärenergie	$Q_P =$	19607 kWh/a			$\Sigma$ Primärenergie	
Anlagenaufwandzahl	$e_P =$	1.462				

**TRINKWASSERERWÄRMUNG nach DIN 4701 TEIL 10**

Bereich 1:	Anteil 100.0 %	Nutzfläche 193.9 m <sup>2</sup>
	<b>Wärmeverlust</b>	<b>Hilfsenergie</b>
		<b>Heizwärmegutschriften</b>

Verlust aus EnEV:  $q_{tw} = 12.50 \text{ kWh/m}^2\text{a}$

Übergabe:  $q_{TW,cc} = 0.00 \text{ kWh/m}^2\text{a}$      $q_{TW,cc,HE} = 0.00 \text{ kWh/m}^2\text{a}$      $q_{h,TW,cc} = 0.00 \text{ kWh/m}^2\text{a}$

Verteilung:  $q_{TW,d} = 8.33 \text{ kWh/m}^2\text{a}$      $q_{TW,d,HE} = 0.68 \text{ kWh/m}^2\text{a}$      $q_{h,TW,d} = 3.83 \text{ kWh/m}^2\text{a}$   
 Verteilungsart: gebäudezentrale Trinkwasseraufbereitung mit Zirkulation

Verteilung des Trinkwassers innerhalb thermischer Hülle

die Sticleitungen werden von einer gemeinsamen Installationswand in benachbarte Räume geführt

Speicherung:  $q_{TW,s} = 0.00 \text{ kWh/m}^2\text{a}$      $q_{TW,s,HE} = 0.00 \text{ kWh/m}^2\text{a}$      $q_{h,TW,s} = 0.00 \text{ kWh/m}^2\text{a}$   
 Speicherart: keine Trinkwasser Speicherung

Wärmeerzeuger:  $\Sigma = 20.83 \text{ kWh/m}^2\text{a}$      $q_{TW,g,HE} = 0.21 \text{ kWh/m}^2\text{a}$   
 Wärmeerzeugerart: Niedertemperaturkessel

Energieträgerart: Erdgas H

Deckungsanteil  $\alpha_{TW,g} : 100.0 \%$

Aufwandzahl Erzeuger  $e_{TW,g} : 1.181$

Endenergie Erzeuger  $q_{TW,E} : 24.61 \text{ kWh/m}^2\text{a}$

Primärenergiefaktor Erzeuger  $f_{p,i} : 1.10$

Primärenergie Erzeuger  $q_{TW,P} : 27.07 \text{ kWh/m}^2\text{a}$

Hilfsenergie:  $\Sigma q_{TW,HE,E} = 0.89 \text{ kWh/m}^2\text{a}$

Primärenergiefaktor Hilfsenergie  $f_{p,H} : 2.70$

Primärenergie Hilfsenergie  $q_{TW,HE,P} : 2.41 \text{ kWh/m}^2\text{a}$

**Endergebnis** Heizwärmegutschrift pro m<sup>2</sup>:  $q_{h,TW} = 3.83 \text{ kWh/m}^2\text{a}$

Wärmeendenergie pro m <sup>2</sup>	$q_{TW,E} :$	24.61 kWh/m <sup>2</sup> a
Hilfsendenergie pro m <sup>2</sup>	$q_{TW,HE,E} :$	0.89 kWh/m <sup>2</sup> a
Primärenergie pro m <sup>2</sup>	$q_{TW,P} :$	29.48 kWh/m <sup>2</sup> a

Wärmeendenergie	$Q_{TW,E} :$	4772.2 kWh/a
Hilfsendenergie	$Q_{TW,HE,E} :$	173.2 kWh/a
Primärenergie	$Q_{TW,P} :$	5717.0 kWh/a

**HEIZUNG nach DIN 4701 TEIL 10**

Bereich 1:	Anteil 100.0 %	Nutzfläche 193.9 m <sup>2</sup>
<b>Wärmeverlust</b>		<b>Hilfsenergie</b>

Heizwärmebedarf	$q_h =$	56.67 kWh/m <sup>2</sup> a	
Heizwärmegutschriften	$q_{h,TW} =$	3.83 kWh/m <sup>2</sup> a	vom Trinkwasser
Heizwärmegutschriften	$q_{h,L} =$	0.00 kWh/m <sup>2</sup> a	durch die Lüftungsanlage

Übergabe:	$q_{c,e} =$	1.10 kWh/m <sup>2</sup> a	$q_{cc,HE} =$	0.00 kWh/m <sup>2</sup> a
Übergabeart:	Wasserheizung: integrierte Heizflächen, Einzelraumregelung mit Zweipunktregler Schaltdiff. 1° K			

Übergabe erfolgt ohne zusätzliche Luftumwälzung z.B. durch einen Ventilator

Verteilung:	$q_d =$	0.60 kWh/m <sup>2</sup> a	$q_{d,HE} =$	1.94 kWh/m <sup>2</sup> a
Verteilungsart:	Heizkreistemperatur 35/28° C			

die horizontale Verteilung der Wärme erfolgt innerhalb der thermischen Hülle

Verteilungsstränge (vertikal) befinden sich innerhalb der thermischen Hülle

für die Verteilung der Heizungswärme wird eine geregelte Pumpe eingesetzt

Speicherung:	$q_s =$	0.00 kWh/m <sup>2</sup> a	$q_{s,HE} =$	0.00 kWh/m <sup>2</sup> a
Speicherart:	keine Speicherung			

Wärmeerzeuger:	$\Sigma =$	54.54 kWh/m <sup>2</sup> a	$q_{g,HE} =$	0.59 kWh/m <sup>2</sup> a
Wärmeerzeugerart:	Niedertemperaturkessel"verbessert" (BDH-Produktkennwerte)			

Energieträgerart: Erdgas H

Deckungsanteil	$\alpha_{H,g} :$	100.0	%
Aufwandzahl Erzeuger	$e_g :$	1.080	
Endenergie Erzeuger	$q_E :$	58.90	kWh/m <sup>2</sup> a
Primärenergiefaktor Erzeuger	$f_p :$	1.10	
Primärenergie Erzeuger	$q_P :$	64.79	kWh/m <sup>2</sup> a

Wärmeerzeuger, der raumluftunabhängig betrieben werden kann, befindet sich innerhalb der thermischen Hülle

Hilfsenergie:	$\Sigma q_{HE,E} =$	2.53 kWh/m <sup>2</sup> a
Primärenergiefaktor Hilfsenergie	$f_{p,H} :$	2.70
Primärenergie Hilfsenergie	$q_{HE,P} :$	6.84 kWh/m <sup>2</sup> a

**Endergebnis**

Wärmeendenergie pro m <sup>2</sup>	q <sub>H,E</sub> :	58.90 kWh/m <sup>2</sup> a
Hilfsendenergie pro m <sup>2</sup>	q <sub>H,HE,E</sub> :	2.53 kWh/m <sup>2</sup> a
Primärenergie pro m <sup>2</sup>	q <sub>H,HE,P</sub> :	71.63 kWh/m <sup>2</sup> a
Wärmeendenergie	Q <sub>H,E</sub> :	11421.6 kWh/a
Hilfsendenergie	Q <sub>H,E</sub> :	491.2 kWh/a
Primärenergie	Q <sub>H,P</sub> :	13890.0 kWh/a

**Bauteilverwendung**

**Bauteile der Bauteilart: Wand**

Bauteil/Einsatzart		U-Wert	Fläche
normale Außenwand beheizter Räume			
Faktor = 1.00 R <sub>Si</sub> = 0.13 R <sub>Se</sub> = 0.04 R = 4.90			
Strahlungsabsorptionsgrad α = 0.50 heller Anstrich (öffentlich rechtlich) Emissionsgrad ε = 0.80			
Richt. = -90° Westen Neig = 90° senkrecht			
Außenwand	<b>Bez.: AwWest</b>	0.20 W/m <sup>2</sup> K	47.82 m <sup>2</sup>
8,74*3,95+4,36*3,05			
FLACHGLAS AG			
THERMOPLUS S 16/Argon Be.2/3		1.20 W/m <sup>2</sup> K	-6.04 m <sup>2</sup>
H x B : 2.88 m x 0.64 m 1 Stück	1.84 m <sup>2</sup>		
H x B : 1.51 m x 1.39 m 2 Stück	4.20 m <sup>2</sup>		
Glas : U-Wert = 1.10 W/m <sup>2</sup> K g-Wert = 46 %			
Rahmen : Rahmenanteil = 24.8 % Scheibenzahl = 2			
Randverbund = -0.1 W/m <sup>2</sup> K wärmetechnisch verbesserter Randverbund des Glases (Anhang C)			
U-Rahmen = 1.10 W/m <sup>2</sup> K ==> U-Fenster = 1.20 W/m <sup>2</sup> K (nach DIN 4108-4 2002-2)			
Verschattung: F <sub>S</sub> =0.900 F <sub>F</sub> =0.752 F <sub>C</sub> =1.000			
			41.78 m <sup>2</sup>

normale Außenwand beheizter Räume

Faktor = 1.00  $R_{Si} = 0.13$   $R_{Se} = 0.04$   $R = 4.90$

Strahlungsabsorptionsgrad  $\alpha = 0.50$  heller Anstrich (öffentlich rechtlich) Emissionsgrad  $\epsilon = 0.80$

Richt. =  $0^\circ$  Norden Neig =  $90^\circ$  senkrecht

Außenwand	<b>Bez.: AwNord</b>	0.20 W/m <sup>2</sup> K	44.40 m <sup>2</sup>
11,24*3,95			

FLACHGLAS AG

THERMOPLUS S 16/Argon Be.2/3	1.20 W/m <sup>2</sup> K	-6.29 m <sup>2</sup>
------------------------------	-------------------------	----------------------

H x B : 2.23 m x 1.14 m 1 Stück 2.54 m<sup>2</sup>

H x B : 1.51 m x 0.76 m 1 Stück 1.15 m<sup>2</sup>

H x B : 1.51 m x 1.01 m 1 Stück 1.53 m<sup>2</sup>

H x B : 0.90 m x 0.60 m 2 Stück 1.08 m<sup>2</sup>

Glas : U-Wert = 1.10 W/m<sup>2</sup>K g-Wert = 46 %

Rahmen : Rahmenanteil = 27.8 % Scheibenzahl = 2

Randverbund = -0.1 W/m<sup>2</sup>K wärmetechnisch verbesserter Randverbund des Glases (Anhang C)

U-Rahmen = 1.20 W/m<sup>2</sup>K ==> U-Fenster = 1.20 W/m<sup>2</sup>K (nach DIN 4108-4 2002-2)

Verschattung:  $F_S=0.900$   $F_F=0.722$   $F_C=1.000$

38.10 m <sup>2</sup>
----------------------

normale Außenwand beheizter Räume

Faktor = 1.00  $R_{Si} = 0.13$   $R_{Se} = 0.04$   $R = 4.90$

Strahlungsabsorptionsgrad  $\alpha = 0.50$  heller Anstrich (öffentlich rechtlich) Emissionsgrad  $\epsilon = 0.80$

Richt. =  $90^\circ$  Osten Neig =  $90^\circ$  senkrecht

Außenwand	<b>Bez.: AwOst</b>	0.20 W/m <sup>2</sup> K	47.82 m <sup>2</sup>
8,74*3,95			
4,36*3,05			

FLACHGLAS AG

THERMOPLUS S 16/Argon Be.2/3		1.20 W/m <sup>2</sup> K	-10.31 m <sup>2</sup>
H x B : 2.38 m x 1.01 m 1 Stück	2.40 m <sup>2</sup>		
H x B : 1.51 m x 1.01 m 1 Stück	1.53 m <sup>2</sup>		
H x B : 1.51 m x 1.64 m 1 Stück	2.48 m <sup>2</sup>		
H x B : 2.38 m x 1.64 m 1 Stück	3.90 m <sup>2</sup>		

Glas : U-Wert = 1.10 W/m<sup>2</sup>K g-Wert = 46 %

Rahmen : Rahmenanteil = 20.4 % Scheibenzahl = 2

Randverbund = -0.1 W/m<sup>2</sup>K wärmetechnisch verbesserter Randverbund des Glases (Anhang C)

U-Rahmen = 1.20 W/m<sup>2</sup>K ==> U-Fenster = 1.20 W/m<sup>2</sup>K (nach DIN 4108-4 2002-2)

Verschattung:  $F_S = 0.900$   $F_F = 0.796$   $F_C = 1.000$

37.51 m <sup>2</sup>
----------------------

normale Außenwand beheizter Räume

Faktor = 1.00  $R_{Si} = 0.13$   $R_{Se} = 0.04$   $R = 4.90$

Strahlungsabsorptionsgrad  $\alpha = 0.50$  heller Anstrich (öffentlich rechtlich) Emissionsgrad  $\epsilon = 0.80$

Richt. =  $180^\circ$  Süden Neig =  $90^\circ$  senkrecht

Außenwand **Bez.: AwSüd** 0.20 W/m<sup>2</sup>K 48.97 m<sup>2</sup>  
 9,74\*3,95+1,5\*7

FLACHGLAS AG

THERMOPLUS S 16/Argon Be.2/3 1.20 W/m<sup>2</sup>K -4.93 m<sup>2</sup>

H x B : 1.39 m x 1.76 m 1 Stück 2.45 m<sup>2</sup>

H x B : 1.39 m x 1.01 m 1 Stück 1.40 m<sup>2</sup>

H x B : 0.60 m x 0.90 m 2 Stück 1.08 m<sup>2</sup>

Glas : U-Wert = 1.10 W/m<sup>2</sup>K g-Wert = 46 %

Rahmen : Rahmenanteil = 27.1 % Scheibenzahl = 2

Randverbund = -0.1 W/m<sup>2</sup>K wärmetechnisch verbesserter Randverbund des Glases (Anhang C)

U-Rahmen = 1.20 W/m<sup>2</sup>K ==> U-Fenster = 1.20 W/m<sup>2</sup>K (nach DIN 4108-4 2002-2)

Verschattung:  $F_s=0.900$   $F_r=0.729$   $F_c=1.000$

44.04 m <sup>2</sup>
----------------------

**Bauteile der Bauteilart: Decke zum Dachge., Dach**

Bauteil/Einsatzart	U-Wert	Fläche
--------------------	--------	--------

Dach/Decke gegen Außenluft

Faktor = 1.00  $R_{Si} = 0.10$   $R_{Se} = 0.04$   $R = 4.18$

Strahlungsabsorptionsgrad  $\alpha = 0.50$  ziegelrot (öffentlich rechtlich) Emissionsgrad  $\epsilon = 0.80$

Richt. =  $0^\circ$  Norden Neig =  $43^\circ$

Dach **Bez.: DaNord** 0.23 W/m<sup>2</sup>K 68.37 m<sup>2</sup>

10.00 m \* 10.00 m / cos (43.00°) / 2

Flächenanteil des Feldbereiches 90.00 %

90

68.37 m <sup>2</sup>
----------------------

Dach/Decke gegen Außenluft

Faktor = 1.00  $R_{Si} = 0.10$   $R_{Se} = 0.04$   $R = 4.18$

Strahlungsabsorptionsgrad  $\alpha = 0.50$  ziegelrot (öffentlich rechtlich) Emissionsgrad  $\epsilon = 0.80$

Richt. =  $180^\circ$  Süden Neig =  $43^\circ$

Dach **Bez.: DaSüd** 0.23 W/m<sup>2</sup>K 68.37 m<sup>2</sup>

$10.00 \text{ m} * 10.00 \text{ m} / \cos(43.00^\circ) / 2$

Flächenanteil des Feldbereiches 90.00 %

90

68.37 m <sup>2</sup>
----------------------

### Bauteile der Bauteilart: Grundfläche, Kellerdecke

Bauteil/Einsatzart	U-Wert	Fläche
--------------------	--------	--------

gedämmte Fußböden beheizter Aufenthaltsr. gegen Erdreich

Faktor = 0.50 keine Randdämmung  $B'=0.0 \text{ m}$   $R_{Si} = 0.17$   $R_{Se} = 0.00$   $R = 1.59$

Richt. =  $0^\circ$  ---- Neig =  $0^\circ$  waagrecht

Boden auf Erdreich **Bez.: Grundfläche** 0.57 W/m<sup>2</sup>K 100.00 m<sup>2</sup>

Breite 10.00 \* Länge 10.00

100.00 m <sup>2</sup>
-----------------------

### Volumenberechnung des Gebäudes

Geschosse: Breite 10.00 \* Länge 10.00 \* (1 \* Geschosshöhe 2.65) = 265.0 m<sup>3</sup>

Dach: = 0.0 m<sup>3</sup>

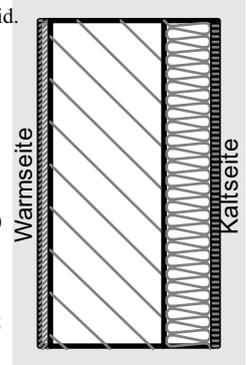
Länge 10.00 m \* Breite 10.00 \*(Drempel 1.08 + Höhe 4.66 / 2) = 341.0 m<sup>3</sup>

606.0 m <sup>3</sup>
----------------------

### Schichtaufbau der verwendeten Bauteile

Außenwand	161,44 m <sup>2</sup>	U-Wert = 0,197 W/m <sup>2</sup> K
-----------	-----------------------	-----------------------------------

Material	Dichte [kg/m <sup>3</sup> ]	Dicke s [mm]	λ [W/mK]	R [m <sup>2</sup> K/W]	Diff. - Wid.
Luftübergang Warmseite R <sub>Si</sub> 0.13					
1 Kalkgipsputz	D 1400.0	20.00	0.700	0.029	10
2 Porosiertes Ziegelmauerwerk	628.0	240.00	0.120	2.000	5 / 10
3 Polystyrolhartschaum 035	0.0	100.00	0.035	2.857	35
4 Kalkzementputz	D 1800.0	10.00	0.870	0.011	15 / 35
Luftübergang Kaltseite R <sub>Se</sub> 0.04					



Bauteildicke = 370.00 mm

Flächengewicht = 196.7 kg/m<sup>2</sup>

R = 4.90 m<sup>2</sup>K/W

Überprüfung des Mindestwärmeschutzes nach DIN 4108-2:2003-7 Tabelle 3, normale Bauteile (>=100kg/m<sup>2</sup>):

Einsatzart : normale Außenwand beheizter Räume

zur Berechnung herangezogenes Flächengewicht : 196.7 kg/m<sup>2</sup>

R an der ungünstigsten Stelle : 4.897 m<sup>2</sup>K/W

Grenzwert (Mindestwert) für R : 1.200 m<sup>2</sup>K/W

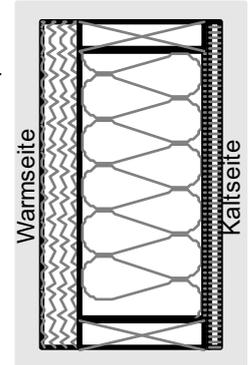
ACHTUNG! Dichteangaben im Schichtaufbau sind unvollständig,

die Anforderungen sind nach DIN 4108-2:2003-7 erfüllt

Dach	136.73 m <sup>2</sup>	U-Wert = 0.231 W/m <sup>2</sup> K
------	-----------------------	-----------------------------------

Das Bauteil besitzt 2 Schichtbereiche

Material	Dichte [kg/m <sup>3</sup> ]	Dicke s [mm]	$\lambda$ [W/mK]	R [m <sup>2</sup> K/W]	Diff. - Wid.	
Aufbau des Feldbereichs	90.0 %					
Luftübergang Warmseite $R_{si}$ 0.10						
F1 Fichte,Kiefer,Tanne	D	600.0	50.00	0.130	0.385	40
F2 PE-Folie $m_y*s=50m$	D	1100.0	0.20	0.300	0.001	250000
F3 Mineralwolle 035	D	50.0	160.00	0.035	4.571	1
F4 Dachabdichtung		0.0	8.00	0.170	0.047	50000
F5 Gipskarton DIN 18180	D	900.0	12.50	0.210	0.060	8
Luftübergang Kaltseite $R_{se}$ 0.04						
Aufbau des Balkenbereichs	10.0 %					
Luftübergang Warmseite $R_{si}$ 0.10						
B1 Fichte,Kiefer,Tanne	D	600.0	50.00	0.130	0.385	40
B2 PE-Folie $m_y*s=50m$	D	1100.0	0.20	0.300	0.001	250000
B3 Holz (Fichte,Kiefer,Tanne)	D	600.0	160.00	0.130	1.231	40
B4 Dachabdichtung		0.0	8.00	0.170	0.047	50000
B5 Gipskarton DIN 18180	D	900.0	12.50	0.210	0.060	8
Luftübergang Kaltseite $R_{se}$ 0.04						



### U-Wert-Berechnung inhomogener Bauteile nach DIN EN ISO 6946

Bauteildicke	Feldanteil	Flächengewicht	U-Wert	$R_T$	$R_T'$	$R_T''$
230.70 mm	90.0 %	58.3 kg/m <sup>2</sup>	0.231 W/m <sup>2</sup> K	4.32 m <sup>2</sup> K/W	4.41 m <sup>2</sup> K/W	4.23 m <sup>2</sup> K/W

Überprüfung des Mindestwärmeschutzes nach DIN 4108-2:2003-7 leichte Bauteile (<100kg/m<sup>2</sup>):

der Wärmedurchlasswiderstand des Feldbereichs und der mittlere Wärmedurchlasswiderstand wurden überprüft

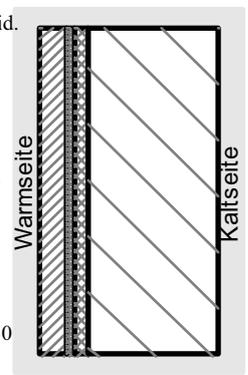
zur Berechnung herangezogenes Flächengewicht	: 58.3	kg/m <sup>2</sup>
R an der ungünstigsten Stelle	: 5.063	m <sup>2</sup> K/W (Feldbereich)
Grenzwert (Mindestwert) für R	: 1.750	m <sup>2</sup> K/W
R gesamte Bauteil (Mittelwert)	: 4.180	m <sup>2</sup> K/W
Grenzwert (Mindestwert) für das Gesamtbaueteil	: 1.000	m <sup>2</sup> K/W

ACHTUNG! Dichteangaben im Schichtaufbau sind unvollständig,

die Anforderungen sind nach DIN 4108-2:2003-7 erfüllt

Boden auf Erdreich	100.00 m <sup>2</sup>	U-Wert = 0.567 W/m <sup>2</sup> K
--------------------	-----------------------	-----------------------------------

Material	Dichte [kg/m <sup>3</sup> ]	Dicke s [mm]	λ [W/mK]	R [m <sup>2</sup> K/W]	Diff. - Wid.
Luftübergang Warmseite R <sub>si</sub> 0.17					
1 Zement-Estrich	D 2000.0	65.00	1.400	0.046	15 / 35
2 Polystyrolhartschaum 035	D 0.0	20.00	0.035	0.571	35
3 Polystyrolhartschaum 035	D 0.0	30.00	0.035	0.857	35
4 Beton armiert (mit 2% Stahl)	D 2400.0	300.00	2.500	0.120	80 / 130
Luftübergang Kaltseite R <sub>se</sub> 0.00					



Bauteildicke = 415.00 mm                      Flächengewicht = 850.0 kg/m<sup>2</sup>                      R = 1.59 m<sup>2</sup>K/W

Überprüfung des Mindestwärmeschutzes nach DIN 4108-2:2003-7 Tabelle 3, normale Bauteile (>=100kg/m<sup>2</sup>):

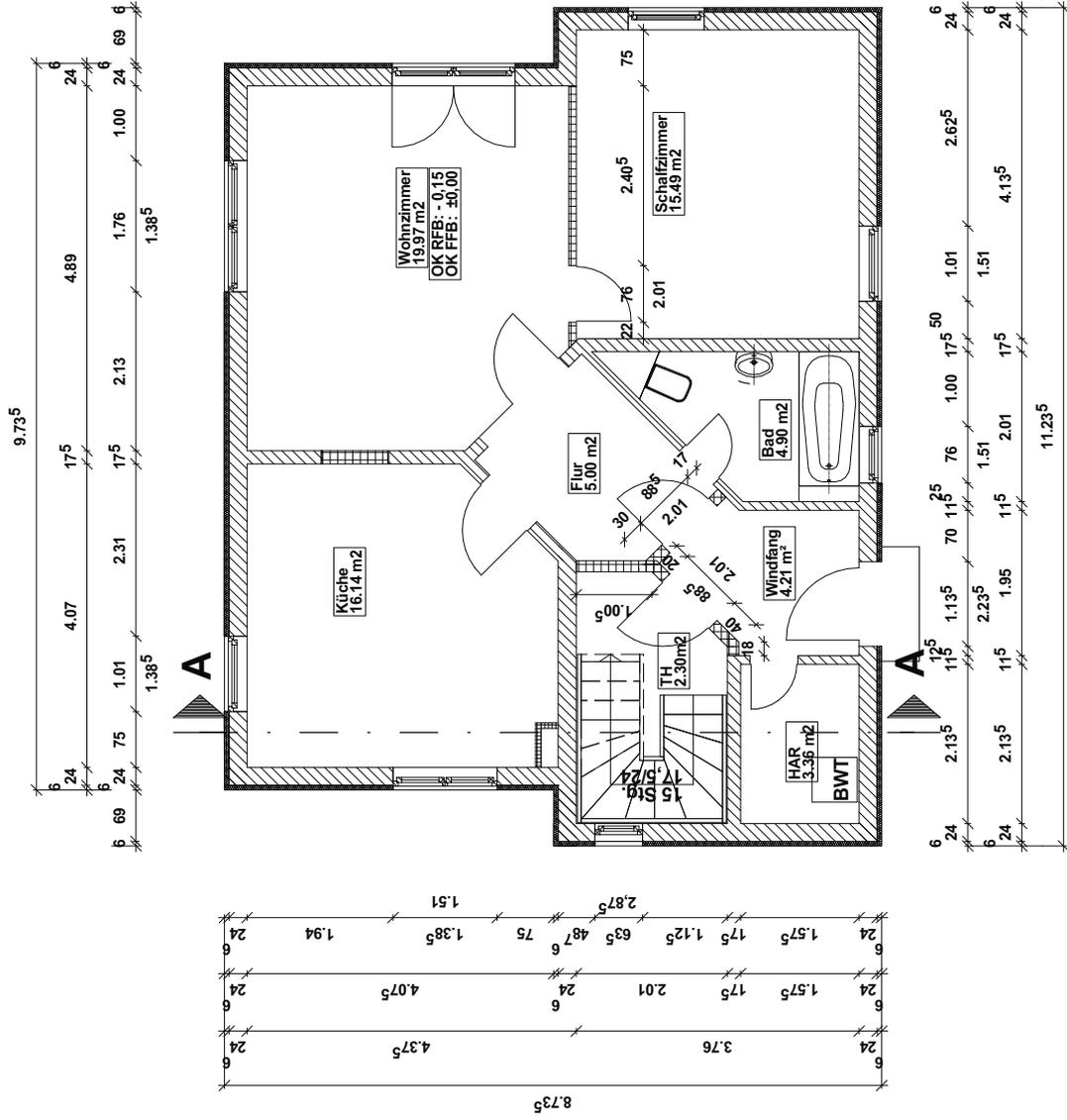
Einsatzart : gedämmte Fußböden beheizter Aufenthaltsr. gegen Erdreich

zur Berechnung herangezogenes Flächengewicht	: 850.0	kg/m <sup>2</sup>
R an der ungünstigsten Stelle	: 1.595	m <sup>2</sup> K/W
Grenzwert (Mindestwert) für R	: 0.900	m <sup>2</sup> K/W

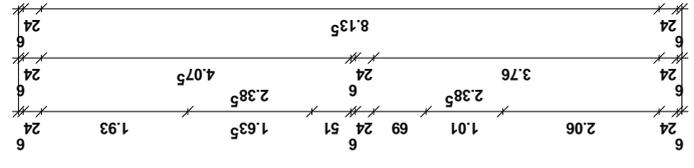
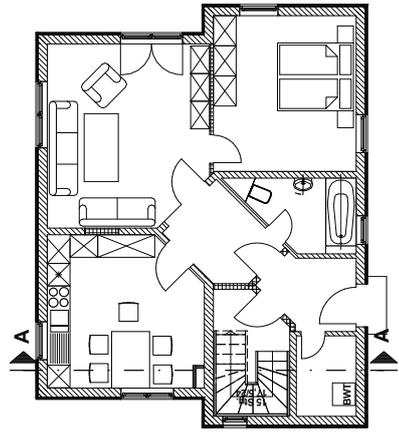
die Anforderungen sind nach DIN 4108-2:2003-7 erfüllt



### Grundriss\_Ausbauvariante



### Einrichtungsvorschlag Ausbauvariante



MATERIALAUSWAHLTABELLE	
MATERIAL	MATERIAL
	Mauerwerk
	Trockenbau Bauteile: Trockenbau
	Holz
	Dämmstoff Bauteile: Dämmstoff
	Stahlbeton
	Beton
	Leinholzbinder
	Stahl

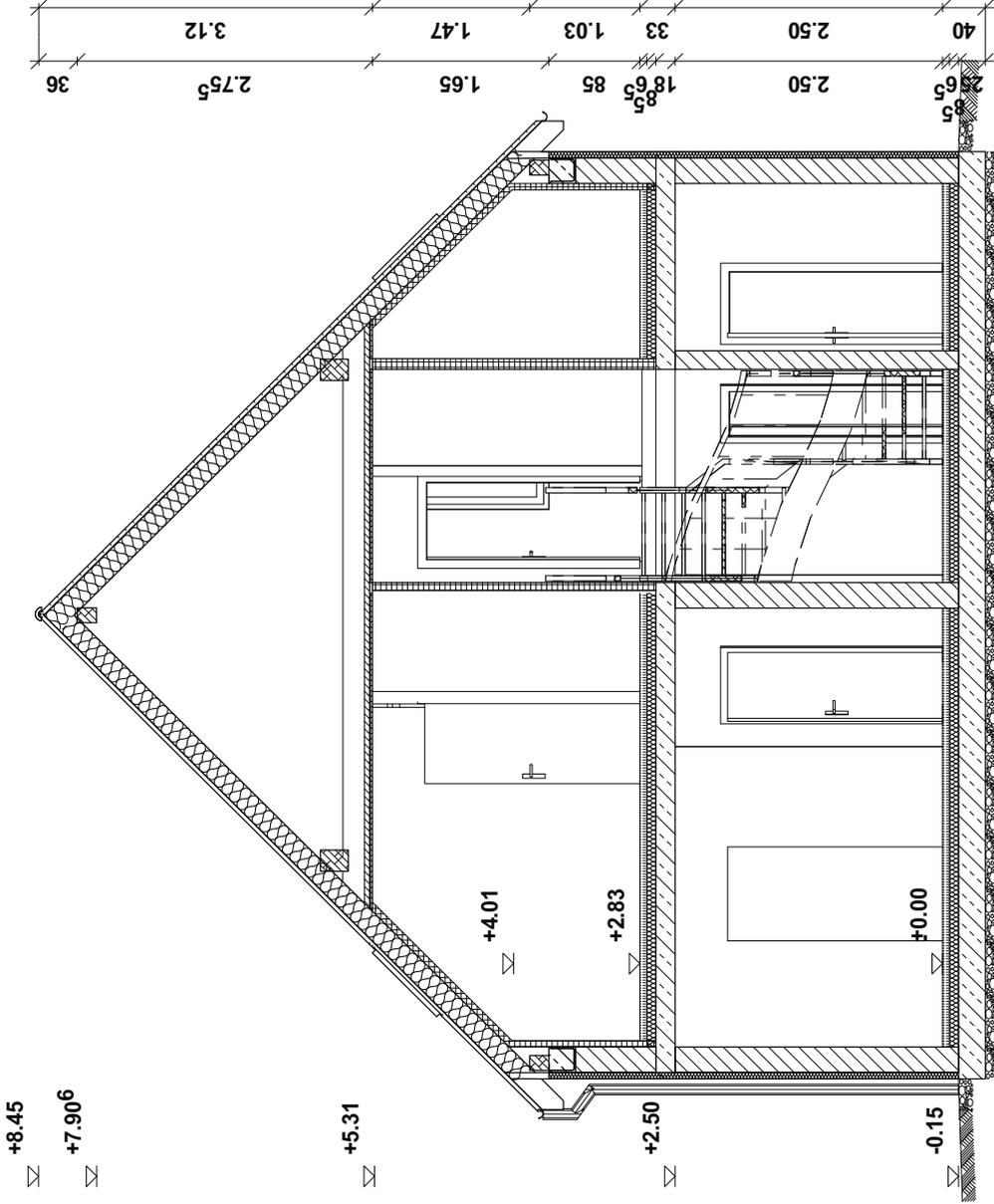
Projekt: Hausentwurf im Rahmen der Diplomarbeit	
Gesprochen: Herrmann	Baujahr: 1 : 100
Gezeichnet: Herrmann	Grundriss Erdgeschoss
Geprüft: Krcun	Umbauvariante
Datum: 03.09.08	Skala: 1 : 50
Bearbeitung:	Blatt: 135

Malk Herrmann  
 Goethestraße 2b  
 07987 Mohlsdorf  
 4050428  
 BI 05



# Schnitt A - A



MATERIALAUSWAHLTABELLE	
MATERIAL	MATERIAL
Mauerwerk	Trockenbau GALV. STB Verbundstrukturanleitung
Holz	Dämmstoff Mineralfeste Wdg. 0,05
Stahlbeton	Beton
Leimholzbinder	Stahl

Projekt : **Hausentwurf im Rahmen der Diplomarbeit**

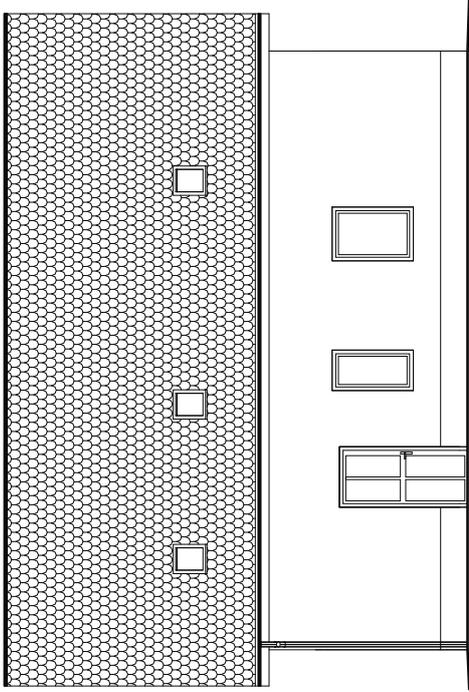
Gezeichnet: Herrmann	BauTeil: Schnitt A-A	Maßstab: 1 : 50
Bearbeitet: Herrmann		Seite: 137
Geprüft: Kron		
Datum: 03.09.08		

Bearbeitung :  
**Maik Herrmann**  
 Goethestraße 2b  
 07987 Mohlsdorf  
 4050428  
 B105

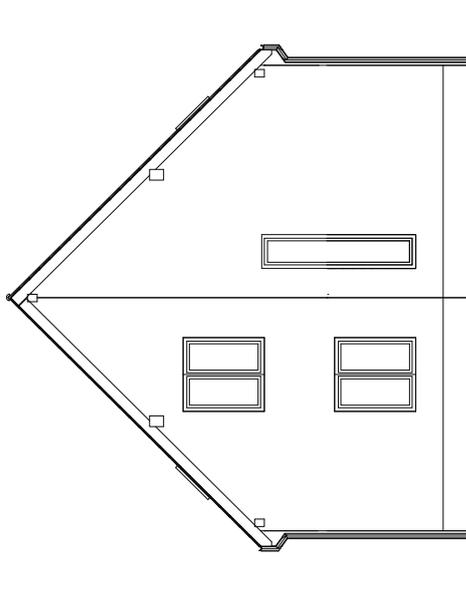
**Fußbodenaufbau EG**  
 Bodenplatte, 30 cm  
 Abdichtung  
 Trennfolie, PE, 0,2 mm  
 Dämmung, EPS 040 DEO, 50 mm  
 Trittschall, EPS 040 DES, sm 32/30 mm  
 Trennfolie, PE, 0,2 mm  
 Zementestrich HE 20, 65 mm  
 Belag, 10 mm  
 (bei Fliesenbelag im Bad, Abdichtung)

**Fußbodenaufbau OG**  
 Geschossdecke, 18 cm  
 Trennfolie, PE, 0,2 mm  
 Dämmung, EPS 040 DEO, 50 mm  
 Trittschall, EPS 040 DES, sm 32/30 mm  
 Trennfolie, PE, 0,2 mm  
 Zementestrich HE 20, 65 mm  
 Belag, 10 mm  
 (bei Fliesenbelag im Bad, Abdichtung)

### Ansicht Hauseingang



### Ansicht Giebel links



Projekt :

**Hausentwurf im Rahmen der Diplomarbeit**

Gezeichnet: Herrmann  
Bearbeitet: Herrmann  
Geprüft: Kron  
Datum: 03.09.08

BauTeil :

-Ansicht Hauseingang  
-Giebel links

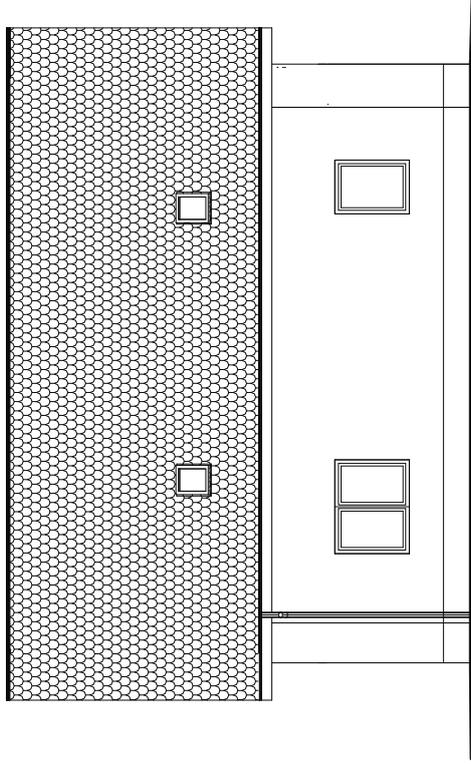
Maßstab:  
1 : 100

Seite:  
138

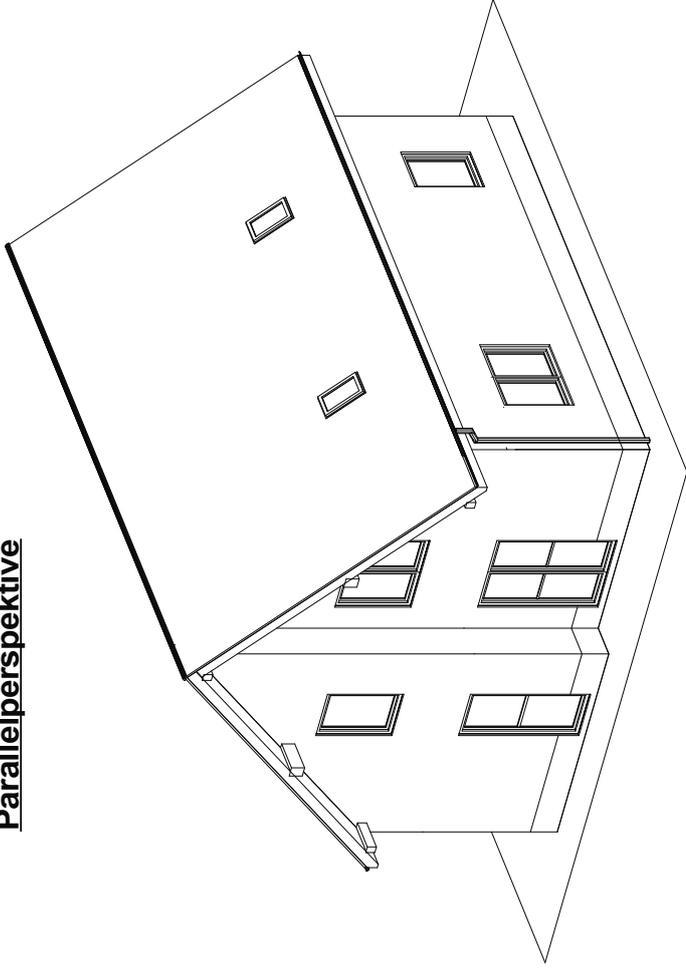
Bearbeitung :

**Maik Herrmann**  
**Goethestraße 2b**  
**07987 Mohlsdorf**  
**4050428**  
**BI 05**

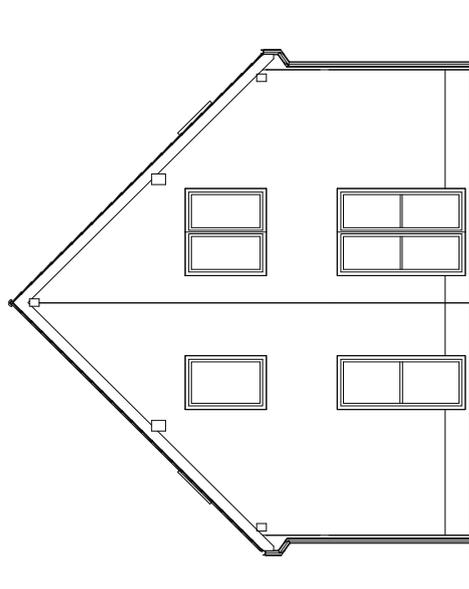
**Ansicht Rückseite**



**Parallelperspektive**



**Ansicht Giebel rechts**



Projekt :

**Hausentwurf im Rahmen der Diplomarbeit**

Gezeichnet: Herrmann  
Bearbeitet: Herrmann  
Geprüft: Kron  
Datum: 03.09.08

Bauzeit :

-Ansicht Rückseite  
-Giebel rechts  
-Parallelperspektive

Maßstab:  
1 : 100

Seite:  
139

Bearbeitung :

**Maik Herrmann**  
Goethestraße 2b  
07987 Mohlsdorf  
4050428  
BI 05