



Bundesministerium
für Verkehr,
Innovation und Technologie



ENERGIE DER ZUKUNFT

Handbuch für Einfamilien-Passivhäuser in Massivbauweise

erstellt im Rahmen des Forschungsvorhabens:

„Das Passivhaus vom Baumeister -
abgesicherte Planungsunterlagen -
Handbuch und Seminare“

Antragsteller:
Bundesinnung Bau

Auftragnehmer:
Schöberl & Pöll OEG, 17&4, MA39, BM Dinhobl, BM Buder & Trözmüller

Autoren:
BM DI Helmut Schöberl
DI Christoph Lang
DI Johannes Fechner
DI Dr. Christian Pöhn

Wien, 30. März 2009

Haftungsausschluss:

Die Inhalte des Handbuches wurden nach bestem Wissen und Gewissen erstellt, es kann jedoch seitens der Verfasser keine Haftung für die Richtigkeit der Angaben übernommen werden.

Geschlechtsneutrale Formulierung:

Es sei darauf hingewiesen, dass der Inhalt dieses Handbuches geschlechtsneutral zu verstehen ist. Sollten einzelne Begriffe in männlicher oder weiblicher Form auftreten, so sind darunter selbstverständlich beide Geschlechter zu verstehen.

Inhaltsverzeichnis

| | | |
|-------|--------------------------------------------------------------------------|----|
| 1 | Einleitung | 1 |
| 2 | Was ist ein Passivhaus? | 6 |
| 2.1 | Definition eines Passivhauses | 6 |
| 2.2 | Was ist die Besonderheit am Passivhaus? | 7 |
| 2.3 | Wie wird die Passivhaus-Idee umgesetzt? | 7 |
| 2.4 | Wie wird diese hohe, erforderliche thermische Qualität erreicht? | 8 |
| 2.5 | Was sind die Argumente für die Passivhausbauweise? | 9 |
| 2.6 | Zusammenfassende Prüfungsfragen | 9 |
| 3 | Maßgebliche Regelwerke | 10 |
| 3.1 | Normen | 10 |
| 3.2 | Bauordnungen/Bautechnikverordnungen/OIB-Richtlinien | 12 |
| 3.3 | Wohnbauförderungen | 12 |
| 3.4 | Sonstige für das Passivhaus relevante Literatur | 13 |
| 3.4.1 | Handbuch zum Passivhaus Projektierungs Paket – PHPP | 13 |
| 3.4.2 | Protokollbände der Arbeitskreissitzungen des Passivhaus Institutes | 13 |
| 3.4.3 | Allgemeine Handbücher des Passivhaus Institutes | 15 |
| 3.4.4 | Diverse Passivhausliteratur | 15 |
| 3.4.5 | klima:aktiv-Kriterienkatalog | 16 |
| 3.5 | Zusammenfassende Prüfungsfragen | 27 |
| 4 | Wie wird ein Passivhaus berechnet bzw. nachgewiesen? | 28 |
| 4.1 | Neue ÖNORM „Passivhaus – zuluffbeheizbare Niedrigstenergiehäuser“ | 28 |
| 4.2 | PHPP „Passivhaus Projektierungs Paket“ | 28 |
| 4.2.1 | Allgemeines | 28 |
| 4.2.2 | Nachweisblätter des PHPP2007 | 29 |
| 4.2.3 | PHVP - „Passivhaus Vor-Projektierungs Paket“ | 30 |
| 4.2.4 | Zertifizierung von Gebäuden und Planern | 30 |
| 4.3 | Energieausweis | 35 |
| 4.4 | PH-Excel-Schätz-Tool der MA 39 | 35 |
| 4.5 | Zusammenfassende Prüfungsfragen | 45 |
| 5 | Typischer Schadensfall bei einem Einfamilien-Passivhaus | 46 |
| 5.1 | Beschreibung des Schadens | 46 |
| 5.2 | Schlussfolgerungen und Sanierungsmöglichkeiten | 47 |
| 5.3 | Zusammenfassende Prüfungsfragen | 47 |
| 6 | Entwurfgrundlagen | 48 |
| 6.1 | Einfluss der Kompaktheit | 48 |
| 6.2 | Einfluss der Orientierung | 53 |
| 6.3 | Größe der Fensterflächen | 54 |
| 6.4 | Brandschutz beim Einfamilien-Passivhaus | 55 |
| 6.5 | Beispielhafte tabellarische Darstellung üblicher Dämmdicken | 57 |
| 6.6 | Sommertauglichkeit | 58 |
| 6.7 | Haustechnik | 65 |
| 6.7.1 | Bauliche Auswirkungen | 65 |
| 6.7.2 | Kontrollierte Wohnraumlüftung | 66 |
| 6.7.3 | Wärmeerzeugung und -bereitstellung | 70 |
| 6.7.4 | Wärmeabgabe | 78 |
| 6.7.5 | Photovoltaik | 79 |
| 6.7.6 | Hygiene | 80 |
| 6.8 | Zusammenfassende Prüfungsfragen | 83 |

| | | |
|-------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 7 | Beispielhafte Punkte, die bei Planung, Nachweisführung, Ausschreibung und Ausführung besonders zu beachten sind..... | 84 |
| 7.1 | Tipps zur PHPP-Berechnung..... | 84 |
| 7.1.1 | Allgemeine Hinweise..... | 84 |
| 7.1.2 | Blatt „Flächen“..... | 85 |
| 7.1.3 | Blatt „Erdreich“..... | 85 |
| 7.1.4 | Blatt „FenTyp“..... | 86 |
| 7.1.5 | Blatt „Verschattung“..... | 86 |
| 7.1.6 | Blatt „Lüftung“..... | 86 |
| 7.2 | Sicherheitszuschläge bei der Planung..... | 88 |
| 7.3 | Schallentwicklung bei Passivhaus-Kompaktgeräten..... | 88 |
| 7.4 | Luftdichtheit, Winddichtheit..... | 89 |
| 7.4.1 | Luftdichtheit..... | 89 |
| 7.4.2 | Winddichtheit..... | 97 |
| 7.5 | Richtiger Einbau von Passivhaus-Fenstern..... | 98 |
| 7.6 | Kamine im Passivhaus..... | 103 |
| 7.6.1 | Notkamine..... | 103 |
| 7.6.2 | Kamine..... | 103 |
| 7.7 | Minimierung der Wärmeverluste des Heizungs- und Warmwasserverteilnetzes..... | 108 |
| 7.8 | Zusammenfassende Prüfungsfragen..... | 111 |
| 8 | Aufbauten und Details..... | 112 |
| 8.1 | Hinweise und Anwendungsgrenzen..... | 112 |
| 8.2 | Aufbauten..... | 114 |
| 8.2.1 | Bodenplatten..... | 114 |
| 8.2.2 | Kellerwände..... | 125 |
| 8.2.3 | Außenwand..... | 130 |
| 8.2.4 | Decke über Außenluft..... | 132 |
| 8.2.5 | Kellerdecke..... | 134 |
| 8.2.6 | Steildächer..... | 137 |
| 8.2.7 | Flachdächer..... | 141 |
| 8.3 | Detaillknoten..... | 153 |
| 8.3.1 | Bodenplatte - Außenwand..... | 153 |
| 8.3.2 | Kellerdecke - Außenwand..... | 162 |
| 8.3.3 | Steildach - Außenwand..... | 168 |
| 8.3.4 | Flachdach - Außenwand..... | 171 |
| 8.3.5 | Fensteranschlüsse..... | 175 |
| 8.3.6 | Terrassentüranschluss..... | 178 |
| 8.3.7 | Hauseingangstüranschluss..... | 181 |
| 9 | Passivhaus geeignete Komponenten..... | 184 |
| | Abkürzungsverzeichnis..... | 200 |
| | Abbildungsverzeichnis..... | 201 |
| | Tabellenverzeichnis..... | 202 |
| | Diagrammverzeichnis..... | 203 |
| | Quellenverzeichnis..... | 204 |

1 Einleitung

Das Passivhaus vom Baumeister ist ein Projekt, anhand dessen dem planenden Baumeister Planungsunterlagen zur Realisierung von kleineren Wohngebäuden zur Verfügung gestellt werden. Die Planungsunterlagen wurden in einer Projektgruppe bestehend aus Baumeistern, Bauphysikern, Vertretern einer Prüf-, Überwachungs- und Zertifizierungsstelle und Fachleuten für energieeffizientes Bauen, Bauwerksabdichtung und Tragwerksplanung unter der Leitung der Bundesinnung Bau erstellt.

Die Initiierung des gegenständlichen Forschungsvorhabens erfolgte durch Bmstr. Johannes Dinobl und Bmstr. Ing. Peter Trözmüller, die in Ihrer Funktion als Fachbeirat bei der Erarbeitung der Inhalte des Handbuches maßgeblich mitgewirkt haben und die Verfasser insbesondere mit Anregungen für eine möglichst praxisgerechte Ausführung unterstützt haben.

Neben den Autoren haben auch die nachfolgend genannten Fachleute bei der Erstellung der Regelaufbauten und Detailknoten mitgewirkt:

Die Untersuchung der grundsätzlichen statischen Machbarkeit erfolgte durch Herrn DI Dr. Christian Simlinger (Ingenieurkonsulent für Bauingenieurwesen, staatlich befugter und beeideter Ziviltechniker).

Weiters erfolgte eine Durchsicht von Herrn DI Georg Pommer (Dienststellenleiter der Magistratsabteilung 39 – Prüf-, Überwachungs- und Zertifizierungsstelle der Stadt Wien) hinsichtlich bauphysikalischer und bautechnischer Plausibilität.

Die Überprüfung der Bauwerksabdichtung wurde von Herrn Wolfgang Hubner (Allgemein beeideter und gerichtlich zertifizierter Sachverständiger für Bauwesen, Leiter des Instituts für Flachdachbau und Bauwerksabdichtung – IFB) vorgenommen.

Die Unterlage soll Folgendes leisten:

- Abschätzung von Entwurfsplanungen auf ihre Eignung, den Passivhaus-Standard zu erreichen.
- Vorschläge für beispielhafte Bauteil- und Anschlussdetaillösungen für die Anwendung im Einfamilien-Passivhausbau.
- Hinweise zu den Regelwerken.

Der Passivhaus-Standard ist grundsätzlich an keine bestimmte Bauweise gebunden, in diesem Handbuch wurde jedoch vorwiegend auf den Massivbau eingegangen.

Die Erstellung erfolgte nach bestem Wissen und Gewissen, es kann jedoch seitens der Verfasser keine Haftung für die Richtigkeit der Angaben übernommen werden. Es ist stets zu prüfen, ob die dargestellten Lösungen auf den konkreten Fall anzuwenden sind.

Die praktische Anwendbarkeit und die Minimierung von Haftungsrisiken standen bei der Entwicklung bzw. Auswahl der hier gezeigten beispielhaften Bauteil- und Anschlussdetaillösungen im Vordergrund. Es wurde insbesondere auf die Auswahl möglichst einfach herstellbarer Details geachtet. Die Vorschläge wurden auf die bautechnischen, bauphysikalischen und statischen Anforderungen für den beschriebenen Einsatzbereich

abgestimmt. Es ist allerdings nicht immer möglich – wie vor allem vonseiten der Bauschaffenden gewünscht – mit einfachen Lösungen die Anforderungen für ein funktionierendes Passivhaus zu gewährleisten.

Generell muss festgehalten werden: **Einfamilienhäuser erreichen aufgrund ihres ungünstigen Verhältnisses von Oberfläche zu Volumen die Passivhaus-Kriterien nur mit höheren Wärmeschutz-Maßnahmen als der großvolumige Wohnbau.**

Die Projektergebnisse fließen in die **Schulungsunterlagen** ein, die von der Bundesinnung Bau für das Bildungsprogramm der Bauakademien zusammengestellt werden. Die nachfolgende Tabelle soll erläutern, wo Kursleiter und Trainer zu den im klima:aktiv-Bildungsprogramm derzeit angeführten Modulen Informationen finden: In diesem Handbuch sowie in den Passivhaus-Schulungsunterlagen der Donau-Universität Krems [HOL07], die im Zuge eines „Haus der Zukunft“-Forschungsprojektes erstellt wurden (siehe auch www.passivhausunterlagen.at).

| Module der Bauakademie | Informationen siehe Kapitel | |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| | Passivhaus-Handbuch für Baumeister | Schulungsunterlagen Donau-Universität Krems [HOL07] |
| 1 - Beratungsgrundlagen | | |
| <ul style="list-style-type: none"> ▪ Klimaschutz allgemein | --- | 1.3 Idee/Herleitung/ Randbedingungen (Ressourcenverbrauch im Gebäudebetrieb) 1.4 Idee/Herleitung/ Randbedingungen (Ressourcenverbrauch bei der Errichtung) 7.2 Elektroinstallationen (Haushaltsgeräte) |
| <ul style="list-style-type: none"> ▪ Landesrechtliche Vorschriften | 3.2 Bauordnungen 3.3 Wohnbauförderungen 4.3 Energieausweis 6.4 Brandschutz beim Einfamilien- Passivhaus 6.6 Sommertauglichkeit | --- |
| <ul style="list-style-type: none"> ▪ Grundprinzip Niedrigenergie-, Niedrigstenergie-, Passivhaus | 2 Was ist ein Passivhaus? | 1.1 Idee/Herleitung/ Randbedingungen (Thermische Behaglichkeit) 1.2 Idee/Herleitung/ Randbedingungen (Luftqualität und Innenraumhygiene) 2.3 Gestaltungsprinzipien (Verringerung der Lüftungswärmeverluste) 5.1 Verringerung der Lüftungswärmeverluste (Grundlagen der Raumlüftung) |
| <ul style="list-style-type: none"> ▪ Fallstudie "Erkennen schwerwiegender Mängel in der Ausführung" | 5 Typischer Schadensfall bei einem Einfamilien-Passivhaus | --- |

| | | |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <ul style="list-style-type: none"> ▪ Qualitätskriterien klima:aktiv – Haus/Passivhaus | <p>3.4.5 klima:aktiv-Kriterienkatalog 4.2.4 Zertifizierung von Gebäuden und Planern</p> | <p>---</p> |
| <ul style="list-style-type: none"> ▪ Haustechnik Grundlagen | <p>2 Heizlast 4 Primärenergiebedarf 3 Maßgebliche Regelwerke 4 Wie wird ein Passivhaus berechnet bzw. nachgewiesen? 5 Typischer Schadensfall bei einem Einfamilien-Passivhaus 6.7 Haustechnik</p> | <p>2.4 Grundprinzipien (Effiziente Energieversorgung) 5.2 Verringerung der Lüftungswärmeverluste (Luftansaugung) 5.3 Lüftung (Luftaufbereitung in Erdwärmetauschern u.ä.) 5.4 Verringerung der Lüftungswärmeverluste (Lüftungsgeräte) 5.5 Verringerung der Lüftungswärmeverluste (Rohrnetz) 6.1 Wärmeversorgung (Wärmeerzeugung) 6.2 Wärmeversorgung (Wärmeverteilung und -abgabe) 6.3 Wärmeversorgung (Warmwasserbereitung) 7.1 Elektroinstallationen (Leistungselektrik) 7.2 Elektroinstallationen (Haushaltsgeräte) 7.3 Elektroinstallationen (Messen, Steuern, Regeln)</p> |

2 - Planen & Entwerfen

| | | |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <ul style="list-style-type: none"> ▪ Exkursion "Passivhausprojekt" (1 Tag) | --- | --- |
| <ul style="list-style-type: none"> ▪ Entwurfsplanung energieeffizienter Bauten | <p>4 Wie wird ein Passivhaus berechnet bzw. nachgewiesen? 6 Entwurfsgrundlagen 7 Beispielhafte Punkte, die bei Planung, Nachweisführung, Ausschreibung und Ausführung besonders zu beachten sind 8 Aufbauten und Details</p> | <p>2.1 Grundprinzipien (Verringerung der Verluste der Gebäudehülle) 2.2 Grundprinzipien (Optimierung der solaren Gewinne) 2.3 Gestaltungsprinzipien (Verringerung der Lüftungswärmeverluste) 2.4 Grundprinzipien (Effiziente Energieversorgung) 4.1 Optimierung der solaren Gewinne (Fenster und Wärmegewinn) 4.2 Optimierung der solaren Gewinne (Fenster und Sonnenschutz)</p> |
| <ul style="list-style-type: none"> ▪ Wärmebrückenfreie, luft- und winddichte Gebäudehülle | <p>3 Luftdichtheit 7.4 Luftdichtheit, Winddichtheit 8 Aufbauten und Details</p> | <p>3.1 Verringerung der Verluste der Gebäudehülle (Wärmeschutz opak) 3.2 Verringerung der Verluste der Gebäudehülle (Wärmeschutz Fenster) 3.3 Verringerung der Verluste der Gebäudehülle (Minimierung von Wärmebrücken) 3.4 Verringerung der Verluste der Gebäudehülle (Luftdichtheit)</p> |
| <ul style="list-style-type: none"> ▪ Haustechnik in der Entwurfsplanung | 6.7 Haustechnik | 5.1 Verringerung der Lüftungswärmeverluste (Grundlagen der Raumlüftung) |
| <ul style="list-style-type: none"> ▪ Baukosten & Wirtschaftlichkeit | 8 Aufbauten und Details | 1.5 Idee/Herleitung/Randbedingungen (Kosten und Wirtschaftlichkeit) |

3 - Details & Ausführung (2 Tage)

| | | |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <ul style="list-style-type: none">Praxisworkshop Baukonstruktionsdetails (Fundament - mineralisches Mauerwerk - Wandöffnungen - WDVS - Anschlussdetail Balkone, Terrassen-, Dach- Abdichtungen) | 7.5 Richtiger Einbau von Passivhaus- Fenstern 8 Aufbauten und Details | 3.1 Verringerung der Verluste der Gebäudehülle (Wärmeschutz opak) 3.2 Verringerung der Verluste der Gebäudehülle (Wärmeschutz Fenster) 3.3 Verringerung der Verluste der Gebäudehülle (Minimierung von Wärmebrücken) 3.4 Verringerung der Verluste der Gebäudehülle (Luftdichtheit) |
| <ul style="list-style-type: none">Neue Aufgaben der Bauleitung | 7 Beispielhafte Punkte, die bei Planung, Nachweisführung, Ausschreibung und Ausführung besonders zu beachten sind | Diverse Stellen |
| | Diverse weitere Stellen | |

2 Was ist ein Passivhaus?

2.1 Definition eines Passivhauses

Der Passivhausstandard ist die konsequente Weiterentwicklung des Niedrigenergie-Gebäudestandards. Während beim Niedrigenergiestandard lediglich der Heizwärmebedarf in Abhängigkeit von der Kompaktheit eines Gebäudes begrenzt wird, befasst sich der Passivhausstandard mit allen wesentlichen Energieverbräuchen. Neben den thermisch-energetischen Haupt-Kriterien Heizwärmebedarf, Heizlast und Luftdichtheit, wird auch der Primärenergiebedarf als bedeutender Parameter aufgenommen. Der Passivhaus-Standard wurde durch das Passivhaus Institut (PHI) in Darmstadt definiert. In Zahlen ausgedrückt ist ein Passivhaus erreicht, wenn folgende Kriterien eingehalten werden:

| Passivhauskriterien | |
|------------------------|----------------------------------------|
| 1. Heizwärmebedarf | $\leq 15 \text{ kWh/m}^2\text{EBF.a}$ |
| 2. Heizlast | $\leq 10 \text{ W/m}^2\text{EBF}$ |
| 3. Luftdichtheit | $n_{50} \leq 0,6 \text{ 1/h}$ |
| 4. Primärenergiebedarf | $\leq 120 \text{ kWh/m}^2\text{EBF.a}$ |

Tabelle 1: Definition Passivhaus gemäß Passivhaus Institut je Quadratmeter Energiebezugsfläche (EBF)¹ [FEI07]

Zum gegenwärtigen Zeitpunkt herrscht in Fachkreisen Einigkeit, dass die Einhaltung dieser Kriterien nur mit einer Software des Passivhaus Instituts Darmstadt unter der Leitung von Dr. Wolfgang Feist nachzuweisen ist – dem Passivhaus-Projektierungs-Paket (PHPP). Das Excel-basierende Programm kann online unter www.passiv.de bestellt werden. Die Kosten belaufen sich für die CD inklusive Handbuch auf 93 Euro (Quelle: www.passiv.de → PHPP 2007: Passivhaus Projektierungs Paket 2007, Stand: 10.01.2009).

Reduziert auf die thermischen Anforderungen kann das Passivhaus auch folgendermaßen definiert werden:

Ein Passivhaus ist ein Gebäude, dessen Heizlast und Jahresheizwärmebedarf so gering sind, dass auf ein konventionelles Heizungssystem verzichtet werden kann. Vielfach ist das Gerücht verbreitet, dass Passivhäuser Gebäude ohne jegliche Heizung seien. Es sei bereits an dieser Stelle des Handbuches deutlich darauf hingewiesen, dass auch bei Passivhäusern der Restheizwärmebedarf von $\leq 15 \text{ kWh/m}^2\text{a}$ (siehe Kriterien oben) durch ein Heizungssystem abgedeckt werden muss! Um einen derart geringen HWB überhaupt zu erreichen, ist das Gebäude mit einer Wohnraumlüftungsanlage mit hocheffizienter Wärmerückgewinnung auszustatten.

In der Art. 15a Vereinbarung zwischen Bund und Ländern wird das Passivhaus wie folgt definiert [ART08]:

¹ Energiebezugsfläche (EBF): Diese setzt sich bei Wohngebäuden vereinfacht aus der Wohnnutzfläche innerhalb der thermischen Hülle und 60% der weiteren Flächen innerhalb der thermischen Hülle, wie beispielsweise Haustechnikräume, Kellerräume, allgemeine Gangflächen, etc., zusammen.

„Passivhaus“ ein Gebäude mit einer Energiekennzahl von bis zu 10 kWh/(m².a) nach Berechnungsmethode des Österreichischen Instituts für Bautechnik (OIB) bzw. bis zu 15 kWh/(m².a) nach Berechnung gemäß Passivhaus Projektierungs Paket (PHPP). Es kann alternativ auch die Begriffsbestimmung einer einschlägigen ÖNORM herangezogen werden.

Die Einhaltung der Kriterien gemäß Art. 15a Vereinbarung gewährleistet nicht die Funktion als zuluftbeheizbares Passivhaus. Ebenso beinhaltet die obige Definition keine Limitierung des Primärenergiebedarfs.

2.2 Was ist die Besonderheit am Passivhaus?

Die Lüftung hat eine herausragende Schlüsselfunktion in der Entwicklung nachhaltiger Gebäude. Bei konventionellen, wie auch bei Niedrigenergie-Gebäuden gilt die Grundregel „**Trennung von Heizung und Lüftung**“. Das bedeutet, bei diesen Gebäuden wird die erforderliche Wärmemenge für die Raumheizung mit Heizungswasser und nicht mit konditionierter Luft eingebracht. Grund: Wasser eignet sich zum Energietransport wegen seiner deutlich höheren Wärmekapazität besser als Luft.

Wasser und Luft als Energie-Träger

| | Wasser | Luft |
|-----------------------------------------|-------------|--------------|
| Dichte [kg/m ³] | 1000 | 1,20 |
| Spezifische Wärme [Wh/m ³ K] | 1163 | 0,33 |
| Temperaturdifferenzen | 5 - 10 K | 20 - 30 K |
| Rohr-Dimensionen (Einfamilienhaus) | DN 12 – 25 | DN 100 - 200 |

Faktor 3000 !

Abbildung 1: Vergleich Wasser - Luft als Energieträger [J. Fechner, 17&4]

Im Zuge der laufenden Verbesserung der Wärmedämmung stellte sich in den 80er Jahren die Frage, *wie gering die Wärmeverluste eines Gebäude sein müssen, damit allein mit der ohnehin hygienisch notwendigen Frischluftmenge die Beheizung unter Einhaltungen der Komfortbedingungen sichergestellt werden kann.* Das ist der Kern der Passivhaus-Idee!

2.3 Wie wird die Passivhaus-Idee umgesetzt?

Der erforderliche Frischluftbedarf beträgt ca. 1 m³/h.m², unter der Annahme von 30 m³/h Frischluft für eine Person, der eine Wohnfläche von 30 m² zur Verfügung steht.

$$(30 \text{ m}^3/\text{h} : 30 \text{ m}^2 = 1 \text{ m}^3/\text{h}\cdot\text{m}^2)$$

Um Staubverschmelung und somit Geruchsbelästigungen zu vermeiden, soll die über das Lüftungssystem eingebrachte Frischluft auf höchstens ca. 50 °C vorgewärmt werden. Damit ergeben sich die nutzbare Temperaturdifferenz zur Raumluft von maximal 30 °C und die damit maximal zur Verfügung stehende Wärmeenergie.

Daraus folgt die maximale Heizleistung:

$$PH_z = 1 \text{ m}^3/\text{hm}^2 \cdot 0,33 \text{ Wh}/\text{Km}^3 \cdot 30 \text{ K} = 10 \text{ W}/\text{m}^2 \text{ Wohnfläche,}$$

wobei 0,33 Wh/Km³ die Wärmemenge ist, die mit einem Kubikmeter Luft je Kelvin (oder Grad Celsius) Temperaturunterschied eingebracht werden kann.

Mehr Wärmeverluste sind im Passivhaus nicht zulässig, da durch die physikalischen Gegebenheiten nicht mehr Wärmeenergie in das Gebäude eingebracht werden kann.

Die Heizlast von $\leq 10 \text{ W}/\text{m}^2$ ist also der Schlüssel zum Verständnis des Passivhauses!

Aus dieser maximalen Heizlast ergibt sich unter mitteleuropäischen Klimabedingungen ein Jahresheizwärmebedarf von maximal ca. 15 kWh/m²WNF.a.

Der ungewohnt hohe Wärmeschutz der Gebäudehülle im Passivhaus ist also kein Selbstzweck, sondern Voraussetzung dafür, dass das heute durch die zunehmend dichtere Bauweise ohnehin empfehlenswerte Lüftungssystem die Funktion der Wärmeverteilung und Wärmeabgabe übernehmen kann.

Diese Vereinfachung des Heizsystems ermöglicht eine optimale Wirtschaftlichkeit des Passivhauskonzepts. Das funktioniert beispielsweise über ein Heizregister, das die Zuluft auf maximal 52°C erwärmt. Die „Zuluftbeheizbarkeit“ muss also prinzipiell möglich sein, der Eintrag der „Restwärme“ kann aber auch über andere Systeme erfolgen. Möglich sind z.B. entsprechend klein dimensionierte Radiatoren, die auch nicht unter den Fenstern platziert sein müssen oder Fußbodenheizungen mit größeren Schleifenabständen.

Die Wärmeerzeugung für diese „Restheizung“ könnte z.B. eine Pelletsheizung übernehmen. Der Vorteil derartiger Lösungen ist das Vorhandensein einer „angreifbaren“ Wärmequelle und die Möglichkeit, bei Bedarf kurzfristig eine höhere Heizleistung einzubringen. Der Nachteil ist, dass die Kosteneinsparung durch den Wegfall des „konventionellen“ Heizsystems nicht zum Tragen kommt.

2.4 Wie wird diese hohe, erforderliche thermische Qualität erreicht?

Ein Passivhaus zeichnet sich durch die folgenden Komponenten aus:

- Gebäudehülle mit besonders niedrigen U-Werten.
- Wohnraumlüftungsanlage (Komfortlüftungsanlage) mit hocheffizienter Wärmerückgewinnung. Dabei wird die Wärme der Abluft zur Vorwärmung der Frischluft herangezogen.
- Weitestgehende Wärmebrückenfreiheit.
- Besonders dichte Gebäudehülle zur Minimierung von ungewollten Lüftungswärmeverlusten.
- Minimierung der Wärmeverluste über die transparenten Bauteile (Dreifach-Wärmeschutzverglasung) bei gleichzeitiger Nutzung des solaren Energieeintrags.

2.5 Was sind die Argumente für die Passivhausbauweise?

- Komfortgewinn:
 - Behagliches Raumklima durch besonders geringe Abweichungen zwischen den Oberflächentemperaturen der Außen- und Innenbauteile.
 - Verhinderung von Kaltluftabfall im Nahbereich der Fenster durch thermisch besonders hochwertige Verglasungen.
- Nachhaltige, besonders energiesparende Bauweise und dadurch größere Unabhängigkeit von den Preisentwicklungen der Energieträger.
- Minimierung der Energieverbräuche bei der Wärmeverteilung im Gebäude.
- Einsatz von besonders effizienten und energiesparenden Haustechnikkomponenten.
- Sinnvollerweise Einsatz von besonders energiesparenden Beleuchtungskörpern und Haushaltsgeräten.
- Beitrag zur Erreichung der Klimaschutzziele.

Wie die nachfolgende Grafik veranschaulicht, weisen die Oberflächen der Außenbauteile beim Passivhausbau, im Gegensatz zum Altbau, beinahe dieselben Temperaturen wie die Innenbauteile auf. Somit ist auch die operative, also empfundene, Temperatur im Raum deutlich höher, was die thermische Behaglichkeit positiv beeinflusst. Die ansonsten notwendigen Heizflächen vor den Fenstern können im Passivhausbau entfallen.

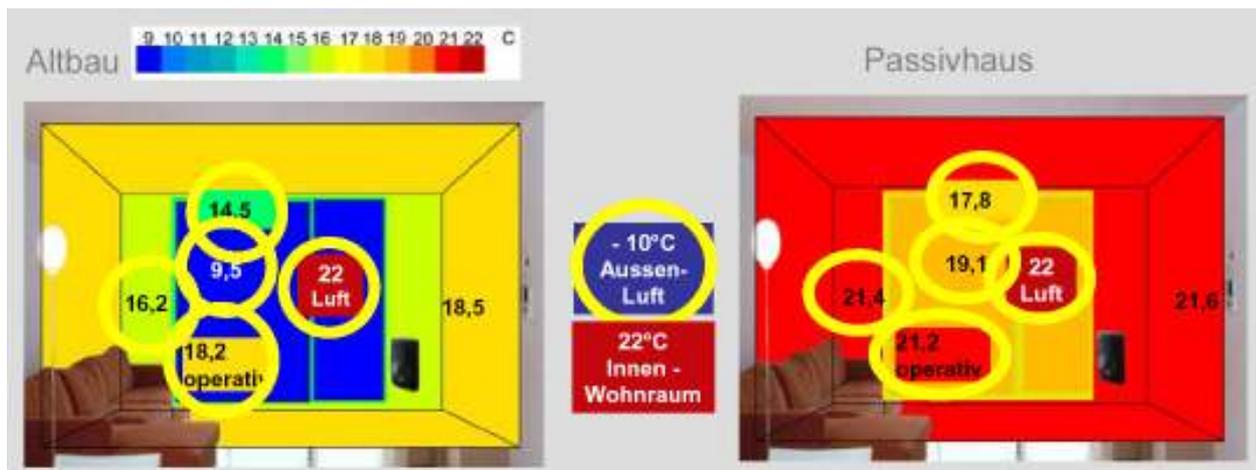


Abbildung 2: Einfluss des Wärmeschutzes auf die Oberflächentemperaturen und somit auf die empfundene Raumtemperatur [H. Krapmeier, Energieinstitut Vorarlberg] in [HOL07]

2.6 Zusammenfassende Prüfungsfragen

- Definition des Passivhauses gemäß Passivhaus Institut - wie lauten die 4 grundlegenden Kriterien?
- Wesentlichste Unterschiede Passivhaus – Niedrigenergiehaus (funktional, bau- und haustechnisch)?
- Was ist die Grundidee des Passivhauskonzeptes?
- Was versteht man unter Zuluftbeheizbarkeit, ist im Passivhaus ein konventionelles Heizsystem mit Radiatoren zulässig?
- Mit welchen Werten sind die Randbedingungen der Zuluftbeheizbarkeit zu beschreiben: Luftwechsel [Einheit], max. Einblastemperatur Grad C, Heizlast [Einheit]?

- Ein Passivhauskriterium lautet: Heizwärmebedarf max. 15 kWh/m²a. Was ist beim Vergleich dieses Wertes mit anderen in Österreich gebräuchlichen Energiekennzahlen besonders zu beachten?
- Nennen Sie die aus Ihrer Sicht wichtigsten Argumente für die Passivhausbauweise!

3 Maßgebliche Regelwerke

3.1 Normen

Die Nachweisführung der Funktionsweise als Passivhaus basiert weitestgehend auf der derzeit aktuellen Normung. Für die PHPP-Berechnung wurden jedoch einzelne Ansätze vom Passivhaus Institut detailliert bzw. abgeändert.

Die derzeit aktuelle österreichische Normung im Bereich der Bauphysik und Haustechnik ist aus verschiedenen Gründen nicht geeignet, den Nachweis der Passivhaustauglichkeit realistisch abzubilden. Hierbei sind insbesondere die Normenserien B 8110, H 50xx und die H 7500 zu nennen. Aus diesem Grund wird gegenwärtig an der „österreichischen Passivhausnorm“ gearbeitet. Ursprünglich angedacht war, im ersten Schritt ein Beiblatt zur ÖNORM B 8110-1 [OEN08a] zu erarbeiten, das in weiterer Folge zu einer eigenen Norm weiterentwickelt werden sollte. Derzeitiger Stand ist jedoch, dass die besonderen Anforderungen und Nachweise bei Passivhäusern in zwei Entwicklungsstufen („Übergangs“- und „Vollversion“) in die Normen-Serie B 8110, H 50xx, H 6038, H 7500 usw., als auch in die indirekten Normen wie B 2501, ONR 22450-3, etc. einfließen sollen.

Diese detaillierte und umfassende Einarbeitung der PH-Technologie in die österreichische Normung ist insbesondere dadurch zu erklären, dass durch die Verwendung der Ansätze gemäß PHPP zwar der Stand der Technik zugrunde gelegt wird, hierbei aber methodisch bedingte Abweichungen zur derzeit gültigen Normung insbesondere zum „neuen“ österreichischen Energieausweis (EA) auftreten.

Die nachfolgenden Punkte stellen beispielhaft die Abweichungen zwischen PHPP und den ÖNORMEN dar:

- **Bezugsfläche:**
Während in der österreichischen und europäischen Normung die konditionierte Brutto-Geschossfläche (BGF_n) als Bezugsfläche herangezogen wird, wird der PH-Nachweis gemäß PHPP mit der sogenannten Energiebezugsfläche geführt. Diese setzt sich bei Wohngebäuden vereinfacht aus der Wohnnutzfläche innerhalb der thermischen Hülle und 60% der weiteren Flächen innerhalb der thermischen Hülle, wie beispielsweise Haustechnikräume, Kellerräume, allgemeine Gangflächen, etc., zusammen.
- **Klimadaten:**
Das PHPP beinhaltet neben den Standard-Klimadaten auch eine Vielzahl von regionalen Datensätzen, darunter auch diverse für Österreich. Diese stimmen jedoch noch nicht mit jenen aus der ÖNORM B 8110-5 [OEN07c] überein. Um in diesem Punkt normkonform zu sein, also den in Österreich anerkannten Stand der Technik abzubilden, müssen in der PHPP-Berechnung die Klimadaten nach ÖNORM B 8110-5 verwendet werden. Die Heizlastdaten können bis zum Vorliegen von verwendbaren österreichischen Norm-Werten weiterhin aus den PHPP-Datensätzen entnommen werden. Bei Abweichung von einer

Lochfassade (z.B. vollflächige Verglasung) erscheinen derzeit die Normaußentemperaturen der ÖNORM für die Heizlastdaten sinnvoll [GLO07]. Zur Beurteilung der Zuluftbeheizbarkeit von exponierten und hochverglasten Räumen ist im Heizlastblatt des PHPP ein Tool zur Risikoabschätzung enthalten.

- **Innere Lasten:**

Je energieeffizienter ein Gebäude ist, desto mehr Einfluss haben die inneren Lasten für den HWB. Im PHPP wird bei Wohngebäuden mit $2,1 \text{ W/m}^2\text{EBF}$ gerechnet, während im EA von $3,75 \text{ W/m}^2\text{BGF}$ (= ca. $3,0 \text{ W/m}^2\text{EBF}$) ausgegangen wird. Diese Abweichung wirkt sich sehr deutlich auf den HWB aus.

- **Wärmeverluste zu Boden, Pufferräume,... (Temperaturkorrekturfaktoren):**

Gemäß österreichischem Energieausweis werden die Wärmeverluste gegen den Boden bzw. auch zur Garage und zu Pufferräumen nicht identisch zum PHPP bewertet.

- **Wärmebrückenzuschlag:**

Beim österreichischen Energieausweis können die Wärmeverluste zufolge Wärmebrücken mittels einer Pauschalformel abgeschätzt werden. Bei Passivhäusern wird im EA der Anteil der WB durch die Pauschalierung oftmals über- bzw. auch unterschätzt.

- **Eingabe der Fenster und Erfassung der solaren Gewinne:**

Während beim Energieausweis die Glasflächen relativ ungenau mittels Verglasungsanteil $f_g = 70\%$ der Architekturlichte berücksichtigt werden, wird bei der Berechnung mit PHPP genauer vorgegangen. Hierbei wird bei einem mehrfach durch Kämpfer unterteilten Fenster jede Glasfläche samt zugehöriger Rahmenbreite separat eingegeben. Außerdem sollten im PHPP die verminderten Rahmenbreiten bei Fixverglasungen berücksichtigt werden. Diese Vorgehensweise macht bei Passivhäusern und passivhausnahen Niedrigstenergiegebäuden Sinn, da die solaren Gewinne hier bereits einen wesentlichen Einfluss auf die Energiekennzahl haben.

Neben der exakten Eingabe der Fenster ist auch die Verschattung der transparenten Bauteile von hoher Bedeutung. Im österreichischen Energieausweis ist es zulässig für Gebäude, die nicht in die Kategorie A++ und A+ fallen, pauschale Verschattungsfaktoren anzusetzen. Die Verschattung von Gebäuden der Kategorie A++ und A+ muss nach den Angaben der ÖNORM B 8110-6 [OEN07d] detailliert ermittelt werden. Bei der Nachweisführung im PHPP ist es grundsätzlich erforderlich die verschiedenen Verschattungen, wie Horizontalverschattung, Laibungverschattung, Verschattung zufolge Überständen, wie Balkonplatten, etc., sowie sonstige Verschattungselemente möglichst exakt einzugeben.

- Hinzu kommen noch eine Reihe von kleineren Abweichungen zwischen ÖNORM und PHPP, die jedoch auf das Ergebnis keinen maßgebenden Einfluss haben.

3.2 Bauordnungen/Bautechnikverordnungen/OIB-Richtlinien

In den meisten Landesbauordnungen wird das Passivhaus nicht oder nur im Bezug auf einzelne Sonderbestimmungen erwähnt. Das hängt aber größtenteils damit zusammen, dass die thermischen Kennwerte bei Passivhäusern derart günstig sind, dass baubehördliche Mindestanforderungen in jedem Fall eingehalten werden und auch bei den allermeisten weiteren behördlichen Bestimmungen die Passivhausbauweise kaum von konventionellen Bauweisen abweicht.

Gesondert zu erwähnen sind beispielsweise die folgenden besonderen Bestimmungen für Passivhäuser:

Beispielhafte Auszüge aus der Wiener Bauordnung, Stand: Juli 2008:

§ 106. Belichtung, Beleuchtung, Belüftung und Beheizung

...

(6) Räume sind ihrem Verwendungszweck entsprechend lüftbar und beheizbar einzurichten. In jeder Wohnung muss mindestens ein Aufenthaltsraum einen Anschluss an eine Abgasanlage haben; dies gilt nicht für Passivhäuser und Gebäude, bei denen die Fußbodenoberkante des höchstgelegenen Aufenthaltsraumes mehr als 22 m über dem tiefsten Punkt des anschließenden Geländes beziehungsweise der festgesetzten Höhenlage der anschließenden Verkehrsfläche liegt.

...

Bei in Wien errichteten Passivhäusern kann der Notkamin entfallen.

§ 83. Bauteile vor der Baulinie oder Straßenfluchtlinie

(1) Über die Baulinie oder Straßenfluchtlinie dürfen folgende Gebäudeteile vorragen:

- a) Keller- und Grundmauern bis zu 20 cm;
- b) Gebäudesockel bis 20 cm, jedoch nur bis zu einer Höhe von 2 m;
- c) Schauseitenverkleidungen bis 7 cm;

...

Aufgrund der hohen erforderlichen Dämmstoffdicken bei Passivhäusern wurde in einigen Fällen der Überstand von bis zu 7cm der Außenwand-Dämmdicke unter dem Titel „Schauseitenverkleidung“ bewilligt. Es sei jedoch darauf hingewiesen, dass die Anwendung dieses Paragraphen im Ermessen des Baupolizisten liegt. Bei Bewilligung einer Schauseitenverkleidung ist nachzuweisen, dass die Wand auch ohne der Dämmstoffdicke der Schauseitenverkleidung die Anforderungen der WBO erfüllt. Im Passivhausbau ist dieser Nachweis aufgrund des deutlich höheren Standards gegenüber der WBO stets unproblematisch.

3.3 Wohnbauförderungen

Am Beispiel Wien kann deutlich gezeigt werden, dass bei der Wohnbauförderung ein eindeutiger Trend zur Förderung von hochenergieeffizienten Bauweisen stattfindet. Zum gegenwertigen Zeitpunkt (März 2009) wird im Neubau bei Einhaltung des Passivhausstandards zusätzlich ein nichtrückzahlbarer Zuschuss in Höhe von 60 Euro/m²WNFL gewährt. Darüber hinaus dürfen die angemessenen Gesamtbaukosten laut Dienstanweisung der MA25 um 100 Euro/m²WNFL überschritten werden.

Bei der Sanierung auf Passivhaus-Standard wird ebenfalls am Beispiel Wien die Summe der folgenden nichtrückzahlbaren Beiträge gewährt:

- 160 Euro/m²WNFL (max. Stufe der HWB-Verringerung)
- 60 Euro/m²WNFL (Erreichung PH-Standard)
- 40 Euro/m²WNFL (Einbau einer kontrollierten Wohnraumlüftungsanlage mit WRG)
260 Euro/m²WNFL

Dazu kommt der Anspruch auf ein Landesdarlehen in der Höhe von:

- 320 Euro/m²WNFL (max. Stufe der HWB-Verringerung)
- 40 Euro/m²WNFL (Einbau einer kontrollierten Wohnraumlüftungsanlage mit WRG)
360 Euro/m²WNFL

In der am 2.1.2009 von allen Bundesländervertretern unterzeichneten Art. 15a-Vereinbarung ist vorgesehen, dass jedes Bundesland ab 1.1.2009 einen Anreiz für Passivhäuser schaffen muss. Die Passivhausdefinition hierfür wird den erwähnten überarbeiteten ÖNORMEN entsprechen.

3.4 Sonstige für das Passivhaus relevante Literatur

3.4.1 Handbuch zum Passivhaus Projektierungs Paket – PHPP

Die wohl am weitesten verbreitete und auch in Fachkreisen allgemein anerkannte Nachweisführung von Passivhäusern ist das anfangs erwähnte Passivhaus Projektierungs Paket, kurz PHPP.

Dieses Software-Paket verfügt über ein umfangreiches Handbuch, das neben den zahlreichen Protokollbänden der Arbeitskreissitzungen des Passivhaus Institutes, sicherlich als Teil der wichtigsten Literatur rund um das Thema Passivhaus zu werten ist. Darin werden sämtliche bauphysikalischen und haustechnischen Tabellenblätter detailliert erläutert und verschiedenste Hintergrundinformationen und Verweise zu komplexeren Fragestellungen angeführt.

Fortbildungen zum PHPP werden von der Passivhaus Dienstleistungs GmbH in Darmstadt (D) angeboten.

3.4.2 Protokollbände der Arbeitskreissitzungen des Passivhaus Institutes

Die Protokollbände der Arbeitskreissitzungen des Passivhaus Institutes zählen zu den umfangreichsten Werken im Bereich des Passivhausbaus. Wie man der nachfolgenden Liste (Stand September 2008) entnehmen kann, gibt es inzwischen eine große Zahl an Protokollbänden, die detaillierte Informationen und Hilfestellungen zu den verschiedensten Problemstellungen des Passivhausbaus enthalten. Planern, die mit der Realisierung von Passivhäusern konfrontiert sind, sei an dieser Stelle die Lektüre der wichtigsten Protokollbände eindringlich empfohlen.

Phase I:

- Fachdokumentation Nr. 1: Kostensparendes Bauen
- Protokollband Nr. 4: Lüftung im Passivhaus
- Protokollband Nr. 5: Energiebilanz und Temperaturverhalten
- Protokollband Nr. 6: Haustechnik im Passivhaus
- Protokollband Nr. 7: Stromsparen im Passivhaus
- Protokollband Nr. 8: Materialwahl, Ökologie und Raumlufthygiene
- Protokollband Nr. 9: Nutzerverhalten
- Protokollband Nr. 10: Meßtechnik und Meßergebnisse
- Protokollband Nr. 11: Kostengünstige Passivhäuser
- Protokollband Nr. 12: Das Passivhaus - Baustandard der Zukunft?

Phase II:

- Protokollband Nr. 13: Energiebilanzen mit dem Passivhaus Projektierungs Paket
- Protokollband Nr. 14: Passivhaus-Fenster
- Protokollband Nr. 15: Passivhaus-Sommerfall
- Protokollband Nr. 16: Wärmebrückenfreies Konstruieren
- Protokollband Nr. 17: Dimensionierung von Lüftungsanlagen in Passivhäusern
- Protokollband Nr. 18: Qualitätskontrolle am Bau bei Passivhäusern
- Protokollband Nr. 19: Stadtplanerische Instrumente zur Umsetzung von Passivhäusern
- Protokollband Nr. 20: Passivhaus-Versorgungstechnik

Phase III:

- Protokollband Nr. 21: Architekturbeispiele: Wohngebäude
- Protokollband Nr. 22: Lüftungsstrategien für den Sommer
- Protokollband Nr. 23: Einfluss der Lüftungsstrategie auf die Schadstoffkonzentration und -ausbreitung im Raum
- Protokollband Nr. 24: Einsatz von Passivhaustechnologien bei der Altbau-Modernisierung
- Protokollband Nr. 25: Temperaturdifferenzierung in der Wohnung
- Protokollband Nr. 26: Neue Passivhaus - Gebäudetechnik mit Wärmepumpen
- Protokollband Nr. 27: Wärmeverluste durch das Erdreich
- Protokollband Nr. 28: Wärmeübergabe- und Verteilverluste im Passivhaus
- Protokollband Nr. 29: Hochwärmedämmte Dachkonstruktionen
- Protokollband Nr. 30: Lüftung bei Bestandsanierung
- Protokollband Nr. 31: Energieeffiziente Raumkühlung
- Protokollband Nr. 32: Faktor 4 auch bei sensiblen Altbauten: Passivhauskomponenten + Innendämmung
- Protokollband Nr. 33: Passivhaus-Schulen

Phase IV:

- Protokollband Nr. 34: Schallschutz beim Einsatz von Wärmepumpen und Wärmepumpen-Kompaktgeräten im Passivhaus
- Protokollband Nr. 35: Wärmebrücken und Tragwerksplanung - die Grenzen des wärmebrückenfreien Konstruierens
- Protokollband Nr. 36: Heizung mit Biobrennstoffen für Passivhäuser

[FEI08]

Als weiteren Beitrag zur Verbesserung der Passivhaus-Technologie und Möglichkeit der Fortbildung für Planer und Ausführende dienen die alljährlichen Passivhaus-Tagungen, veranstaltet vom PHI Darmstadt. Dabei werden i.d.R. an zwei Tagen (meist Fr und Sa) die wesentlichsten Erkenntnisse und besten Beispiele des vergangenen Jahres vorgestellt. Am dritten Tag werden Exkursionen, beispielsweise zu gebauten Beispielen, angeboten. Die nachfolgende Liste zeigt die bislang herausgegebenen Tagungsbände:

Tagungsband: 1. Passivhaus-Tagung; November 1996
Tagungsband: 3. Passivhaus-Tagung; Februar 1998
Tagungsband: 4. Passivhaus-Tagung; Februar 1999
Tagungsband: 7. Passivhaus-Tagung; Februar 2003
Tagungsband: 8. Passivhaus-Tagung; April 2004
Tagungsband: 9. Passivhaus-Tagung; April 2005
Tagungsband: 10. Passivhaus-Tagung; Mai 2006
Tagungsband: 11. Passivhaus-Tagung; April 2007
Tagungsband: 12. Passivhaus-Tagung; April 2008

[FEI08]

Die nicht aufgelisteten Tagungsbände sind vergriffen und werden nicht nachgedruckt.

3.4.3 Allgemeine Handbücher des Passivhaus Institutes

Das Passivhaus Institut hat sowohl für die Planer, als auch für die Nutzer diverse, umfangreiche Handbücher erstellt. Eingeteilt nach Zielgruppen können folgende Dokumente von der Homepage des PHI kostenfrei heruntergeladen werden (www.passiv.de):

- Planer/Ausführende: Teil1_Konstruktionshandbuch
- Bauphysik-Planer: Teil2_Simulation
- TGA-Planer: Teil3_Lüftung
- Nutzer: Teil4-A_Nutzerhandbuch-Nutzer
Teil4-C_Wohnen-auf-einen-Blick
- Hausverwaltungen: Teil4-B_Nutzerhandbuch-Verwaltung

Diese Dokumente sind teils sehr umfangreich und enthalten nützliche Hinweise für Planer und Nutzer.

3.4.4 Diverse Passivhausliteratur

Inzwischen gibt es neben den Forschungsberichten des PHI auch diverse Bücher und Broschüren rund um das Thema Passivhaus. Es sei jedoch darauf hingewiesen, dass vielfach Angaben zu Dämmstoffdicken, U-Werten, etc. nur sehr beispielhaft gezeigt werden und daraus oftmals keine allgemein gültigen Aussagen entnommen werden können, da gerade beim Passivhausbau die erforderlichen Dämmstoffdicken sehr vom einzelnen Gebäude und dessen Parametern, wie Kompaktheit oder Fensteranteil, abhängen.

Beispielhaft soll hier der Passivhaus-Bauteilkatalog des IBO [WAL08] erwähnt werden. Der Passivhaus-Bauteilkatalog ist die derzeit umfassendste Sammlung von Hochbaukonstruktionen – dimensioniert für den Passivhaus-Standard – in Österreich. Die Konstruktionen wurden

vorwiegend aus größeren gebauten Objekten entnommen und im Hinblick auf bauphysikalische und technische Sicherheit weiterentwickelt und optimiert. Für Einfamilienhäuser müssen die angegebenen Dämmdicken aber vergrößert werden, um den Passivhaus-Standard zu erreichen. Bei der technischen Beschreibung stehen der luftdichte und wärmebrückenfreie Einbau (Anschlüsse) und die technische Sicherheit im Vordergrund, ergänzt durch Angaben zu Herstellungsabläufen, Vorfertigung und Anforderungen an die Baustellenlogistik.

3.4.5 klima:aktiv-Kriterienkatalog

Vorbemerkungen und Motivation:

Das Programm „klima:aktiv Haus“ ist eine österreichweite Initiative zur **Verbreitung und Vermarktung** von ökologischen Niedrigstenergie- und Passivhäusern. klima:aktiv Häuser und Wohnungen haben nicht nur einen geringen Energiebedarf im Betrieb, sondern auch während der Errichtung des Gebäudes und bei der Baustoffproduktion. Darüber hinaus wird auf die Umweltqualität und die Rezyklierbarkeit der Materialien geachtet.

Die Ausarbeitung des **klima:aktiv Kriterienkataloges** erfolgte im Auftrag des Bundesministeriums für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft (BMLFUW) unter dessen Schirmherrschaft das gesamte klima:aktiv Programm steht sowie des Bundesministeriums für Verkehr, Innovation und Technologie (BMVIT).

Die Energieeffizienz im Betrieb des Gebäudes stellt den Schwerpunkt des Kriterienkataloges dar. Die Mindestanforderungen an klima:aktiv Häuser umfassen einen von der Kompaktheit abhängigen Heizwärmebedarf im Sinne eines guten Niedrigenergiehauses, eine mechanische Belüftung sowie weitere Effizienzmaßnahmen. Dabei sind Musskriterien einzuhalten, darüber hinaus werden mit Kann-Kriterien die erforderlichen Punkte für die Gesamtbewertung gesammelt.

Das **Passivhaus** ist im klima:aktiv Kriterienkatalog als **eigenes Kriterienset** enthalten und entspricht den Anforderungen des Passivhaus Projektierungs Paketes (PHPP) sowie weiteren klima:aktiv Muss-Kriterien (Handwaschbecken, Duschkopf wassersparend, Dämmstoffe HFKW-frei, Folien, Fußbodenbeläge, Tapeten PVC-frei, Komfortlüftung optimiert).

Auch wenn der Leichtbau beim klima:aktiv-Kriterium OI3-Index im Vorteil ist, ist es dennoch möglich, **ein klima:aktiv Haus oder klima:aktiv Passivhaus in Massivbauweise zu errichten**. Darüber hinaus kann sogar die Maximalpunktzahl von 1.000 erreicht werden, wie beispielsweise anhand der Passivwohnanlage Utendorfgasse gezeigt wurde. Das hängt nicht zuletzt damit zusammen, dass klima:aktiv einen gesamtheitlichen Ansatz mit ausreichend sinnvollen Möglichkeiten zur alternativen Nachweisführung verfolgt.

Bewertungsschema:

Die Maximalpunktzahl beträgt 1.000. Die vier Bewertungsrubriken gliedern sich wie folgt:

- Planung und Ausführung max. 120 Pkt.
- Energie und Versorgung max. 600 Pkt.
- Baustoffe und Konstruktion max. 160 Pkt.
- Komfort und Raumluftqualität max. 120 Pkt.

Ein Gebäude, das den Kriterien eines klima:aktiv Hauses genügt, erfüllt alle Musskriterien und erreicht mindestens 700 von 1.000 Punkten.

Ein Gebäude, das den Kriterien eines klima:aktiv Passivhauses genügt, erfüllt alle **Musskriterien** eines Passivhauses und erreicht mindestens **900 von 1.000 Punkten**.

Überprüfung und Beurteilung:

Die klima:aktiv-Kriterien sind grundsätzlich als Selbstdeklarationskonzept aufgebaut, das bedeutet, der Nachweis der Kriterien und die Ermittlung der Punktzahl erfolgt durch den Bauträger oder einen vom Bauträger beauftragten Vertreter über die **Online-Deklaration** (www.klimaaktivhaus.at). Vor einer Veröffentlichung der Deklaration erfolgt eine Plausibilitätskontrolle durch das klima:aktiv-Programm.

[KLI08]

Nachfolgend werden die Kriterien kurz vorgestellt und um **Anmerkungen der Autoren** im Sinne von Hinweisen und Empfehlungen erweitert.

Für eine Deklaration ist die jeweils **aktuelle Gesamtfassung des Kriterienkatalogs** unter www.klimaaktiv.at zu verwenden.

Die klima:aktiv-Gebäudeplattform ist unter www.oebox.at/kahg zu finden. Diese Plattform dient zur Durchführung von Deklarationen aber auch für die Suche nach bereits zertifizierten Gebäuden.

Kriterienkatalog k:a Passivhaus

klima:aktiv



| | | Punkte | 1.000 |
|-------------|----------------------------------------------------------------|------------------------|--------------------|
| Nr. | Titel | Muss-kriterium | erreichbare Punkte |
| A | Planung und Ausführung | | max. 120 |
| A 1. | Planung | | max. 100 |
| A 1. 1 | Qualität der Infrastruktur (Nähe zu Schule, ÖPNV etc.) | | 20 |
| A 1. 2 | Fahrradstellplatz | | 30 |
| A 1. 3a | Barrierefreies Bauen - Teilausbau | nur ein Krit. Wählbar | 20 |
| A 1. 3b | Barrierefreies Bauen - Vollausbau | | 40 |
| A 1. 4b | Gebäudehülle wärmebrückenfrei | | 30 |
| A 2. | Ausführung | | max. 40 |
| A 2. 1b | Gebäudehülle luftdicht (Passivhausqualität) | M | 40 |
| B | Energie und Versorgung | | max. 600 |
| B 1. | Wärmebedarf und -versorgung | | max. 575 |
| B 1. 1b | Passivhaus nach PHPP | M | 575 |
| B 2. | Energiebedarf elektrisch | | max. 40 |
| B 2. 1a | Lüftungsanlage vorhanden | M | 0 |
| B 2. 1b | Lüftungsanlage energieeffizient | | 20 |
| B 2. 2 | Beleuchtung der Allgemeinbereiche energieeffizient | | 10 |
| B 2. 3 | Spülen und Waschen mit Warmwasseranschluss | | 10 |
| B 2. 4 | Photovoltaikanlage | | 35 |
| B 3. | Wasserbedarf | | max. 40 |
| B 3. 1 | Handwaschbecken, Duschkopf wassersparend (Standard) | M | 20 |
| B 3. 2 | Handwaschbecken wassersparend (optimiert) | | 10 |
| B 3. 3 | Duschkopf wassersparend (optimiert) | | 10 |
| C | Baustoffe und Konstruktion | | max. 160 |
| C 1. | Baustoffe | | max. 110 |
| C 1. 1 | Dämmstoffe HFKW-frei | M | 20 |
| C 1. 2 | Fenster, Türen, Rolläden und Rohre - PVC-frei | | 40 |
| C 1. 3 | Folien, Fußbodenbeläge, Tapeten - PVC-frei | M | 40 |
| C 1. 4 | Bitumenvoranstriche, -anstriche und -klebstoffe lösemittelfrei | | 10 |
| C 1. 5 | Baustoffe ökologisch optimiert | | 40 |
| C 2. | Konstruktionen und Gebäude | | max. 100 |
| C 2. 1 | ökologischer Index der them. Gebäudehülle | OI3 _{TGH,BGF} | 100 |
| D | Komfort und Raumluftqualität | | max. 120 |
| D 1. | Thermischer Komfort | | max. 30 |
| D 1. 1 | Gebäude sommertauglich | M | 30 |
| D 2. | Raumluftqualität | | max. 110 |
| D 2. 1b | Komfortlüftung optimiert (Schall, Luftfilter etc.) | M | 60 |
| D 2. 2 | Verlegewerkstoffe emissionsarm | | 10 |
| D 2. 3 | Bodenbeläge emissionsarm | | 15 |
| D 2. 4 | Holzwerkstoffe emissionsarm | | 15 |
| D 2. 5 | Wand- Deckenanstriche emissionsarm | | 10 |
| D 2. 6 | Messung der flüchtige Kohlenwasserstoffe und Formaldehyd | | 25 |
| | | Gesamt | 1.000 |

Version 3.3.6 vom 30.10.2008

Tabelle 2: Kriterienkatalog klima:aktiv Passivhaus [KLI08]

Erläuterungen zu den einzelnen Kriterien:

A Planung und Ausführung

A.1 Planung

A.1.1 Qualität der Infrastruktur (Nähe zu Schule, ÖPNV etc.)

Das Kriterium ist erfüllt, wenn **mindestens drei verschiedene** der nachfolgenden **Einrichtungen** im Umkreis von **500 m Luftlinie** vorhanden sind:

- Lebensmittelversorger
- Freizeiteinrichtungen (Sport/kulturell/sozial) z. B. Tennisplatz, Parks, Spielplätze
- Kinderbetreuung, Kindergarten
- Pflichtschulen (Volks- oder Hauptschule) oder weiterbildende höhere Schulen
- Haltestelle öffentlicher Verkehr

Pro Themenbereich kann nur eine Einrichtung angerechnet werden, der Nachweis erfolgt mittels Lageplan.

A.1.2 Fahrradabstellplatz – überdacht, absperbar, einfach zugänglich

Damit Fahrräder verstärkt als klimaschonende Transportmittel verwendet werden, muss es einfach verfügbar sein. Überdachte, leicht zugängliche und absperbare Abstellplätze erleichtern die Verwendung des Fahrrades. Das Kriterium gilt als erfüllt, wenn Fahrrad-Stellplatz entsprechend den Anforderungen des aktuellen Kriterienkataloges in Bezug auf die beheizte Bruttogeschossfläche nachgewiesen wird.

A.1.3a Barrierefreies Bauen - Teilausbau

A.1.3b Barrierefreies Bauen - Vollausbau

Die Barrierefreiheit ermöglicht auch die Nutzung des Gebäudes für Menschen mit eingeschränkter Mobilität und Sinneswahrnehmung. Im klima:aktiv Programm wird unter Barrierefreiheit sowohl die rollstuhlgerechte, wie auch die altersgerechte Nutzbarkeit verstanden.

Folgende Anforderungen werden gefordert:

- Stufenloser und schwellenloser Zugang zum Gebäude vorhanden.
- Durchgänge und Türen mind. 0,80m Lichte.
- Teilausbau: **Eine Raum** muss zu einer barrierefrei zugänglichen und nutzbaren kombinierten Nasszelle (WC+Dusche oder Bad) mit einem Wendekreis von 1,5m umgebaut werden können.
- Vollausbau: **Eine von Anfang an vorhandene Nasszelle** muss zu einer barrierefrei zugänglichen und nutzbaren kombinierten Nasszelle (WC+Dusche oder Bad) mit einem Wendekreis von 1,5m umgebaut werden können.

Folgende Anforderung ist beim **Teilausbau** zeichnerisch darzustellen:

- In der Wohnung/ im Haus ist eine barrierefrei erreichbare und barrierefrei nutzbare kombinierte Nasszelle (WC und Dusche oder Bad) zu **planen**.

Das bedeutet, der **planliche Nachweis der Möglichkeit des Umbaus** genügt!
Barrierefrei bedeutet, dass in mehrgeschossigen Wohnungen oder auch Häusern auch **in der Zugangsebene eine barrierefreie kombinierte Nasszelle planerisch nachzuweisen** ist.

Folgende Anforderung ist beim **Vollausbau** zeichnerisch darzustellen:

- In der Wohnung/ im Haus ist eine barrierefrei erreichbare Nasszelle so auszuführen, dass sie mit geringen Anpassungen in eine barrierefrei nutzbare, kombinierte Nasszelle (WC und Dusche oder Bad) **umgebaut werden kann**.

Das bedeutet auch in diesem Fall, der planliche Nachweis der Möglichkeit des Umbaus genügt! Barrierefrei bedeutet, dass in mehrgeschossigen Wohnungen oder auch Häusern auch in der Zugangsebene eine barrierefreie kombinierte Nasszelle vorhanden sein muss, bzw. **durch geringfügige Arbeiten angepasst werden kann**.

Barrierefrei nutzbar bedeutet, dass ein Wendekreis von 1,50m möglich ist.

A.1.4b Gebäudehülle wärmebrückenfrei

Wärmeverlust und Schäden durch Feuchtigkeit werden durch weitestgehende Vermeidung von Wärmebrücken minimiert. Beim Kriterium wärmebrückenfrei wird der **mittlere U-Wert durch Wärmebrücken nicht erhöht** bzw. **alle Bauteilanschlüsse haben einen Wärmebrückenkoeffizienten von max. 0,01 W/mK**. Die wärmebrückenfreie Ausführung ist **zeichnerisch** und **quantitativ** (durch Berechnung oder aus Wärmebrückenkatalogen) nachzuweisen.

A.2 Ausführung

A.2.1b Gebäudehülle luftdicht (Passivhaus)

- *Muskriterium*

Durch Undichtheiten in der Gebäudehülle werden oftmals Feuchte bedingte Schäden verursacht. Außerdem werden durch diese Undichtheiten zusätzliche Wärmeverluste in Form von Infiltrationsluftwechsel verursacht. Im Passivhausbau ist ein Luftwechsel beim Drucktest von $n_{50} \leq 0,6$ 1/h gefordert.

B Energie und Versorgung

B.1 Wärmebedarf und -versorgung

B.1.1b Passivhaus nach PHPP (Primärenergiebedarf auf Passivhausniveau)

- *Muskriterium*

Das Kriterium gilt als erfüllt, wenn der Gesamt-Primärenergiebedarf für Heizung, Warmwasserbereitung und Hilfsstrom für Heizung und Lüftung den Wert von **65kWh/m²_{WNF·a}** nicht überschreitet und ein Heizwärmebedarf von max. **15kWh/m²_{WNF·a}** eingehalten wird.

Klima:

Für den PH-Nachweis sollen die Klimadaten gemäß ÖNORM B 8110-5 verwendet werden (siehe Kapitel 3.1) auch wenn im klima:aktiv Kriterienkatalog auch andere Möglichkeiten

angeboten werden: Standortklima (am besten geeigneter, im PHPP vorhandener Klimadatensatz) oder Referenzklimadatensatz (PHPP-Klimadatensatz) der vom Regionalpartner für das Bundesland festgesetzt wurde.

Verschattung:

Im klima:aktiv Kriterienkatalog wird auch für die Verschattung als Vereinfachung angeboten, einen PHPP-defaultwert von 0,75 einzusetzen.

Anm.: Dieser Wert wird allerdings in vielen Fällen auf Grund der Horizontverschattung nicht erreicht, es sind dann deutlich stärkere Verschattungen anzunehmen. In ungünstigen Lagen sind Werte um 0,25 oder weniger möglich.

Komfortlüftung mit Wärmerückgewinnung:

Der Wärmebereitstellungsgrad von Komfortlüftungsanlagen mit Wärmerückgewinnung kann auf drei Arten ermittelt werden:

- Prüfwert bei Messung gemäß Reglement des Passivhaus Instituts, Darmstadt (PHI). Diese Werte entsprechen der Effizienz im eingebauten Zustand am Besten. Geräte, die nach dem Messreglement des PHI zertifiziert wurden, sind unter: www.passiv.de > Zertifizierung > zertifizierte Produkte > Lüftungsanlagen abrufbar.
- Prüfwert bei Messung gemäß Reglement des Deutschen Instituts für Bautechnik (DiBt). Messungen nach diesem Reglement werden u.a. vom TZWL in Dortmund, vom TÜV Süddeutschland und vom Institut für Gebäudeenergetik der Universität Stuttgart durchgeführt. Ergebnisse werden u.a. im TZWL-Bulletin veröffentlicht (Bezug: www.TZWL.de). In den Berechnungen nach PHPP wird ein korrigierter Messwert eingetragen (Anm.: die Messanordnung ist nicht auf Passivhausanforderungen ausgerichtet und ergibt zu günstige Werte). Deshalb werden vom niedrigsten Messwert bei den Messpunkten 2 und 3 12 Prozentpunkte abgezogen.
 - Beispiel: niedrigster Messwert nach DiBt-Reglement: 89%, daraus folgt nach Abzug von 12 Prozentpunkten ein Wert von 77%, der in die PHPP-Berechnungen eingesetzt werden darf.
- Sind keine Messwerte bekannt, so können die Default-Werte nach Entwurf ÖNORM B 8110-6:2007 [ÖEN07d] verwendet werden. Diese Werte für den Wärmebereitstellungsgrad betragen in Abhängigkeit vom Wärmetauscher-Prinzip:
 - 75% für Gegenstrom-Wärmetauscher (Anm.: derzeit in Diskussion, diesen Wert auf 65 % zu senken)
 - 50% für Kreuzstrom-Wärmetauscher
 - 50% für sonstige Wärmerückgewinnungsarten

Diese Default-Werte der ÖNORM entsprechen den Default-Werten in PHPP.

Wichtiger Hinweis:

Die PHPP-Berechnung mit den beschriebenen Vereinfachungen dient nur dem Nachweis der klima:aktiv Haus - Kriterien. Zur energetischen Optimierung geplanter Gebäude und zur Auslegung der technischen Systeme sind nach wie vor PHPP-Berechnungen mit Standortklima (Anm. d. Autoren: gemäß ÖNORM B 8110-5 [ÖEN07c]), unter Berücksichtigung aller Verschattungsquellen etc. durchzuführen. Diese genaueren Berechnungen sind besonders dann unverzichtbar, wenn die Passivhausgebäude über die Lüftungsanlage beheizt werden sollen. Der Nachweis der Zuluftbeheizbarkeit (Grenzwert: 10 W/m²) kann wie bisher nur mit den genauen Projektdaten geführt werden.

[KLI08]

B.2 Energiebedarf elektrisch

B.2.1a Lüftungsanlage vorhanden

- *Musskriterium*

B.2.1b Lüftungsanlage energieeffizient

Luftmengenspezifische Leistungsaufnahme:

Das Kriterium gilt als erfüllt, wenn die elektrische Leistungsaufnahme den Wert von **0,45 Wh/m³** nicht übersteigt. Sehr gute Anlagen können diesen Wert deutlich unterschreiten.

Wärmebereitstellungsgrad:

Das Kriterium gilt als erfüllt, wenn der Wärmebereitstellungsgrad mindestens 75% beträgt. Weitere nicht energetische Anforderungen an Lüftungsanlagen sind im Kriterium D 2.1b definiert.

B.2.2 Beleuchtung der Allgemeinbereiche energieeffizient

Gute Tageslichtversorgung, bedarfsgerechte Steuerung mit Bewegungsmeldern, Schalter mit automatischer Ausschaltung, Energiesparlampen, Leuchtstoffröhren mit elektronischen Vorschaltgeräten sowie Jalousien mit Lichtlenkungslamellen sind die möglichen Maßnahmen für dieses Kriterium.

B.2.3 Spülen und Waschen mit Warmwasseranschluss

Dieses Kriterium trägt der Forderung Rechnung, dass Strom, wegen des ungünstigen Primärenergiefaktors, nach Möglichkeit nicht zur Aufbereitung von Warmwasser oder zur Erzeugung von Raumwärme eingesetzt werden soll.

Zur Erfüllung des Kriteriums sind für Geschirrspül-, wie auch Waschmaschine jeweils ein Warm- und ein Kaltwasseranschluss vorzusehen.

B.2.4 Photovoltaikanlage

Als Mindestanforderungen gelten:

- In Einfamilien- und Reihenhäusern: $1 \text{ kW}_{\text{peak}}$
- In Geschosswohnbauten: $5 \text{ W}_{\text{peak}}/\text{m}^2_{\text{BGFh}}$

B.3 Wasserbedarf

B.3.1 Handwaschbecken, Duschkopf wassersparend (Standard)

- *Musskriterium*

Zur Erfüllung des Kriteriums gelten folgende Grenzwerte:

- Max. Durchfluss bei Handwaschbecken: **9 l/min**
- Max. Durchfluss bei Duschkopf: **12 l/min**

B.3.2 Handwaschbecken wassersparend (optimiert)

Zur Erfüllung des Kriteriums gilt folgender Grenzwert:

- Max. Durchfluss bei Handwaschbecken: **6 l/min**

B.3.3 Duschkopf wassersparend (optimiert)

Zur Erfüllung des Kriteriums gilt folgender Grenzwert:

- Max. Durchfluss bei Duschkopf: **9 l/min**

C Baustoffe und Konstruktion

C.1 Baustoffe

C 1.1 Dämmstoffe HFKW-frei (inkl. Montageschaum)

- *Musskriterium*

HFKW (teilhalogenierte Fluor-Kohlenstoffe) sind extrem klimaschädlich. Als Treibmittel werden HFKWs noch immer in der Dämmstoffherstellung eingesetzt, obwohl es umweltfreundlichere Alternativen, wie etwa die Verwendung nachwachsender Rohstoffe oder die Schäumung mit CO₂ oder Pentan, gibt. Alle eingesetzten Dämmstoffe und Montageschäume müssen HFKW-frei hergestellt sein. Für Wärmedämmstoffe gilt das Kriterium u.a. als erfüllt, wenn die Produkte nach (UZ 43) des österreichischen Umweltzeichens ausgezeichnet sind. Eine Übersicht über HFKW freie und HFKW haltige XPS Platten findet sich unter <http://www.bauxund.at/165/>.

C.1.2 Fenster, Türen, Rollläden – PVC-frei

Zur Erfüllung des Kriteriums müssen alle Fenster, Türen und Rollläden PVC-frei sein.

C.1.3 Rohre, Folien, Fußbodenbeläge, Tapeten – PVC-frei

- *Musskriterium*

Für die folgenden Bereiche dürfen ausschließlich PVC-freie Materialien eingesetzt werden: Abdichtungsbahnen, Folien, Fußbodenbeläge, und Tapeten auch als Verbundmaterial (z.B. bei Korkböden, Teppichen etc).

Für Fußbodenbeläge wird das Kriterium u.a. durch Beläge erfüllt, die nach der Richtlinie Fußbodenbeläge (UZ 56) des österreichischen Umweltzeichens ausgezeichnet sind (www.umweltzeichen.at).

C.1.4 Bitumenvoranstriche, -anstriche und -klebstoffe – lösemittelfrei

Die Emission von Lösungsmitteln gefährdet die Umwelt durch den Abbau der Ozonschicht in der Stratosphäre und die Entstehung atmosphärischen Ozons. Eine Reduktion von Lösungsmitteln kommt dem Klimaschutz direkt zugute.

Der Nachweis erfolgt durch mit dem Gis-Code BBP10 gekennzeichnet lösefreie Bitumenprodukte (www.gisbau.de)

C.1.5 Baustoffe ökologisch optimiert

Anerkannt werden alle **Bauprodukte**, die im **Rohbau** und im **Innenausbau** zur Anwendung gelangen und besonders hohe Umweltstandards erfüllen. Die Anforderung gilt als erfüllt, wenn das Bauprodukt mit einem der folgenden Qualitätssiegel ausgezeichnet ist:

- **Österreichisches Umweltzeichen**
- **natureplus**
- **IBO-Prüfzeichen**

Pro Baustoff, der die Anforderungen erfüllt und zu mindestens 80% in der Fläche der folgenden Bauteile eingebaut ist, werden 5 Punkte vergeben: Außenwand; Innenwand/Trennwand; Zwischendecke; Dach/Oberste Geschossdecke; Bodenplatte/Kellerdecke

[KLI08]

C.2 Konstruktionen und Gebäude

C.2.1 ökologischer Index der thermischen Gebäudehülle ($OI3_{TGH,BGF}$)

Der ökologische Herstellungsaufwand für ein Gebäude im derzeitigen Baustandard ist in etwa gleich hoch wie der ökologische Aufwand für die Beheizung eines Passivhauses über 100 Jahre.

Der hier verwendete Ökoindex 3 ($OI3_{TGH,BGF}$) bewertet die thermische Gebäudehülle. Ziel ist die Optimierung der Bauweise auch in Bezug auf den Herstellungsaufwand. Es werden drei Kenngrößen ermittelt und auf einen Punktebereich von 0 bis 100 Punkten umgelegt. Diese drei Umweltkategorien sind:

- Der **Primärenergiebedarf** nicht erneuerbar (PEI n.e.)
- Das **Treibhauspotenzial** (GWP) und
- Das **Versäuerungspotenzial** (AP) je Quadratmeter eines Bauteils.

Die Berechnung des $OI3$ Index kann mit verschiedenen Programmen zur Energieausweisberechnung mitberechnet werden. Die ökologischen Kennwerte sind auch in der Gebäudeplattform zu finden (www.baubook.at)

D Komfort und Raumluftqualität

D.1 Thermischer Komfort

D.1.1 Gebäude sommertauglich

- *Musskriterium*

Im Detail ist eine Nachweisführung anhand von vier Wegen möglich:

- Rechnerischer Nachweis nach ÖNORM B 8110-3.
- Nachweis eines außen liegenden, beweglichen Sonnenschutzes mit einem z-Wert von 0,27 für Fenster mit Süd-, Ost-, West- und Zwischenorientierungen. (Anm.: Dieser Nachweis allein genügt mit Inkrafttreten der OIB Richtlinie 6 nicht mehr)
- Rechnerischer Nachweis durch dynamische Gebäudesimulation. Dabei wird nachgewiesen, dass die Behaglichkeitstemperatur von 25°C nur in 10% der Jahresstunden überschritten werden darf.
- Berechnung der Übertemperaturhäufigkeit mit Hilfe des Passivhaus Projektierungs Paketes PHPP. Auch hier muss die Überschreitung der Übertemperaturhäufigkeit unter 10% liegen.

D.2 Raumluftqualität

D.2.1b Komfortlüftung mit Wärmerückgewinnung optimiert (Schall, Luftfilter etc.)

- *Musskriterium*

Das Kriterium gilt als erfüllt, wenn folgende Anforderungen eingehalten werden:

- Zuluftmenge nach ÖNORM H 6038
- Abluftmenge nach ÖNORM H 6038
- Zuluftmenge bei Standard-Personenbelegung und 30m³/h Luftvolumenstrom
- Luftwechselraten $\geq 0,3$ 1/h

Weiters müssen folgende Kriterien eingehalten werden:

- Schalldruckpegel in Wohn- und Funktionsräumen bei Auslegungsvolumenstrom: max. 25dB
Anm.: Vielfach werden die Werte 23 dB(A) in Schlaf- und Kinderzimmer, 25 dB(A) in Wohnräumen und Küchen und 27 dB(A) in Ablufträumen als Grenzwerte angegeben. Bei diesen Werten handelt es sich um $L_{AF,max,nT}$ -Werte. Es ist zu empfehlen, die Werte mit dem Auftraggeber abzustimmen. Für besonders hohe Anforderungen können die angeführten Werte tiefer angesetzt werden.
- Gut zugängliche, ohne Werkzeug wechselbare Filter, autom. Anzeige Filterwechsel.
- Außenluftfilter mindestens F7 nach DIN EN 779, Abluftfilter mindestens G4 nach DIN EN 779.
- Max. interner Leckluftstrom 3% bei 100 Pa.
- Die Anlage kann in mindestens drei Stufen an den Bedarf angepasst werden.
- Hinweis an Nutzer, dass der Dunstabzug in der Küche ev. nur im Umluftbetrieb geführt werden soll.
- Hinweis an Nutzer, dass nur Kondensationswäschetrockner eingesetzt werden dürfen.
- Hinweis an Nutzer, dass Heizanlagen und Feuerstätten innerhalb der luftdichten Hülle nur raumluftunabhängig betrieben werden können.
- Gerät verfügt über Bypass zur Umgehung der WRG im Sommer.
- Außenluftansaugung in mind. 1,5m Höhe und mit ausreichendem Abstand zu Parkplätzen und Mülllagerplätzen
- Disbalance zwischen Außenluft- und Fortluftmassenstrom dauerhaft $\leq 10\%$

D.2.2 Verlegewerkstoffe emissionsarm

Durch vollflächige Verklebung von Bodenbelägen können große Mengen an Schad- und Reizstoffen an die Raumluft abgegeben werden, was durch Auswahl von emissionsarmen Verlegewerkstoffen reduziert werden soll.

Werden Bodenbeläge eingesetzt, die **keiner Verklebung** bedürfen, ist das Kriterium erfüllt. Ansonsten sind Grenzwerte für flüchtige organische Substanzen (TVOC = total organic volatile compounds) für einzelne Gruppen von Verlegewerkstoffen nachzuweisen, z.B. mit **Emicode EC1** Prüfzeichen.

D.2.3 Bodenbeläge emissionsarm

Bodenbeläge sind häufig Quellen für Raumluftbelastungen. Zur Vorbeugung und Vermeidung von lang anhaltenden Belastungen der Raumluft durch flüchtige organische Verbindungen (VOC) sind emissionsarme Produkte nach dem Stand der Technik einzusetzen.

Der Nachweis gilt als erfüllt, wenn die im klima:aktiv-Kriterienkatalog angegebenen **Grenzwerte** nicht überschritten werden. Als Nachweis gilt auch die Auszeichnung mit einem der folgenden **Qualitätssiegel**: Österreichisches Umweltzeichen, Deutscher Blauer Engel, natureplus, GuT-Siegel

D.2.4 Holzwerkstoffe emissionsarm

Wenn Holzwerkstoffe in großen Mengen eingesetzt werden, können ihre Inhaltsstoffe wie Formaldehyd oder holzeigene Inhaltsstoffe wie etwa Terpene die Raumluft belasten, auch wenn die z.T. per Gesetz beschränkten Grenzwerte eingehalten werden. In klima:aktiv Häusern werden deshalb besonders emissionsarme Holzwerkstoffe bepunktet.

Werden Holzwerkstoffe in einer Menge verarbeitet, die **unter 100% der BGF** liegt, so gilt die Maßnahme als erfüllt, wenn der gesetzliche Grenzwert für Formaldehyd eingehalten wird. Sonst gelten für Innenraumluft wirksame Emissionsflächen Grenzwerte.

Als Nachweis gilt die Auszeichnung mit einem der folgenden **Qualitätssiegel**: Österreichisches Umweltzeichen UZ 07 Holz und Holzwerkstoffe; Deutscher Blauer Engel RAL UZ 38 für emissionsarme Produkte aus Holz und Holzwerkstoffen; „natureplus“ Richtlinie 0209 Bodenbeläge aus Holz und Holzwerkstoffen oder ein **Messbericht** (Prüfverfahren lt. einem der oben angeführten Prüfzeichen). Werden keine Holzwerkstoffe, sondern **unverleimte/unbehandelte Vollholzprodukte** (z.B.: Diagonalschalung aus Brettern, ...) eingesetzt, so gilt die Maßnahme als erfüllt.

D.2.5 Wand- und Deckenanstriche emissionsarm

Beinahe $\frac{3}{4}$ der Raum umschließenden Flächen entfallen auf Wände und Decken. Daher ist es bei Anstrichen auf diesen Flächen besonders wichtig, auch geringe Lösungsmittlemissionen und andere bedenkliche Inhaltsstoffe wie etwa manche Konservierungsmittel oder Weichmacher zu vermeiden.

Als Nachweis gilt die Auszeichnung mit einem der folgenden **Qualitätssiegel**: Österreichisches Umweltzeichen; Deutscher Blauer Engel; natureplus

Alternativ: **Prüfzeugnis**, das nach Messreglement eines der oben genannten Prüfzeichen erstellt wurde. Als weiterer Nachweis gilt die Selbstdeklaration der Hersteller in der **öbox**. Der Nachweis gilt außerdem als erbracht, wenn **Kalk- oder Leimfarben bzw. kein Anstrich** verwendet wurde.

D.2.6 Messung der flüchtigen Kohlenwasserstoffe und Formaldehyd

Die einfachste Möglichkeit, die Effizienz des Innenraumschadstoffmanagements zu kontrollieren, besteht in der stichprobenartigen Überprüfung der Raumluftqualität von Musterräumen. Die Verwendung von Luft beeinträchtigenden Bauprodukten kann damit einfach nachgewiesen werden. Wenn solch eine Messung im Rahmen der Qualitätssicherung durchgeführt wird, erhält man Klarheit darüber, wie erfolgreich die Baubeteiligten die Vermeidung von Lösungsmitteln und Formaldehydhaltigen Produkten betrieben haben.

Detaillierte Angaben zu den klima:aktiv-Kriterien können in den jeweils aktuellen Kriterienkatalogen (www.klimaaktivhaus.at) nachgelesen werden.

3.5 Zusammenfassende Prüfungsfragen

- In welchen Punkten weicht eine Berechnung nach PHPP von den ÖNORMEN ab?
- Ist die Berücksichtigung der Wärmebrücken durch einen pauschalen Wärmebrückenzuschlag für die Berechnung eines Passivhauses zulässig?
- Mit welchem Wert werden die inneren Lasten bei Wohngebäuden im Energieausweis bzw. nach PHPP angenommen?
- Welche Bedingungen können dazu führen, dass die inneren Lasten nicht erreicht werden, welche Auswirkungen sind zu erwarten, wenn die inneren Lasten zu hoch angesetzt werden?
- Welche Arten der Verschattung sind für die Berechnung eines Passivhauses zu berücksichtigen?
- Beispiele für wesentliche Literaturquellen zum Thema Passivhausbau?

4 Wie wird ein Passivhaus berechnet bzw. nachgewiesen?

4.1 Neue ÖNORM „Passivhaus – zuluftbeheizbare Niedrigstenergiehäuser“

Wie eingangs bereits erwähnt, ist derzeit die Einarbeitung der Passivhaus-Technologie in die österreichische Normung im Gange. Anders als bislang angedacht wird nun auf die Erstellung des Beiblattes 1 zur ÖNORM B 8110-1 [OEN08a] verzichtet und stattdessen eine Adaptierung der gesamten Normen-Serien B 8110, H 50xx, H 6038, H 7500, usw., als auch eine Einarbeitung in die indirekten Normen wie B 2501, ONR 22450-3, etc. angestrebt.

Zumindest mit einer teilweisen Einarbeitung kann vermutlich im Laufe des Jahres 2009 gerechnet werden.

Hauptgrund für die Notwendigkeit der Adaptierung der vorhandenen ÖNORMEN ist die derzeit sehr unbefriedigende Situation, dass diverse Ansätze der Normenserien B 8110, H50xx nicht geeignet sind, die tatsächlich zu erwartenden Energieverbräuche hochenergieeffizienter Gebäude realistisch abzubilden. Um ebenso plausible Werte wie mittels PHPP zu erreichen, muss die „offizielle“ österreichische Normung für diesen Gebäudebereich adaptiert werden, um nach Vorbild des PHPP auch für Niedrigstenergie- und Passivhäuser realitätsgetreue Ergebnisse zu erzielen. Die wesentlichsten Abweichungen zwischen der Berechnung nach PHPP und dem österreichischen Energieausweis auf Basis der derzeit gültigen Normung sind dem Kapitel 3.1 zu entnehmen.

Dieser Schritt trägt weiters dazu bei, dass die derzeit notwendigen Abweichungen zur europäischen und österreichischen Normung bei Berechnungen von Passivhäusern in Zukunft nicht mehr notwendig sind und somit mehr Rechtssicherheit für Nutzer, Planer, Bauherren und Bauschaffende entsteht.

4.2 PHPP „Passivhaus Projektierungs Paket“

4.2.1 Allgemeines

Das Passivhaus Projektierungs Paket (kurz PHPP) wurde vom Passivhaus Institut (PHI) in Darmstadt unter der Leitung von Dr. Wolfgang Feist entwickelt. Zu Beginn der Entwicklung der Passivhausbauweise war es erforderlich, derartige Gebäude mittels detaillierter instationärer Simulationsverfahren abzubilden, um verlässliche Ergebnisse über die Eignung als Passivhaus und die damit zusammenhängende Zuluftbeheizbarkeit zu erhalten.

Da diese Art der Nachweisführung sehr arbeitsintensiv war und auch nach wie vor ist, begann die Arbeit an möglichst realistischen, jahreszeitlich stationären Nachweisverfahren, wie beispielsweise dem heute sehr ausgereifte PHPP des PHI. Das Passivhaus-Projektierungs-Paket wurde anhand umfangreicher dynamischer Eichsimulationen entwickelt. Es ist ein Excel-basierendes Programm mit 35 Eingabeblättern. Das Paket dient zur Berechnung einer Energiebilanz, der Ermittlung der Heizlast, wie auch der Erfassung des Primärenergiebedarfs des Gebäudes.

Aufgrund der Anerkennung der Berechnungsmethode nach PHPP in Fachkreisen, wird zum derzeitigen Zeitpunkt dieser Nachweisweg empfohlen!

Passivhaus Nachweis



| | | |
|------------------------------------|-------------------------------------|--------------------------------------------|
| Objekt: | Passivhaus-Endhaus Kranichstein | |
| Standort und Klimazone: | Darmstadt: Kranichstein | Standard Deutschland |
| Stadl: | | |
| PLZ/Ort: | D-64289 Darmstadt | |
| Land: | Deutschland/Hessen | |
| Objekt-Typ: | Reihenhaus/Wohnungen | |
| Beauftragter: | Bauberatungsgesellschaft Passivhaus | |
| Stoß: | | |
| PLZ/Ort: | D-64289 Darmstadt | |
| Architekt: | Prof. Bott/Ridder/Westermeyer | |
| Stoß: | Jahnstr. 8 | |
| PLZ/Ort: | D-64285 Darmstadt | |
| Hautechniker: | Ing. Dipl.-Ing. Norbert Stärr | |
| Stoß: | Bahnhofstr. 43 | |
| PLZ/Ort: | D-64319 Pfungstadt | |
| Baujahr: | 1991 | |
| Zahl WE: | 1 | Innentemperatur: 20,0 °C |
| Umbauteil Volumen V _u : | 665,0 m ³ | Interne Wärmegewinne: 2,1 W/m ² |
| Personenzahl: | 4,5 | |

| Kennwerte mit Bezug auf Energiebezugsfläche | | | |
|---------------------------------------------------------------------------|--------------------------------|----------------------------|-------------------------|
| Energiebezugsfläche: | 156,0 m ² | Verwendet: Monatsverfahren | PH-Zertifikat: Erfüllt? |
| Energiekennwert Heizwärme: | 14 kWh/(m²a) | 15 kWh/(m ² a) | ja |
| Drucktest-Ergebnis: | 0,2 h ⁻¹ | 0,6 h ⁻¹ | ja |
| Primärenergie-Kennwert (WW, Heizung, Kühlung, Hilfs- u. Haushalts-Strom): | 65 kWh/(m ² a) | 120 kWh/(m ² a) | ja |
| Primärenergie-Kennwert (WW, Heizung und Hilfsstrom): | 37 kWh/(m ² a) | | |
| Primärenergie-Kennwert Einsparung durch solar erzeugten Strom: | kWh/(m ² a) | | |
| Heizlast: | 10 W/m ² | über 25 °C | |
| Übertemperaturhäufigkeit: | 3 % | 15 kWh/(m ² a) | |
| Energiekennwert Nutzkälte: | kWh/(m ² a) | | |
| Kühllast: | 9 W/m ² | | |

| Kennwert mit Bezug auf Nutzfläche nach EnEV | | | |
|-------------------------------------------------------------|--------------------------------|---------------------------|-----------|
| Nutzfläche nach EnEV: | 212,8 m ² | Anforderung: | Erfüllt? |
| Primärenergie-Kennwert (WW, Heizung und Hilfsstrom): | 27 kWh/(m²a) | 40 kWh/(m ² a) | ja |

Wir versichern, dass die hier angegebenen Werte nach dem Verfahren PHPP auf Basis der Kennwerte des Gebäudes ermittelt wurden. Die Berechnungen mit PHPP liegen diesem Antrag bei.

Ausgestellt am: _____
gezeichnet: _____

Abbildung 3: Nachweisblatt einer beispielhaften Berechnung mit dem PHPP 2007 [Quelle: Beispiel aus dem Software-Paket PHPP 2007]

4.2.2 Nachweisblätter des PHPP2007

Die letztgültige Version des PHPP (Stand 2007) beinhaltet die nachfolgend aufgelisteten Tabellenblätter. Die in Klammer gesetzten Blätter sind optional zu verwenden.

- Nachweis: Erfassung der Projektdaten samt zusammenfassender Nachweisführung
- Flächen: Flächenzusammenstellung mit U-Wertzuordnung
- U-Werte: Berechnung der U-Werte der Regelaufbauten der thermischen Hülle
- U-Liste: Liste der verwendeten Bauteile
- Fenster: Berechnung der Fenster-U-Werte
- Fen-Typ: Liste der verwendeten Fenster (Rahmen, Verglasungen, Einbausituation)
- (Erdreich: Reduktionsfaktoren gegen das Erdreich)

- Verschattung: Berechnung der Verschattungsfaktoren
- Lüftung: Berechnung der Luftmengen und des Wärmebereitstellungsgrades sowie die Auswertung der Drucktestergebnisse
- Heizwärme: Nachweis Energiekennwert Heizwärme nach PHPP-Jahresverfahren
- (Monatsv: Nachweis Heizwärmebedarf nach Monatsverfahren, sofern im Nachweisblatt gewählt)
- Heizlast: Nachweis der Heizlast nach PHPP
- Sommer: Berechnung der Übertemperaturhäufigkeit im Sommer
- Verschattung-S: Berechnung der Verschattungsfaktoren Sommerfall
- (SommLuft: Bestimmung der Sommerlüftung, sofern verwendet)
- WW-Verteil: Berechnung der Wärmeverluste der Heizungs- und Warmwasserverteilungssysteme
- (SolarWW: Falls Solaranlage vorhanden, Berechnung des solaren Deckungsanteils für den Warmwasserbedarf)
- Kompakt, Kessel oder Fernwärme: Nachweis des Jahresnutzungsgrades der Wärmeerzeuger
- Strom: Berechnung des Strombedarfs
- Hilfsstrom: Berechnung des Hilfsstrombedarfs
- PE-Kennwert: Berechnung des Primärenergiekennwerts
- Klimadaten: Auswahl der Klimadaten, falls nicht Standard
- (Kühlung: Nachweis Energiekennwert Nutzkälte, falls aktive Kühlung verwendet)
- (Kühllast: Nachweis der Kühllast, falls aktive Kühlung verwendet)
- (Kühlgeräte: Berechnung der Kühlgeräte, falls aktive Kühlung verwendet)

Wie der Liste zu entnehmen ist, kann auch der Energiebedarf für etwaige Kühlung abgebildet werden. Da der Nachweis im PHPP alle relevanten Energieverbräuche darstellen soll, ist der Energiebedarf für Kühlung selbstverständlich auch in die Primärenergiebilanz aufzunehmen. Bei Gebäuden mit aktiver Kühlung ist naturgemäß der Grenzwert für die Primärenergie ($\leq 120 \text{ kWh/m}^2 \cdot \text{a}$) umso schwieriger einzuhalten. Detailliertere Hinweise zur Kühlung und dem richtigen Sommerverhalten in Passivhäusern können dem Kapitel „Sommertauglichkeit“ entnommen werden.

4.2.3 PHVP - „Passivhaus Vor-Projektierungs Paket“

Das Passivhaus Vor-Projektierungs Paket ist eine stark gekürzte, vereinfachte Version des PHPP. Es dient Planern vorab zur Abschätzung der thermischen Kennwerte (HWB und HL). Dieses Programm kann kostenlos von der Homepage des Passivhaus Instituts heruntergeladen werden (www.passiv.de).

4.2.4 Zertifizierung von Gebäuden und Planern

Passivhaus-Gebäude-Zertifizierung durch das PHI

Gerade für noch unerfahrene Passivhaus-Planer ist es sinnvoll das Gebäude durch das PHI oder eines vom PHI beauftragten Partners als „qualitätsgeprüftes Passivhaus“ zertifizieren zu lassen. Durch die Zertifizierung wird ein hohes Maß an Funktionssicherheit erreicht. Somit kann davon ausgegangen werden, dass das projektierte Gebäude auch allen Anforderungen eines Passivhauses entspricht.

Im Rahmen einer Zertifizierung, die sich von der Planungsphase bis zur Ausführung erstreckt, werden die Pläne und Berechnungen, wie auch das errichtete Gebäude selbst geprüft. Bei einer Zertifizierung sind die nachfolgend angeführten Unterlagen und Nachweise vorzulegen:

Nachweisblätter des PHPP2007:

Es sind zumindest die unter Punkt 4.2.2 angeführten Tabellenblätter beizulegen.

Planunterlagen:

Weiters werden folgende Planunterlagen zur Prüfung der Berechnungen gefordert:

- Lageplan mit Gebäudeorientierung, Verschattungssituation muss nachvollziehbar sein.
- Entwurfs- (1:100) oder bereits Ausführungspläne (1:50) mit nachvollziehbarer Vermaßung zur Massenkontrolle.
- Positionspläne der Hüllflächen, Fenster und, falls vorhanden, auch der Wärmebrücken zur eindeutigen Zuordenbarkeit.
- Nachvollziehbare Berechnung der Energiebezugsfläche.
- Haustechnikpläne mit Angaben über Lüftung, Heizung, Trinkwasserversorgung, usw., detaillierte Darstellung der Lüftungsanlage samt Auslegung, Volumenströme, Schallschutz, Filter, Zu- und Abluftventile und alle weiteren relevanten Angaben.
- Detailzeichnungen aller Anschlüsse der thermischen Gebäudehülle.

Technische Informationen, ggf. mit Produktdatenblättern:

- Angaben über die einzubauenden Fenster und Türrahmen mit zeichnerischer Darstellung.
- Angaben über die einzubauenden Verglasungen.
- Kurze Beschreibung des geplanten haustechnischen Versorgungssystems.
- Hersteller, Typ und technische Datenblätter aller haustechnischen Komponenten.
- Angaben zum Erdreichwärmetauscher, falls vorhanden.
- Angaben über Länge und Dämmstandard der Versorgungsleitungen (Warmwasser und Heizung) sowie der Lüftungskanäle zwischen Wärmetauscher und thermischer Gebäudehülle.
- Konzept zur Realisierung der effizienten Stromnutzung. Wird dieser Punkt nicht nachgewiesen, werden Mittelwerte der am Markt verfügbaren Geräte angesetzt (Standardwerte PHPP).

Nachweis der luftdichten Gebäudehülle gemäß DIN EN 13829:

Abweichend von der DIN EN 13829 ist je eine Messreihe für Überdruck und für Unterdruck erforderlich. Der Drucktest wird nur für den beheizten Gebäudeteil durchgeführt. Der Test sollte zu einem Zeitpunkt vorgenommen werden, wenn die luftdichte Ebene noch zugänglich ist und etwaige erforderliche Ausbesserungsmaßnahmen noch ohne hohen Aufwand durchgeführt werden können.

Beispielsweise sollten die Fenster und Türen bereits luftdicht eingebaut sein, der Vollwärmeschutz sollte jedoch noch nicht aufgebracht worden sein, damit mögliche Fehlstellen an der luftdichten Ebene nachgebessert werden können. (Im Passivhaus-

Massivbau wird die Fensterkonstruktion i.d.R. von außen an den Wandbildner montiert, also in der Dämmebene. Die Luftdichtheit wird durch Fugenbänder und Verklebung gewährleistet.)

Der Drucktest ist von einer vom Auftraggeber bzw. Bauherren unabhängigen Institution oder Person durchzuführen.

Die Mindestanforderung an die Luftdichtheit von Passivhäusern liegt bei $n_{50} = 0,6$ l/h. Insbesondere bei Massivbauten können durchaus deutlich bessere Ergebnisse erzielt werden. Bei detaillierter Planung der luftdichten Ebene und fachgerechter Bauausführung sind Werte in der Größenordnung von unter 0,3 l/h zu erreichen. Es ist jedoch nicht anzuraten die Einhaltung der thermischen Passivhaus-Kenngrößen (HWB und HL) an die Notwendigkeit von Luftdichtheiten von unter 0,25 l/h zu binden. Auch wenn der n_{50} -Wert einen sehr deutlichen Einfluss auf das Berechnungsergebnis hat und sich somit vielfach als „Schraube“ um einen positiven Nachweis zu erreichen anbietet, sollten derartig geringe Werte nur im Ausnahmefall als Ziel vorgegeben werden. Trotz sorgfältigster Planung und Ausführung ist nicht garantiert, dass sie erreicht werden und die daher ggf. erforderlichen Nachbesserungsarbeiten können ein beträchtliches Ausmaß annehmen.

Die luftdichte Hülle der Außenwände wird im Leichtbau durch verklebte Folien oder verspachtelte und verklebte Plattenwerkstoffe gebildet. Im Massivbau wird die luftdichte Ebene entweder bei Mauerwerksbauten durch die innere Putzschicht oder im Stahlbetonbau durch die massive Wand selbst gebildet. Die Erfahrungen zeigen, dass gerade im Hinblick auf die Dauerhaftigkeit und Sicherheit der Luftdichtheit der Massivbau Vorteile hat. Im Leichtbau muss durch die Vielzahl an Stoß- und dadurch potenziellen Fehlstelle die Luftdichtheit mit noch größerer Sorgfalt als im Massivbau behandelt werden.

Einregulierungsprotokoll der Lüftungsanlage:

Genauere Anforderungen siehe [FEI07].

Bauleitererklärung:

Die Erklärung dient zur Bestätigung der Ausführung gemäß geprüfter Passivhaus-Projektierung. Abweichungen sind zu benennen und für abweichende Produkte ist ein entsprechender Nachweis zu erbringen.

Fotos:

Der Baufortschritt ist mit Fotos zu dokumentieren.

Sonstige Nachweise:

Werden günstigere Annahmen als im PHPP getroffen, sind diese gesondert nachzuweisen. [FEI07]

Das Passivhaus Institut hat die Berechtigung für Passivhaus-Zertifizierungen an einige Ingenieurbüros und Institute vergeben. Eine Liste dieser Zertifizierungsstellen ist unter www.passiv.de ersichtlich.

Alternativ zur Zertifizierung durch das PHI hat sich auch die Projektbeteiligung und begleitende Kontrolle der Planung durch im Passivhausbau sehr erfahrene Ingenieurbüros als zielführend herausgestellt. Hierbei werden die Planer insbesondere bei den bauphysikalischen Berechnungen, den Besonderheiten des Entwurfs, der Auswahl und Ausbildung der

haustechnischen Anlagen und der Ausschreibung unterstützt. Darüber hinaus ist auch eine begleitende Betreuung während der Bauphase zu empfehlen.

„Zertifizierter Passivhaus-Planer“

Interessierte Planer können sich in einem Lehrgang des PHI zu „zertifizierten Passivhaus-Planern“ ausbilden lassen. Nach Absolvierung dieses Kurses kann eine Prüfung abgelegt werden. Wurde diese positiv absolviert, wird dem Planer bzw. dem Planungsbüro durch das PHI der Titel „Zertifizierter Passivhaus-Planer“ verliehen. Hintergrund dieser Initiative ist einerseits die weitere und qualitativ hochwertige Verbreitung der Passivhaus-Technologie und andererseits wird dadurch den Unternehmen die Möglichkeit einer besseren Marktpositionierung geboten.

Das Angebot richtet sich an Ziviltechniker, wie auch planende Baumeister sowie deren Angestellte.

„Zertifizierter klima:aktiv-Planer“

Das Zertifikat klima:aktiv <Berufsbezeichnung> beruht auf einer Kooperation des WIFI mit der Initiative klima:aktiv des Lebensministeriums und bietet dem Zertifikatsinhaber darüber hinaus die Möglichkeit einer „Kompetenzpartnerschaft“ mit der Initiative klima:aktiv.

Bildung ist heute nicht mit formal erworbenen Qualifikationen (Schulzeugnissen) abgeschlossen, sondern sucht nach Anerkennung von Kenntnissen und Fähigkeiten, die im Laufe des Erwerbslebens gewonnen wurden. Dies kann durch eine Personenzertifizierung erreicht werden, die bescheinigt, dass der/die Zertifikatsinhaber/in auf konkreten Fachgebieten hinreichend fachliche Kompetenz besitzt und damit festgelegte Anforderungen erfüllt, die auch gegenüber Dritten sichtbar und nachvollziehbar gemacht werden. Die WIFI-Zertifizierungsstelle ist als Stabstelle im WIFI der Wirtschaftskammer Österreich eingerichtet.

Das Zertifikat klima:aktiv <Berufsbezeichnung> steht für Qualität in der Gebäudeplanung und Ausführung, soll das Vertrauen der Bauherrschaften wecken und kompetente Fachleute auszeichnen, die in der Lage sind,

- die Kriterien für ein „klima:aktiv Haus“ richtig anzuwenden und technisch einwandfreie Niedrigenergie- und Passivhäuser zu planen und zu errichten
- und gleichzeitig die aktuellen ökologischen Kriterien der Wohnbauförderung des Bundeslandes, in dem der Firmensitz ist, umzusetzen.

Die technisch einwandfreie Planung und Ausführung bezieht sich auf das Erreichen des Niedrigenergiehaus- bzw. Passivhausstandards sowie weiterer Maßnahmen im Sinne der Umwelt- und Gesundheitsvorsorge. Die Anforderungen umfassen vor allem die Kenntnis und richtige Anwendung der klima:aktiv Haus-Kriterien bzw. klima:aktiv Passivhaus-Kriterien (Kriterienkatalog www.klimaaktivhaus.at, www.oebox.at/kahg/. Detaillierte Beschreibung der Inhalte siehe Zertifizierungsanforderung der Zertifizierungsstelle WIFI.)

Mit dem Zertifikat ist die Berechtigung verbunden, die Bezeichnung klima:aktiv in Verbindung mit der bereits gültigen Berufsbezeichnung zu verwenden (Beispiel klima:aktiv Baumeister). Das Zertifikat wird an Personen mit einschlägiger Berufsausbildung auf begrenzte Dauer verliehen.

(Baumeister, Zimmermeister, Planer, Architekt, Bautechniker, Mitarbeiter technischer Büros, Energieberater, Fassadentechniker oder Abschluss einer fachlich einschlägigen TU, FH oder HTL oder gleich- bzw. höherwertige Kenntnisse).

Voraussetzung ist der Nachweis der Teilnahme am Qualifizierungsprogramm klima:aktiv bauen (Teilnahmebestätigung) oder der Nachweis einer zumindest vergleichbaren Qualifizierung.

Nach erfolgter Antragsprüfung wird die Kompetenz der Kandidaten/-innen entsprechend den Anforderungen des Zertifizierungsprogrammes durch die WIFI-Zertifizierungsstelle bzw. dessen Kooperationspartner im Rahmen von klima:aktiv wie folgt geprüft:

Nachweis eines erfolgreich deklarierten klima:aktiv Hauses oder klima:aktiv Passivhauses:

Voraussetzung für die Zertifizierung und eine klima:aktiv Kompetenzlogonutzung ist die vollständige Eingabe eines klima:aktiv Gebäudes in die klima:aktiv Gebäudedatenbank inklusive der erforderlichen Nachweise: <http://www.oebox.at/kahg>

Das deklarierte klima:aktiv Haus oder klima:aktiv Passivhaus muss ein Bauprojekt sein, dessen Planung im Wesentlichen vom Zertifikatswerber durchgeführt wurde. Es kann ein bereits ausgeführtes Referenzobjekt sein, aber auch ein noch nicht ausgeführtes Projekt kann deklariert werden, sofern die Planung den erforderlichen Detaillierungsgrad aufweist. Im Falle eines noch nicht ausgeführten Projektes ist u.a. der noch nicht durchführbare Nachweis der Luftdichte nachzuliefern bzw. die entsprechenden Maßnahmen zur Erreichung der Gebäudedichtheit im Prüfungsgespräch zu erläutern.

Voraussetzung für die Zertifizierung und eine klima:aktiv Kompetenzlogonutzung ist die positive Überprüfung der Eingabe des Projektes in die Datenbank, diese erfolgt durch das Programm klima:aktiv.

Realisierte klima:aktiv Häuser und klima:aktiv Passivhäuser können auf den Best Practice Webseiten von klima:aktiv präsentiert werden: <http://www.klimaaktiv-gebaut.at/>
Präsentation des Projektes vor einer Kommission der WIFI-Zertifizierungsstelle und Erläuterung der Maßnahmen zur Qualitätssicherung in der Ausführung im Prüfungsgespräch.

Voraussetzungen zur Aufrechterhaltung des Zertifikates sind:

- Nachweis der Beschäftigung im Fachgebiet Bau
- Laufender Nachweis der Weiterbildung
- Laufender Nachweis von Referenzprojekten
- Weiterleitung schriftlicher Reklamationen
- Keine missbräuchliche Zertifikatsverwendung

4.3 Energieausweis

An dieser Stelle soll nochmals darauf hingewiesen werden, dass die Passivhausnachweisführung allein anhand des Energieausweises nicht zuverlässig ist und jedem Planer dringend von einer solchen Vorgehensweise abgeraten wird. Um die Funktionstüchtigkeit als Passivhaus, und hierbei sind insbesondere die zuluftbeheizten Gebäude zu nennen, realitätsgetreu abbilden zu können, sind detailliertere Berechnungen (derzeit PHPP oder dynamische Gebäudesimulationen) unerlässlich!

Neben den bisher genannten Gründen soll auch das nachfolgende Kapitel die besondere Wichtigkeit der richtigen Nachweisführung aufzeigen.

4.4 PH-Excel-Schätz-Tool der MA 39

Im Rahmen dieses Forschungsvorhabens wurde von Herrn DI Dr. Christian Pöhn (MA 39 – VFA) ein Excel-basiertes Tool entwickelt, anhand dessen die erforderlichen Dämmstoffdicken der Außen-Bauteile abgeschätzt werden können. Im Kapitel 6.5 sind beispielhafte Dämmstoffdicken für Einfamilien-Passivhäuser in Tabellenform dargestellt.

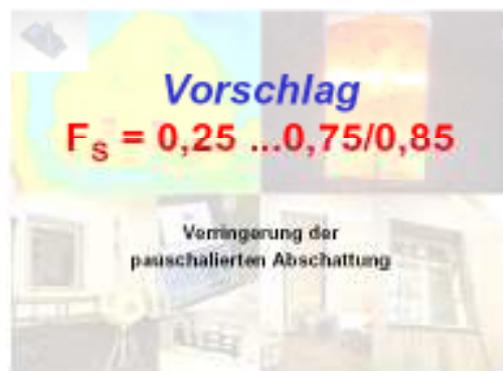
Es folgt eine von der MA 39 zusammengestellte Anleitung für die richtige Anwendung des PH-Excel-Schätz-Tools:

1 Einleitung

Das Excel-Tool „EA-WGv-11-07-2008-V08d PH Schulungstool V08-3.xls“ stellt den Versuch dar, mit dem öffentlich zugänglichen Excel-Tool „EA-WGv-11-07-2008-V08d.xls“ eine Abschätzung des Erreichens eines Passivhausniveaus durchführen zu können.

Um nun aus der bisherigen Erfahrung die wesentlichsten Punkte aufzuzeigen, werden folgende vier Änderungsvorschläge im gegenständlichen Excel-Tool berücksichtigt:

- Verminderbarkeit des Pauschalwertes für die Abschätzung
- Niedriger Wert für die Inneren Lasten (in Anlehnung an das PHPP)
- Vernachlässigung von Temperaturkorrekturfaktoren
- Änderung des Zusammenhangs zwischen Netto- und Brutto-Grundfläche



Entsprechend den bereits im Rahmen der Überarbeitung der ÖNORM B 8110-6 unterbreiteten Vorschlägen, wesentlich niedrigere Pauschalwerte für die Abschätzung vorzusehen, wird im gegenständlichen Excel-Tool dieser Faktor mit 0,4 angenommen.



Entsprechend der Anwendung im Passivhausprojektierungspaket werden die Inneren Lasten mit $2,1 \text{ W/m}^2$ angenommen.



Für die Temperaturkorrekturfaktoren wird defaultmäßig der Wert 1,0 angenommen. Dies soll dazu führen, dass grundsätzlich ein präziser Nachweis gegen Transmissionsverluste gegen Pufferräume durch die NutzerInnen Verwendung findet.



Infolge der beträchtlich großen Dämmstoffdicken wird der Zusammenhang zwischen BGF und NF von 0,8 auf 0,7 reduziert. (Anmerkung: Vermutlich könnte dieser Faktor noch weiter reduziert werden müssen.)

2 Excel-Arbeitsmappe – Grundsätzlicher Aufbau

Die gegenständliche Excel-Arbeitsmappe umfasst folgende Registerarbeitsblätter:

- Kommentar
- EA-WG
- SK – Standortklima und Referenzklima
- GGv – Gebäudegeometrie und Dachgeometrie
- BPH – Bauphysik
- HWBw - Heizwärmebedarfsberechnung
- TW - Warmwassersystem
- RH - Raumheizungssystem

3 Energieausweis-EXCEL-Tool

Die MA 39 – VFA unterstützt seit Beginn der Umsetzungsarbeiten der Richtlinie über die Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden das OIB und das ON mit „spielerisch“ zu bedienenden EXCEL-Tools zur Berechnung folgender Größen für Wohngebäude, um bei der Methodentwicklung rasch die entsprechenden Größen abschätzen zu können:

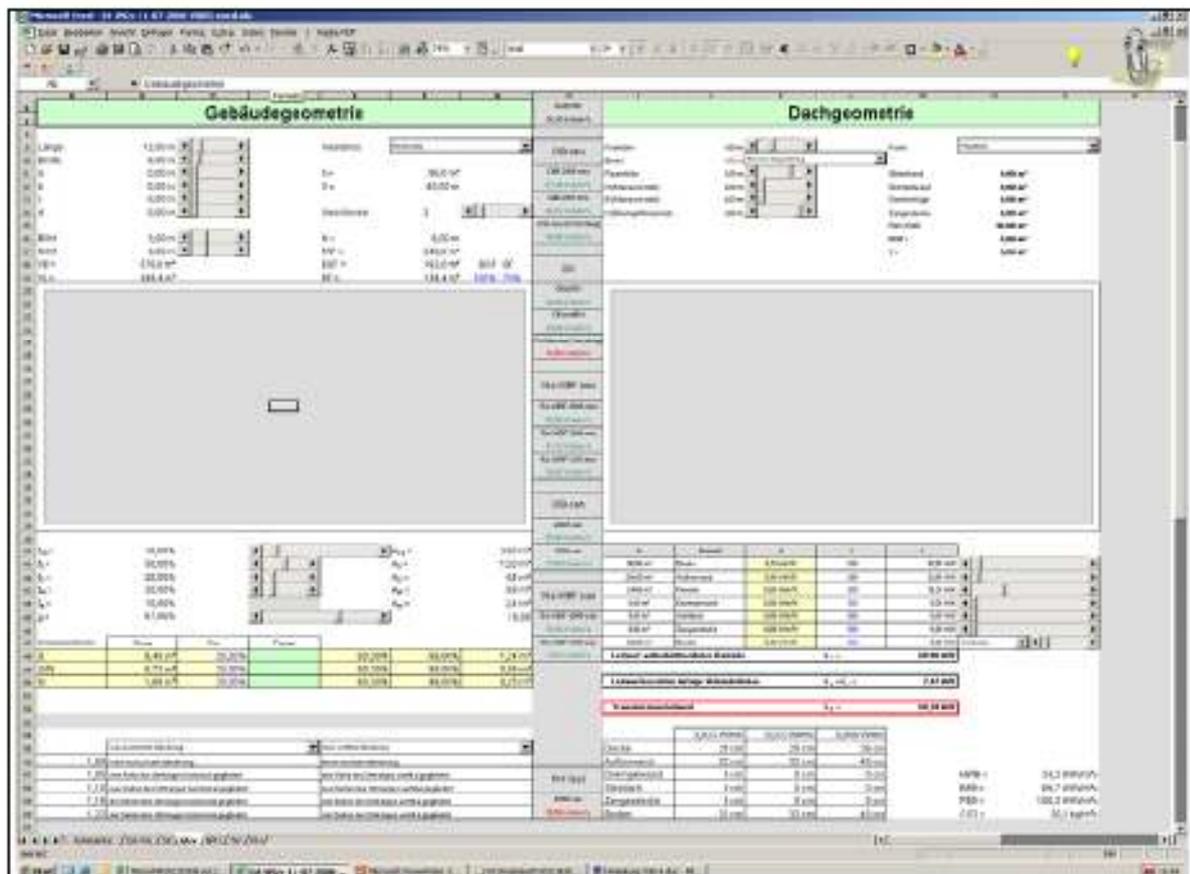
- Heizwärmebedarf
- Warmwasserwärmebedarf
- Heiztechnikenergiebedarf und
- Heizenergiebedarf

Grundlage aller Berechnungen ist immer eine Massenermittlung. Diese stellt im Allgemeinen den zeitmäßig größten Aufwand dar. So können Geometrieerfassungen „komplizierter“ Gebäude viele Arbeitstage in Anspruch nehmen. Zumeist können aber Näherungen, die darauf basieren, dass einfache quaderförmige Körper dem tatsächlichen Gebäude eingeschrieben werden, zu einer Abschätzung des Ergebnisses herangezogen werden.

Dieses Geometriemodul wurde seit vielen Jahren in der MA 39 – VFA entwickelt und wird laufend weiter entwickelt. Es beinhaltet nunmehr – durch das gegenständliche Forschungsprojekt – auch ein Dachmodul, um für rechteckige Baukörper auch andere Dachformen zuzulassen als Flachdächer bzw. Oberste Geschosßdecken gegen unbeheizt.

Dabei sollte man in dem Register „GGv“ (Gebäudegeometrie) mit der vereinfachten Geometrierfassung beginnen. Dazu kann rechts oben die Form des Gebäudes gewählt werden. Es stehen folgende Formen zur Verfügung:

- Rechteckig
- L-förmig
- T-förmig
- U-förmig
- O-förmig



Nachdem die Form des Gebäudes gewählt wurde, sollte grundsätzlich damit begonnen werden, mit den Bildlaufleisten die Länge und die Breite des Gebäudes einzustellen. Die Bedienung der Bildlaufleisten erfolgt dabei in folgender Art und Weise:

- Die Betätigung eines der beiden Pfeile (links oder rechts) bewirkt eine Änderung um 1 cm.
- Das Klicken links und rechts vom Schieberegler auf der grauen Hinterlegung bewirkt eine Änderung um 1 m.

Hat man als Form ein Rechteck gewählt, so sind die Eintragungen darunter ohne Bedeutung. In der Grafik unterhalb der Geometrieingabe erscheint ein Rechteck in den gewählten Dimensionen.

Achtung!: Um die Grafik verzerrungsfrei zu halten, ist der Maßstab voreingestellt. Es kann maximal ein Gebäude in den Dimensionen 100 Meter x 100 Meter eingegeben werden.

Gibt man andere Formen ein, so sollte man folgenden grundsätzlichen Regeln folgen:

- L-förmig:
 - Mit der Bildlaufleiste, die die Größe a beeinflusst, kann die Breite des senkrecht stehenden L-Balkens beeinflusst werden.
 - Mit der Bildlaufleiste, die die Größe b beeinflusst, kann die Höhe des waagrecht liegenden L-Balkens beeinflusst werden.
- T-förmig:
 - Mit der Bildlaufleiste, die die Größe a beeinflusst, kann die Höhe des waagrecht liegenden T-Balkens auf der rechten Seite beeinflusst werden.
 - Mit der Bildlaufleiste, die die Größe b beeinflusst, kann die Breite des rechten waagrecht liegenden T-Balkens beeinflusst werden.
 - Mit der Bildlaufleiste, die die Größe c beeinflusst, kann die Breite des linken waagrecht liegenden T-Balkens beeinflusst werden.
 - Mit der Bildlaufleiste, die die Größe d beeinflusst, kann die Höhe des waagrecht liegenden T-Balkens auf der linken Seite beeinflusst werden.
- U-förmig:
 - Mit der Bildlaufleiste, die die Größe a beeinflusst, kann die Breite des senkrecht stehenden U-Balkens auf der linken Seite beeinflusst werden.
 - Mit der Bildlaufleiste, die die Größe b beeinflusst, kann die Höhe des waagrecht liegenden U-Balkens beeinflusst werden.
 - Mit der Bildlaufleiste, die die Größe c beeinflusst, kann die Breite des senkrecht stehenden U-Balkens auf der rechten Seite beeinflusst werden.
 - Mit der Bildlaufleiste, die die Größe d beeinflusst, kann die Abweichung der Höhe des senkrecht stehenden U-Balkens auf der rechten Seite von der Gesamthöhe beeinflusst werden.

- O-förmig:
 - Mit den Bildlaufleisten, die Größen a, b, c und d beeinflussen, können die Breiten der Gebäudetrakte bestimmt werden, wobei die Umlaufrichtung entgegen dem Uhrzeigersinn ist und die Größe a die linke Breite bedeutet.

Achtung!: Es können beliebige Daten eingegeben werden, wobei keinerlei Fehlerabfragen eingebaut sind. Das bedeutet, dass auch negative Umfänge und sich kreuzende Grundrisse konstruiert werden können. Geht man nach dem Grundsatz vor, zuerst die Länge und Breite einzugeben, dabei die Bildlaufleisten für a, b, c und d auf Null zu stellen und beginnt anschließend durch Betätigen der Bildlaufleisten und gleichzeitiges Betrachten der Grafik den Regelgrundriss zu verändern, so sollte bei nicht böswilliger Anwendung kein Fehler passieren.

Anschließend ist durch die Bildlaufleiste „Geschoße“ die Anzahl der Geschoße einzustellen.

Daran anschließend sind die Bruttogeschoßhöhe und die Nettogeschoßhöhe einzustellen. Diese beiden Angaben sind notwendig, um die Gesamthöhe des Gebäudes um eine Deckendicke zu erhöhen.

Unterhalb der Grafik kann mit Bildlaufleisten der Prozentsatz Fensterflächen auf den gesamten Fassadenflächen eingetragen werden und daran anschließend die Prozentsätze in Richtung Süden, Osten und Westen. Der Prozentsatz Richtung Norden wird automatisch ergänzt. An dieser Stelle sei darauf hingewiesen, dass der Nutzer für die Konsistenz der Daten verantwortlich ist; das heißt, dass durch Übertreffen von 100 % für die ersten drei Himmelsrichtungen für die Richtung Nord ein negativer Prozentsatz eingetragen wird, was sicher nicht der Realität entspricht.

Unterhalb der Fensterflächen kann noch eingegeben werden, wieviele Fassadenebenen eine horizontale bzw. vertikale Gliederung aufweisen, die von der eingeschriebenen in der Graphik oben sichtbaren Geometrie abweicht. Tatsächlich gut anwendbar ist diese Option nur für den rechteckigen Grundriss.

Darüber hinaus kann auf dem selben Registerblatt für den Fall eines rechteckigen Grundrisses auch eine Dachgeometrie eingegeben werden, wobei folgende Varianten zur Auswahl stehen:

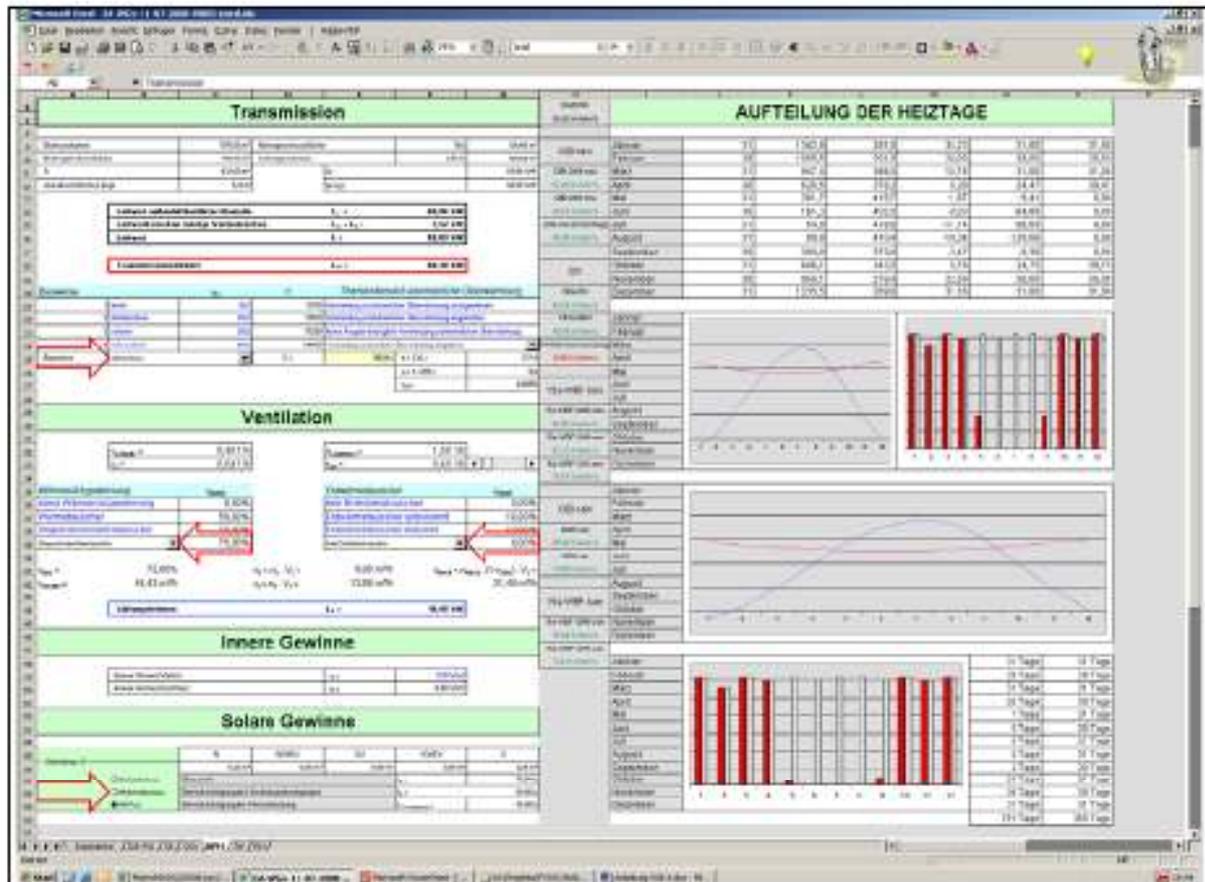
- Satteldach
- Satteldach mit Außenmauer
- Mansardendach
- Flachdach

Durch Eingabe der Firsthöhe kann diese in Kombination mit der Wahl der Firstrichtung gewählt werden. Darüber hinaus sind für die unterschiedlichen Fälle entweder die Höhe der Abseitenwand, die Höhe des Kniestockmauerwerks oder die Höhe des Mansarddaches festzulegen.

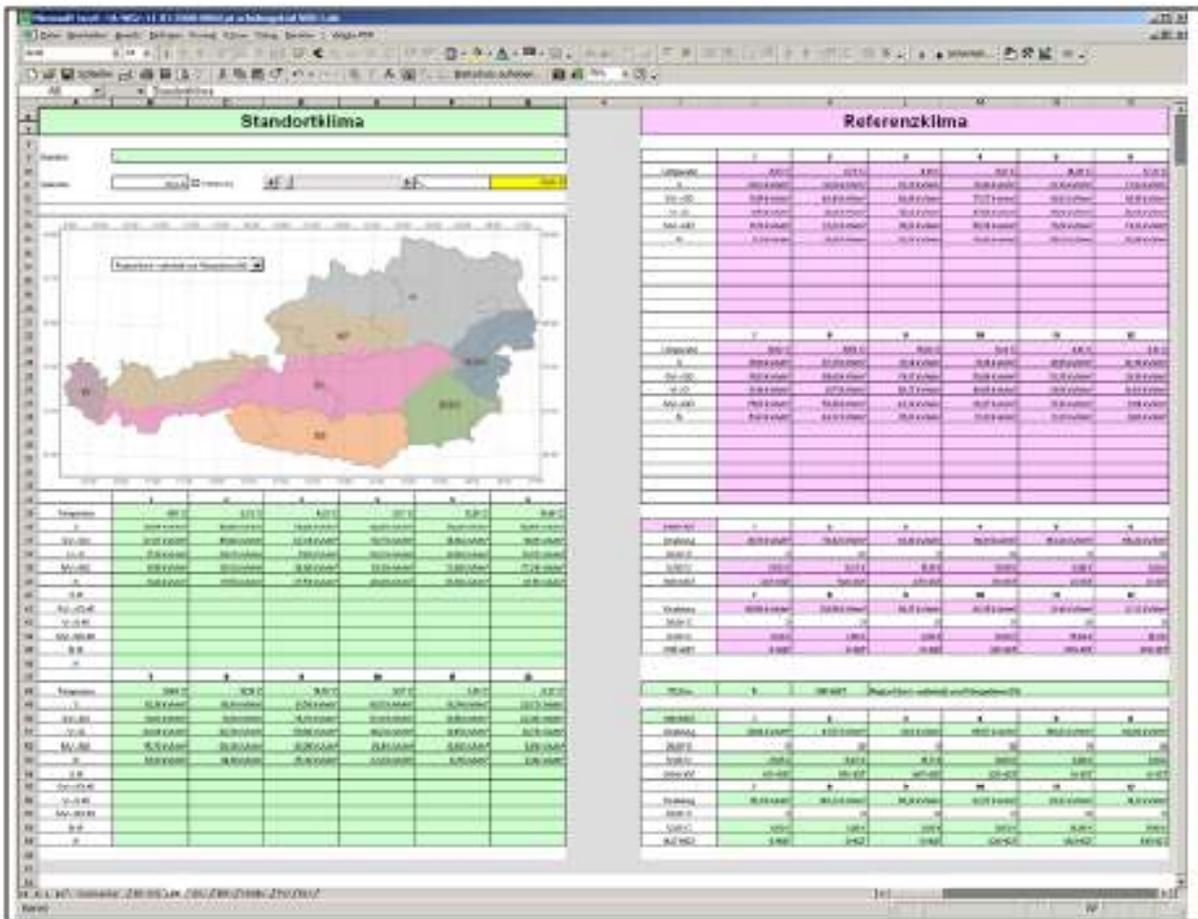
Durch dieses Modul (Gebäudegeometrie und Dachgeometrie) können Geometrien mit hoher Effizienz bei geringem Aufwand erfasst werden.

Eine Besonderheit (für den fortgeschrittenen Nutzer) stellt die Möglichkeit dar, horizontale und vertikale Gliederungen von Fassaden mitzuerfassen. Dabei wird die Anzahl derart gegliederter Fassaden abgefragt, wobei sich dadurch eine Erhöhung der charakteristischen Länge und eine Variation des Ergebnisses in Richtung höher strukturierter Gebäude ergibt (Es wird empfohlen, dies im Rahmen einer Erstanwendung nicht zu verwenden!).

Um nun die thermische Qualität der Gebäudehülle erfassen zu können, wäre an dieser Stelle die Berechnung sämtlicher U-Werte erforderlich. Diese können ebenfalls hier durch einfaches Betätigen der Schieberegler gewählt werden. Dabei zeigt sich unmittelbar darunter eine Tabelle, die die Dämmstoffdicken für die verschiedenen Wärmedämmstoffqualitäten anzeigt.



Im unmittelbaren Anschluss daran müssen noch die Bauweise und die Art der kontrollierten Wohnraumlüftung mit Wärmerückgewinnung gewählt werden, wobei auf dieser Seite links unten PH-Test als Gebäudeart zu wählen ist.

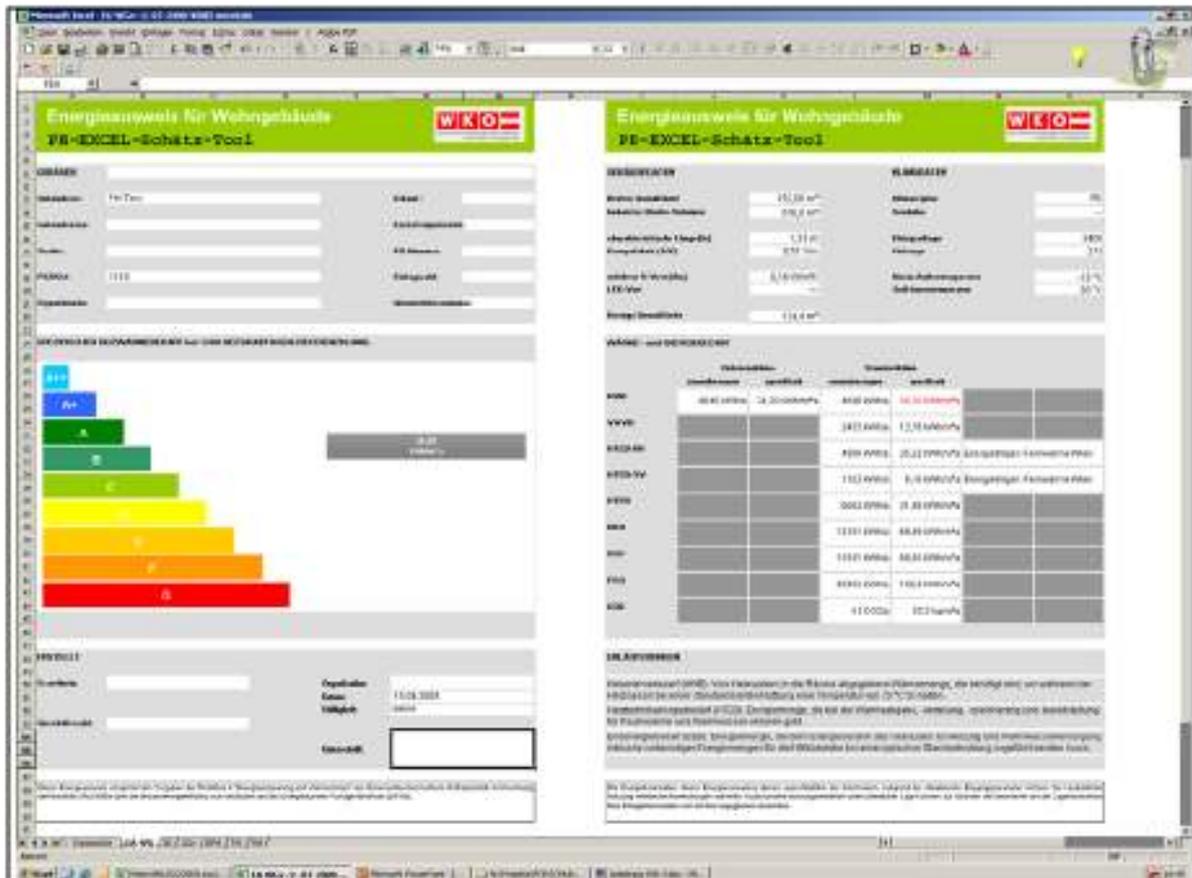


Ebenso kann das Standortklima durch folgende Eingaben gewählt werden:

- Klimaregion
- Seehöhe

Um nun auch den Primärenergiebedarf und die Treibhausgasemissionen abschätzen zu können, werden auf dem folgenden Energieausweis auch diese Felder provisorisch befüllt.

Als Ergebnis erhält man einen Energieausweis:



4.5 Zusammenfassende Prüfungsfragen

- Was sind die derzeit gängigen Berechnungsmethoden bzw. mit welchen Methoden ist es derzeit überhaupt möglich die Einhaltung der PH-Kriterien nachzuweisen?
- Was ist ein „qualitätsgeprüftes Passivhaus“, wer erteilt dieses Zertifikat, wann kann die Zertifizierung durchgeführt werden und wann kann das Zertifikat ausgestellt werden?

5 Typischer Schadensfall bei einem Einfamilien-Passivhaus

16°C als maximal erreichbare Rauminnentemperatur. Dieses ernüchternde Ergebnis ist nicht nur Albtraum jedes Passivhausplaners, sondern in einem den Autoren bekannten Einfamilien-(Passiv)haus traurige Realität. Was passieren kann, wenn Bauherren nicht aufgeklärt werden und Planer nicht ausreichend untereinander kommunizieren, soll das folgende Kapitel verdeutlichen. Dieses Negativ-Beispiel soll weiters veranschaulichen, welche Wichtigkeit die gewissenhafte und vor allem **inhaltlich richtige** Passivhaus-Nachweisführung hat.

5.1 Beschreibung des Schadens

Wie eingangs erwähnt, ist der hauptsächliche Schaden, dass die erforderliche Heizlast nicht abgedeckt werden kann. Wie es dazu kommen kann, soll die nachfolgend beschriebene Verkettung von unglücklichen Umständen verdeutlichen:

- Der Architekturplaner hatte im Zuge der Planung den Bauherrn davon überzeugt ein Passivhaus anzustreben, ohne ihn über die Passivhaus-Bauweise im Detail zu informieren.

Fehlverhalten: Mangelhafte Information des Bauherrn

- Der Architekt verfügte weder über die entsprechende Erfahrung mit dem Bau von Passivhäusern, noch wurden externe Berater beigezogen. Somit wurden sogar die wesentlichsten Grundregeln, wie beispielsweise die möglichste Wärmebrückenfreiheit, sträflich vernachlässigt.

Fehlverhalten: Mangelhafte Kenntnis der PH-Bauweise, kein Beizug von externen Beratern

- Der Bauphysiker hatte vom Architekten den Auftrag ein Passivhaus zu errechnen und die erforderlichen Dämmstoffdicken zu ermitteln. Da auch der Bauphysiker nur sehr begrenzte Erfahrungen mit Passivhäusern hatte, wurde der Nachweis nicht mit dem Passivhaus Projektierungs Paket, sondern mit dem HWB-Berechnungsprogramm des OIB durchgeführt. Fachkundigen Planern ist bekannt, dass dieses Programm aus verschiedensten Gründen absolut nicht geeignet ist, eine verlässliche Aussage über die Einhaltung der PH-Kriterien zu liefern. Die Abweichungen sind größtenteils ident mit jenen zwischen dem „neuen österreichischen Energieausweis“ und dem PHPP (siehe Kapitel 3.1). Aus diesem Umstand kam es dazu, dass die Dämmstoffdicken deutlich zu gering und wesentliche weitere Ansätze zu ungenau bzw. falsch berücksichtigt wurden. Es wurde beispielsweise von einem vollkommen wärmebrückenfreien Gebäude ausgegangen, was zwar bei richtiger Planung und Ausführung machbar ist, in diesem Fall aber nicht zutraf.

Fehlverhalten: Unzureichende Nachweisführung des Passivhauses, Annahme von unrealistischen Randbedingungen

- Der Haustechnikplaner wurde vom Architekten mit der Planung eines Heizsystems für ein Passivhaus beauftragt. Zur Dimensionierung des Heizsystems wurden die vom Bauphysiker bekannt gegebenen U-Werte und Bauteilaufbauten herangezogen. Ein erfahrener Haustechnikplaner hätte erkennen müssen, dass die angegebenen U-Werte eher ein Niedrigenergiehaus als ein Passivhaus beschreiben.

Zur Verdeutlichung des Fehlverhaltens des HT-Planers in dieser Phase: Hätte der HT-Planer das Heizungssystem basierend auf einer korrekten Heizlastermittlung ausgelegt, wäre der einzige Schaden darin bestanden, dass die Energieverbräuche des Gebäudes deutlich höher gewesen wären, als erwartet. So hingegen kann das Gebäude erst gar nicht auf ein zumutbares Raumklima erwärmt werden!

Fehlverhalten: Mangelhafte Plausibilitätsprüfung der Eingangsdaten für die Heizlastberechnung, fehlerhafte Projektierung des Heizungssystems

- In der weiteren Phase der Planung wurden die vermeintlich wärmebrückenfreien Details vom Architekten erarbeitet. Diese wurden jedoch dem Bauphysiker nicht zur Freigabe oder zumindest Durchsicht übermittelt. Das Resultat war, dass die geplanten und umgesetzten Details alles andere als WB-frei sind und allein aus diesem Mangel mit einem deutlich erhöhten, nicht zu vernachlässigenden Wärmeverlust zu rechnen gewesen wäre.

Fehlverhalten: Mangelhafte Detailplanung, mangelhafte Abstimmung mit den Fachplanern

Das Ergebnis dieser „Planung“ war, wie anfangs bereits erwähnt, dass die Raumtemperatur in der Phase der maximalen Heizlast nicht über 16°C steigt und somit das Gebäude tatsächlich als „nicht winterfest“ zu bezeichnen ist! Hinzu kommt naturgemäß, dass trotz des unzumutbaren Innenraumklimas die Energieverbräuche deutlich höher als erwartet sind.

5.2 Schlussfolgerungen und Sanierungsmöglichkeiten

Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass für das Gelingen eines „echten“ Passivhausprojektes neben der ausreichenden Information des Bauherrn, einem Mindestmaß an Know-how, vor allem auch die Kommunikation des Planungsteams von besonderer Bedeutung ist. Noch eher unerfahrene Passivhausplaner können aus diesem Beispiel lernen, dass im Zweifelsfall gerade bei kritischen Themen, wie beispielsweise der Heizlasteinbringung, auf ein gewisses Maß an Sicherheit geachtet werden sollte. Das gilt insbesondere bei der Einbringung der Heizungswärme über die Zuluft sowie über besonders minimierte Heizsysteme.

Im konkreten Fall erscheint die Nachrüstung eines zweiten, leistungsfähigen Heizungssystems als derzeit einzige plausible Sanierungsmöglichkeit. Die Wärmeeinbringung könnte beispielsweise mit Radiatoren erfolgen.

5.3 Zusammenfassende Prüfungsfragen

- Was sind mögliche Fehlerquellen bei der Planung eines Passivhauses?

6 Entwurfsgrundlagen

6.1 Einfluss der Kompaktheit

Es ist eine mathematische Gegebenheit, dass mit zunehmendem Volumen von Gebäuden der Wärmeverlust pro Quadratmeter Bezugsfläche immer kleiner wird. Während sowohl die Normung, als auch die Förderungs-Richtlinien für Niedrigenergie-Gebäude Rücksicht auf diesen Umstand nehmen – beispielsweise durch Angabe von Grenzwerten für den Niedrigenergiehaus-Standard in Abhängigkeit von der Kompaktheit – ist die Berücksichtigung dieses physikalischen Phänomens bei Passivhäusern aus den folgenden Gründen nicht möglich:

- Die Grenzwerte $HWB \leq 15 \text{ kWh/m}^2\text{EBF.a}$ und $HL \leq 10 \text{ W/m}^2\text{EBF}$ sind keine willkürlich festgelegten Größen, sondern entstammen der zentralen Anforderung von Passivhaus-Gebäuden – der Zuluftbeheizbarkeit. Insbesondere die flächenbezogene Heizlast darf unabhängig von der Kompaktheit des Gebäudes den oben genannten Grenzwert nur marginal überschreiten, da ansonsten die ausreichende Wärmeversorgung des Gebäudes nicht erfüllt ist.
- ***Somit ergibt sich die Situation, dass der Passivhaus-Nachweis umso schwieriger zu erfüllen ist, je kleiner das Volumen eines Gebäudes ist, bzw. je weniger kompakt ein Gebäude ist.***

Es gilt hierbei besonders zu beachten, dass die Kompaktheit eines Gebäudes von den folgenden Parametern abhängt:

- Volumen: je mehr Volumen, desto kompakter
- Form: je näher an der Würfelform (genaugenommen Kugelform), desto kompakter
- Oberfläche: je weniger zusätzliche Oberfläche (Erker, Loggien, Rücksprünge,...), desto kompakter

Zur Erläuterung dieses Sachverhalts soll das nachfolgende, kurze Rechenbeispiel dienen:

Varianten:

Die nachfolgend abgebildeten Varianten sollen Grundlage für die Rechenbeispiele sein:

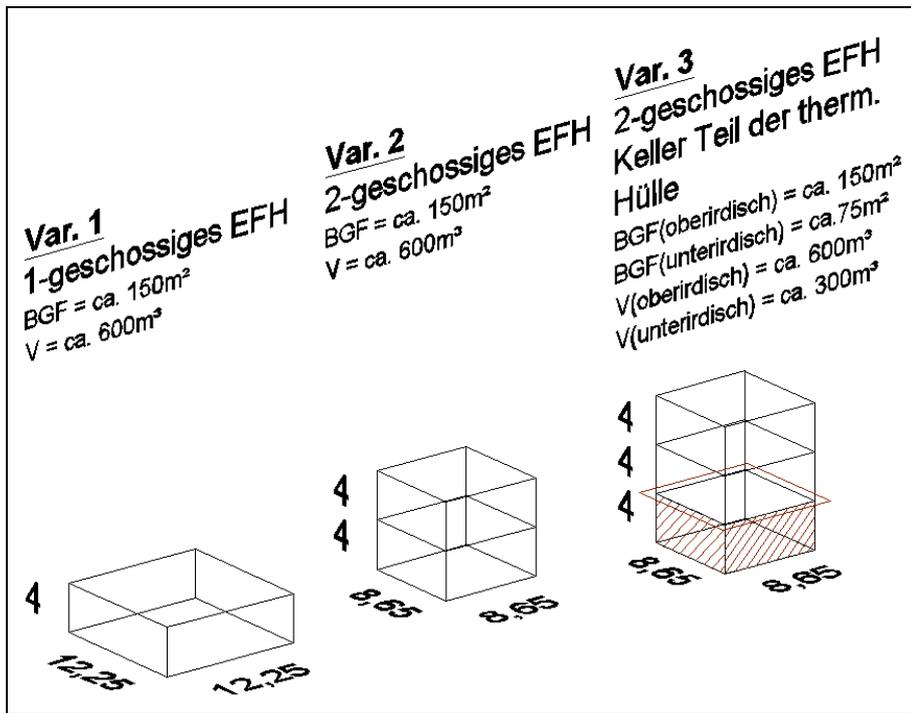


Abbildung 4: Geometrie typischer Einfamilienhäuser [eigene Abbildung]

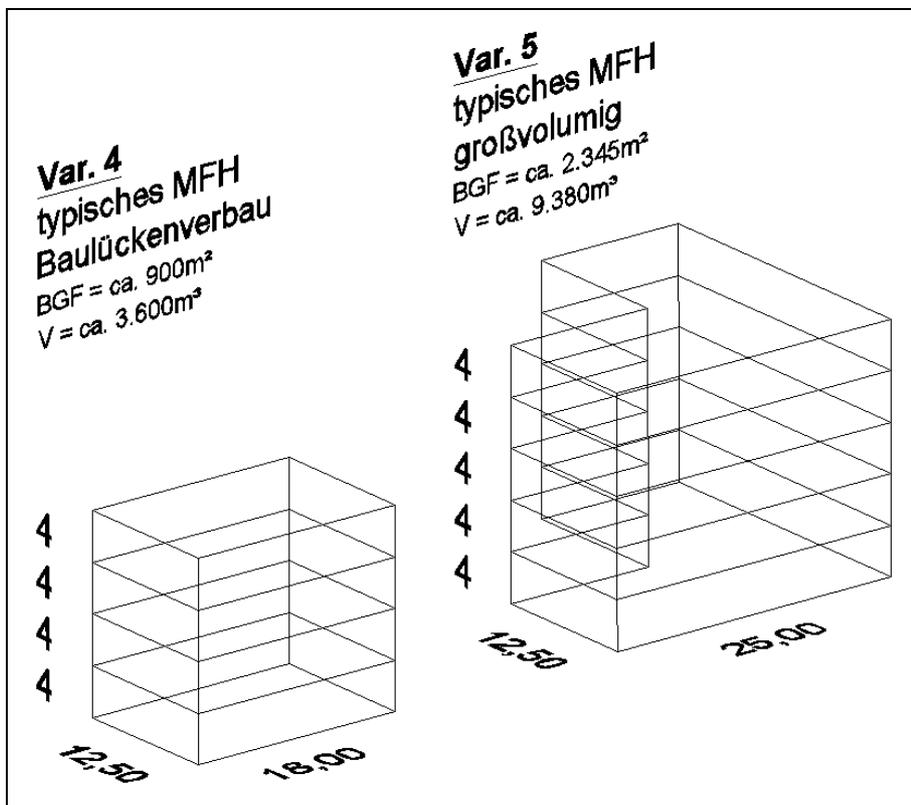


Abbildung 5: Geometrie typischer Mehrfamilienhäuser [Schöberl&Pöll OEG]

Einfamilienhäuser:

- Var. 1: 1-geschossiges EFH, nicht unterkellert
- Var. 2: 2-geschossiges EFH, nicht unterkellert mit gleicher BGF wie Var. 1
- Var. 3: 2-geschossiges EFH, unterkellert mit gleicher BGF(oberirdisch) wie Var. 1

Mehrfamilienhäuser:

- Var. 4: typischer Baulückenverbau
- Var. 5: typischer großvolumiger Geschosswohnbau

Berechnung der Kompaktheit bzw. der charakteristischen Länge l_c :

$$l_c = V/A$$

V...konditioniertes Volumen

A...Hüllfläche des konditionierten Gebäudes

Einfamilienhäuser:

- Var. 1: 1-geschossiges EFH, nicht unterkellert:
 $A = 4 \cdot 12,25 \cdot 4,0 + 12,25 \cdot 12,25 \cdot 2 = \text{ca. } 496\text{m}^2$
 $\rightarrow l_c = V/A = 600\text{m}^3/496\text{m}^2 = \underline{1,21\text{m}}$
 $\rightarrow \text{Kompaktheit } A/V = \underline{0,83}$
- Var. 2: 2-geschossiges EFH, nicht unterkellert mit gleicher BGF wie Var. 1:
 $A = 4 \cdot 8,65 \cdot 8,0 + 8,65 \cdot 8,65 \cdot 2 = \text{ca. } 426\text{m}^2$
 $\rightarrow l_c = V/A = 600\text{m}^3/426\text{m}^2 = \underline{1,41\text{m}}$
 $\rightarrow \text{Kompaktheit } A/V = \underline{0,71}$
- Var. 3: 2-geschossiges EFH, unterkellert mit gleicher BGF(oberirdisch) wie Var. 1:
 $A = 4 \cdot 8,65 \cdot 12,0 + 8,65 \cdot 8,65 \cdot 2 = \text{ca. } 565\text{m}^2$
 $\rightarrow l_c = V/A = 900\text{m}^3/565\text{m}^2 = \underline{1,59\text{m}}$
 $\rightarrow \text{Kompaktheit } A/V = \underline{0,63}$

Mehrfamilienhäuser:

- Var. 4: typischer Baulückenverbau:
 $A = (2 \cdot 12,50 + 2 \cdot 18,00) \cdot 16,0 + 12,50 \cdot 18,00 \cdot 2 = \text{ca. } 1.426\text{m}^2$
 $\rightarrow l_c = V/A = 3.600\text{m}^3/1.426\text{m}^2 = \underline{2,52\text{m}}$
 $\rightarrow \text{Kompaktheit } A/V = \underline{0,40}$
- Var. 5: typischer großvolumiger Geschosswohnbau:
 $A = 4 \cdot 25,00 \cdot 20,0 + (25,00 \cdot 12,50 + 12,50 \cdot 12,50) \cdot 2 = \text{ca. } 2.938\text{m}^2$
 $\rightarrow l_c = V/A = 9.380\text{m}^3/2.938\text{m}^2 = \underline{3,19\text{m}}$
 $\rightarrow \text{Kompaktheit } A/V = \underline{0,31}$

Auswirkung der Kompaktheit auf die erforderlichen U-Werte der opaken Außenbauteile:

Im Protokollband Nr. 29 „Hochwärmegeämmte Dachkonstruktionen“ [RWE04 in FEI05, S.48] des Arbeitskreises kostengünstiger Passivhäuser Phase III des PHI können für die oben gelisteten Varianten folgende typische U-Werte abgelesen werden. Diese Werte sind sowohl als Bandbreite über alle Bauteile (Außenwand, Dach, Kellerdecke, ...), als auch als generelle Bandbreite für Gebäude gleicher Kompaktheit aber abweichende sonstige Faktoren (Orientierung, Fensteranteil, absolute Größe,...) zu sehen.

Einfamilienhäuser:

- Var. 1: 1-geschossiges EFH, nicht unterkellert:
 - Kompaktheit $A/V = \underline{0,83}$
 - $U = \text{ca. } 0,05 - 0,11 \text{ W/m}^2\text{K}$
 - Mittelwert = $0,08 \text{ W/m}^2\text{K} \cong \text{ca. } 39\text{cm Dämmung WLG032 (100\%)} \text{ bei einer AW aus } 20\text{cm STB}$

- Var. 2: 2-geschossiges EFH, nicht unterkellert mit gleicher BGF wie Var. 1:
 - Kompaktheit $A/V = \underline{0,71}$
 - $U = \text{ca. } 0,05 - 0,13 \text{ W/m}^2\text{K}$
 - Mittelwert = $0,09 \text{ W/m}^2\text{K} \cong \text{ca. } 35\text{cm Dämmung WLG032 (90\%)} \text{ bei einer AW aus } 20\text{cm STB}$

- Var. 3: 2-geschossiges EFH, unterkellert mit gleicher BGF(oberirdisch) wie Var. 1:
 - Kompaktheit $A/V = \underline{0,63}$
 - $U = \text{ca. } 0,05 - 0,13 (0,14) \text{ W/m}^2\text{K}$
 - Mittelwert = $0,09 (0,10) \text{ W/m}^2\text{K} \cong \text{ca. } 35\text{cm (31cm) Dämmung WLG032 (90\%-79\%)} \text{ bei einer AW aus } 20\text{cm STB}$

Mehrfamilienhäuser:

- Var. 4: typischer Baulückenverbau:
 - Kompaktheit $A/V = \underline{0,40}$
 - $U = \text{ca. } 0,05 - 0,15 \text{ W/m}^2\text{K}$
 - Mittelwert = $0,10 \text{ W/m}^2\text{K} \cong \text{ca. } 30\text{cm Dämmung WLG032 (77\%)} \text{ bei einer AW aus } 20\text{cm STB}$

- Var. 5: typischer großvolumiger Geschosswohnbau:
 - Kompaktheit $A/V = \underline{0,31}$
 - $U = \text{ca. } 0,05 - 0,15 \text{ W/m}^2\text{K}$
 - Mittelwert = $0,10 \text{ W/m}^2\text{K} \cong \text{ca. } 30\text{cm Dämmung WLG032 (77\%)} \text{ bei einer AW aus } 20\text{cm STB}$

| Varianten | Kompaktheit A/V | typ. U-Werte | Mittlerer U-Wert | beispielhafte Dämmdicke | Prozent von Anfangs- wert |
|-----------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------|------------------------------|----------------------|----------------------------|------------------------------------|
| | [m ² /m ³] | [W/m ² K] | [W/m ² K] | [cm] | [%] |
| Einfamilienhäuser | | | | | |
| Var. 1: 1-geschossiges EFH, nicht unterkellert | 0,83 | ca. 0,05 - 0,11 | ca. 0,08 | ca. 39 (WLG032) | 100% |
| Var. 2: 2-geschossiges EFH, nicht unterkellert mit gleicher BGF wie Var. 1 | 0,71 | ca. 0,05 - 0,13 | ca. 0,09 | ca. 35 (WLG032) | 90% |
| Var. 3: 2-geschossiges EFH, unterkellert mit gleicher BGF(oberirdisch) wie Var. 1 | 0,63 | ca. 0,05 - 0,13 (0,14) | ca. 0,09 (0,10) | ca. 35 (31) (WLG032) | 90%- 79% |
| Mehrfamilienhäuser | | | | | |
| Var. 4: typischer Baulückenverbau | 0,40 | ca. 0,05 - 0,15 | ca. 0,10 | ca. 30 (WLG032) | 77% |
| Var. 5: typischer großvolumiger Geschosswohnbau | 0,31 | ca. 0,05 - 0,15 | ca. 0,10 | ca. 30 (WLG032) | 77% |

Tabelle 3: typische U-Werte (Dämmdicken) bei verschiedenen Kompaktheiten [Schöberl&Pöll OEG]

Anhand der oben gelisteten typischen erforderlichen U-Werte ist zu erkennen, welchen hohen Einfluss die Kompaktheit eines Gebäudes auf die erforderlichen U-Werte zur Erreichung des Passivhaus-Standards hat.

Welche Strategien helfen bei der Planung von Passiv-Einfamilienhäusern?

Die PH-Nachweisführung wird umso einfacher, je größer das Volumen der thermischen Gebäudehülle ist. Am Beispiel eines Einfamilienhauses heißt das, wenn der Keller in die thermische Hülle integriert wird, sind die geforderten Energiekennzahlen einfacher zu erreichen, bzw. sind gegenüber einem Gebäude mit kaltem Keller geringere Dämmstoffdicken erforderlich.

Es sein jedoch darauf hingewiesen, dass im Fall der Integration des Kellers in die thermische Gebäudehülle die Nutzfläche des Kellers nicht komplett, sondern nur zu einem gewissen Anteil, der Energiebezugsfläche (EBF) hinzuzurechnen ist (siehe [FEI07, S. 44]). Durch diese Abminderung der Energiebezugsfläche wird versucht abzubilden, dass in diesen „warmen“ Kellerbereichen, trotzdem sie Teil der thermischen Hülle sind, nicht die vollen internen Wärmegewinne, wie im Wohnbereich auftreten. In der Regel werden diese „warmen Keller“ zwar einer höherwertigen Nutzung als gewöhnliche „kalte Keller“ zugeführt, Wärme eintragende Nutzungen wie Kochen, Baden, Duschen oder auch dauernder Aufenthalt von Personen, ist jedoch nicht zu erwarten.

6.2 Einfluss der Orientierung

Ein weiterer wesentlicher Planungsgrundsatz bei Passivhäusern ist die Orientierung nach Süden. Dieser Grundsatz ist um so entscheidender, je kleinvolumiger das Gebäude ist. D. h., für den hier betrachteten Einfamilienhausbau ist bereits bei der Planung darauf zu achten, dass das Gebäude eine gewisse Süd-Orientierung aufweist. Konkret bedeutet das, dass die Aufenthaltsräume vorzugsweise an den Süd- Ost- und Westfassaden anzuordnen sind, während Nassräume, Abstellräume, Erschließungsflächen nach Möglichkeit an der Nordseite des Gebäudes zu positionieren sind. Eine sinnvolle Raumaufteilung hat einen sehr großen Einfluss auf die erforderlichen Dämmstoffdicken. Bei kompletter Nichtbeachtung dieses Grundsatzes kann es vorkommen, dass der PH-Standard nur mit unverhältnismäßigen Mitteln erreicht werden kann.

Exkurs Geschosswohnbau:

Im Gegensatz dazu ist die Orientierung beim Geschosswohnbau meist eher von untergeordneter Bedeutung, was vor allem auch mit der im vorigen Kapitel beschriebenen günstigeren Kompaktheit und der damit einhergehenden einfacheren Nachweisbarkeit des PH-Standards zusammenhängt. Wäre dies nicht der Fall, wäre der Passivhaus-Bau bei Geschosswohnbauten eher ein sehr spezieller Sonderfall, da zum einen seitens der Flächenwidmung und Stadtgestaltung gerade in weniger dicht bebauten städtischen Gebieten noch keine erkennbaren Tendenzen vorhanden sind, um Gebäude so zu orientieren, dass die von der Sonne zur Verfügung gestellte Energie sinnvoll genutzt werden kann und zum anderen bei großen Traktiefen die nordseitigen, von der Sonne abgewandten, Wohneinheiten noch zusätzlich durch stark verkleinerte Fensteröffnungen benachteiligt wären, was diese Wohneinheiten nur sehr schwer verkaufbar machen würde.

Die nachfolgende Abbildung soll verdeutlichen, welchen hohen Einfluss die Orientierung und somit die solaren Gewinne auf die Funktion eines Passivhauses haben.

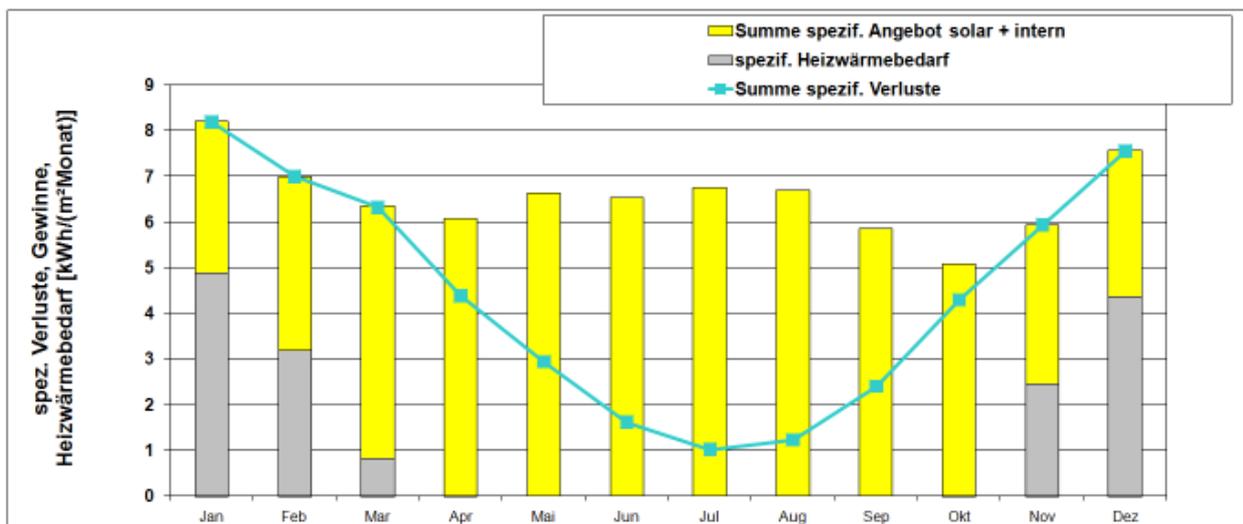


Abbildung 6: Spezifische Verluste, Gewinne und Heizwärmebedarf in kWh/m²Monat [Schöberl&Pöll OEG erstellt mit dem PHPP2007]

Die türkise Linie stellt die Verluste dar. Zieht man von den Verlusten die Gewinne (vereinfacht solare und innere Lasten) ab, erhält man den grauen Balken – den Heizwärmebedarf jedes Monats. Wie zu erkennen ist, weist ein Passivhaus durch seine thermisch hochwertige

Außenhülle nur in wenigen Monaten des Jahres einen HWB auf. Das bedeutet, die Heizperiode ist kürzer als bei konventionellen Gebäuden, da sich einzelne Temperaturschwankungen der Außenluft während der Übergangsjahreszeiten kaum bemerkbar machen.

Bei dem konkreten Beispiel handelt es sich um ein exakt nach Süden orientiertes, sehr kleines, eingeschossiges EFH. Die solaren Gewinne machen in diesem Fall über die gesamte Heizperiode gerechnet mehr als 60% der Gesamtgewinne des Gebäudes aus.

6.3 Größe der Fensterflächen

Auch die Größe der Fensterflächen ein wesentlicher Parameter für das Gelingen der PH-Nachweisführung. Es hat sich als zweckmäßig und zuverlässig herausgestellt, die folgende Kennzahl als Kontrolle für die wirtschaftliche Machbarkeit eines Passivhauses heranzuziehen:

$$A_F / EBF \leq 20\%-25\% \dots \text{Grenze der Wirtschaftlichkeit}$$

$$A_F / EBF \leq 25\%-30\% \dots \text{Grenze der derzeitigen technischen Machbarkeit}$$

A_F ... Fensterfläche: Summe aller Fensterflächen an der thermischen Hüllfläche

EBF ... Energiebezugsfläche: Eine Erläuterung der Energiebezugsfläche (EBF) ist beispielsweise im Kapitel 2 zu finden. Vereinfacht kann auch statt der EBF die Wohnnutzfläche innerhalb der thermischen Hülle (also ohne Loggien) herangezogen werden.

Dieser Kennwert zeigt in aller Regel mit hoher Treffsicherheit an, ob die transparenten Flächen eines Gebäudes noch in einem kompensierbaren Rahmen sind. Wird die wirtschaftliche Grenze überschritten, sind meist teure Zusatzmaßnahmen wie besonders hochwertige Verglasungen oder außergewöhnliche Dämmstoffdicken erforderlich. Wird die technische Grenze überschritten, ist i.d.R. der PH-Nachweis überhaupt nur unter besonders günstigen Voraussetzungen möglich (z.B. S-Orientierung mit minimalen N-seitigen Fensteröffnungen, usw.)

6.4 Brandschutz beim Einfamilien-Passivhaus

Für Einfamilien-Passivhäuser gelten grundsätzlich dieselben Anforderungen wie für konventionelle Einfamilienhäuser gleicher Größe. Diese sollen im Folgenden anhand der OIB-Richtlinien kurz beschrieben werden:

Auszug aus den Begriffsbestimmungen der OIB-Richtlinien:

Gebäude der Gebäudeklasse 1 (GK1)

Freistehende, an mindestens drei Seiten auf eigenem Grund oder von Verkehrsflächen für die Brandbekämpfung von außen zugängliche Gebäude mit nicht mehr als drei oberirdischen Geschossen und mit einem Fluchtniveau von nicht mehr als 7 m, bestehend aus einer Wohnung oder einer Betriebseinheit von jeweils nicht mehr als 400 m² Grundfläche.

Gebäude der Gebäudeklasse 2 (GK2)

Gebäude mit nicht mehr als drei oberirdischen Geschossen und mit einem Fluchtniveau von nicht mehr als 7 m, bestehend aus höchstens fünf Wohnungen bzw. Betriebseinheiten von insgesamt nicht mehr als 400 m² Grundfläche; Reihenhäuser mit nicht mehr als drei oberirdischen Geschossen und mit einem Fluchtniveau von nicht mehr als 7 m, bestehend aus Wohnungen bzw. Betriebseinheiten von jeweils nicht mehr als 400 m² Grundfläche.

Die Brandschutzanforderungen sind gemäß den Richtlinien des Österreichischen Institutes für Bautechnik unter anderem von der Größe des Gebäudes und der Höhe des Fluchtniveaus abhängig. Das typische Einfamilienhaus ist freistehend und entspricht somit der

Gebäudeklasse 1. Es gilt jedoch zu bedenken, dass ein Einfamilienhaus in gekoppelter Bauweise, wie es typischerweise Ortskernen vorkommt, das Kriterium der 3-seitigen Zugänglichkeit nicht erfüllt und somit der **Gebäudeklasse 2** zuzuordnen ist.

Somit ergeben sich nachfolgende Anforderungen gemäß OIB-Richtlinie 2:

Tabelle 1: Allgemeine Bauteilanforderungen

Bauteile mit der Feuerwiderstandsdauer von 90 Minuten müssen aus Baustoffen der Euroklasse des Brandverhaltens mindestens A2 bestehen, sofern in Tabelle 1 keine Ausnahmen vorgesehen sind.

| | Gebäudeklassen (GK) | GK 1 | GK 2 ⁽¹⁾ | GK 3 ⁽¹⁾ | GK 4 ⁽¹⁾ | GK 5 |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------|-----------------------------------------------------|-----------------------------------------------|-----------------------------------------------|------------------------|
| 1 | tragende Bauteile (ausgenommen Decken und brandabschnittsbildende Wände) | | | | | |
| 1.1 | im obersten Geschoß | ohne | R 30 | R 30 | R 30 | R 60 ⁽²⁾ |
| 1.2 | in sonstigen oberirdischen Geschoßen | R 30 ⁽³⁾ | R 30 | R 60 | R 60 | R 90 |
| 1.3 | in unterirdischen Geschoßen | R 60 | R 60 | R 90 | R 90 | R 90 |
| 2 | Trennwände ⁽⁴⁾ | | | | | |
| 2.1 | im obersten Geschoß | nicht zutreffend | EI 30 | EI 30 | EI 60 | EI 60 ⁽²⁾ |
| 2.2 | in oberirdischen Geschoßen | nicht zutreffend | EI 30 | EI 60 | EI 60 | EI 90 |
| 2.3 | in unterirdischen Geschoßen | nicht zutreffend | EI 60 | EI 90 | EI 90 | EI 90 |
| 2.4 | zwischen Wohnungen bzw. Betriebseinheiten in Reihenhäusern | nicht zutreffend | EI 60 | nicht zutreffend | EI 60 | nicht zutreffend |
| 3 | brandabschnittsbildende Wände und Decken | | | | | |
| 3.1 | brandabschnittsbildende Wände an der Grundstücks- bzw. Bauplatzgrenze | REI 60 EI 60 | REI 90 ^(5, 6) EI 90 ^(5, 6) | REI 90 EI 90 | REI 90 EI 90 | REI 90 EI 90 |
| 3.2 | sonstige brandabschnittsbildende Wände oder Decken | nicht zutreffend | REI 90 ⁽⁶⁾ EI 90 ⁽⁶⁾ | REI 90 ⁽⁶⁾ EI 90 ⁽⁶⁾ | REI 90 ⁽⁶⁾ EI 90 ⁽⁶⁾ | REI 90 EI 90 |
| 4 | Decken und Dachschrägen mit einer Neigung von nicht mehr als 60 Grad gegenüber der Horizontalen | | | | | |
| 4.1 | Decken über dem obersten Geschoß | ohne | R 30 | R 30 | R 30 | R 60 ⁽²⁾ |
| 4.2 | Trenndecken über dem obersten Geschoß | ohne | REI 30 | REI 30 | REI 60 | REI 60 ⁽²⁾ |
| 4.3 | Trenndecken über sonstigen oberirdischen Geschoßen | ohne | REI 30 | REI 60 | REI 60 | REI 90 |
| 4.4 | Decken innerhalb von Wohnungen bzw. Betriebseinheiten in oberirdischen Geschoßen | R 30 ⁽³⁾ | R 30 | R 30 | R 30 | R 90 ⁽²⁾ |
| 4.5 | Decken über unterirdischen Geschoßen | R 60 | REI 60 ⁽⁷⁾ | REI 90 | REI 90 | REI 90 |
| 5 | Balkonplatten | | | | | |
| | | ohne | ohne | ohne | R 30 oder mindestens A2 | R 30 und mindestens A2 |
| <p>(1) Sofern das Fluchtniveau nicht mehr als 11 m beträgt und jeder Aufenthaltsraum zumindest an einer Stelle nicht mehr als 7 m über dem angrenzenden Gelände liegt, (a) haben Gebäude der GK 1, die lediglich aufgrund der Hanglage in GK 4 fallen, nur die Bauteilanforderungen für GK 2 zu erfüllen, (b) haben Gebäude der GK 2 oder GK 3, die lediglich aufgrund der Hanglage in GK 4 fallen, nur die Bauteilanforderungen für GK 2 oder GK 3 zu erfüllen;</p> <p>(2) Bei Gebäuden mit nicht mehr als sechs oberirdischen Geschoßen genügt für die beiden obersten Geschoße die Feuerwiderstandsdauer von 60 Minuten;</p> <p>(3) Nicht erforderlich bei Gebäuden, die nur Wohnzwecken oder der Büronutzung bzw. büroähnlichen Nutzung dienen;</p> <p>(4) Für tragende Trennwände gelten zusätzlich die Anforderungen an tragende Bauteile gemäß Punkt 1 der Tabelle 1;</p> <p>(5) Bei Reihenhäusern genügt für die Wände zwischen den Wohnungen bzw. Betriebseinheiten auch an der Grundstücks- bzw. Bauplatzgrenze eine Ausführung in der Feuerwiderstandsklasse von REI 60 bzw. EI 60;</p> <p>(6) Die Bauteile müssen nicht aus Baustoffen der Euroklasse des Brandverhaltens mindestens A2 bestehen;</p> <p>(7) Für Reihenhäuser sowie Gebäude mit nicht mehr als zwei Wohnungen oder zwei Betriebseinheiten mit Büronutzung bzw. büroähnlicher Nutzung genügt die Anforderung R 60.</p> | | | | | | |

Tabelle 4: Allgemein Bauteilanforderungen gemäß WBTv, OIB-Richtlinie 2 „Brandschutz“ [WBTv08]

Wie der Abbildung entnommen werden kann, werden beim EFH-Bau geringe Anforderungen an den Brandschutz gestellt.

Beispielsweise entfällt bei Einfamilienhäusern, die aufgrund einer gekoppelten Bauweise nicht an mindestens drei Seiten zugänglich sind und somit der Gebäudeklasse 2 zuzuordnen sind, die ansonsten generell gültige Anforderung der Nichtbrennbarkeit (A2) der Baustoffe bei brandabschnittsbildenden Wänden und Decken (siehe Fußnote (6)).

Wie eingangs erwähnt, gelten diese Bestimmungen auch für Einfamilien-Passivhäuser.

6.5 Beispielhafte tabellarische Darstellung üblicher Dämmdicken

Die nachfolgenden Tabellen zeigen beispielhaft die Ergebnisse der Dämmdicken-Abschätzung anhand des in Kapitel 4.4 vorgestellten Excel-Schätz-Tools der MA 39 - VFA.

Im oberen Bereich des Diagramms sind die Randbedingungen der Berechnung aufgelistet, im unteren Teil können die abgeschätzten Dämmstoffdicken der Bauteile abgelesen werden.

Hierbei stehen die Kürzel AW für Außenwand, OD für oberste Geschossdecke und KD für Kellerdecke bzw. sinngemäß auch für eine Bodenplatte.

| | | | | | | | | |
|-----------------------------------------|-----------|------------------------------------------------------------|-----------|-----------|---------------------------|-----------|-----------|-----------|
| Gebäudebeschreibung: | | Gebäudeart: EFH | | | Verschattung: 85 % | | | |
| - EG + OG | | Bauweise: schwer | | | Fenster | | | |
| - kein Keller | | Geschosse: 2 | | | Uw: 0,70 W/m²K | | | |
| - 75m² bebaute Fläche | | BGF: 150 m² | | | g-Wert: 0,52 - | | | |
| | | Kompaktheit 0,79 1/m | | | n50: 0,6 1/h | | | |
| | | 1/lc: | | | WRG: 85 % | | | |
| | | Fensteranteil (Fensterfläche/Bruttofassadenfläche): 12,5 % | | | Wärmebrücken-zuschlag 5 % | | | |
| | | Fensteranteil (Fensterfläche/Nettogeschossfläche): 25 % | | | | | | |
| | | Bodenplatte/Keller: kein Keller | | | | | | |
| Fensteranteile | | Süd 40% | Süd 45% | Süd 50% | Süd 55% | Süd 60% | Süd 65% | |
| | | Ost 25% | Ost 25% | Ost 20% | Ost 15% | Ost 15% | Ost 15% | |
| | | West 25% | West 20% | West 20% | West 20% | West 15% | West 10% | |
| | | Nord 10% | Nord 10% | Nord 10% | Nord 10% | Nord 10% | Nord 10% | |
| HWB≤15 [kWh/m²EBF.a] HL≤10 [W/m²EBF] | AW | WLG (040) | ca. 50 cm | ca. 50 cm | ca. 50 cm | ca. 50 cm | ca. 50 cm | |
| | | WLG (032) | ca. 40 cm | ca. 40 cm | ca. 40 cm | ca. 40 cm | ca. 40 cm | |
| | | WLG (022) | ca. 30 cm | ca. 30 cm | ca. 30 cm | ca. 30 cm | ca. 30 cm | |
| | OD | WLG (040) | ca. 65 cm | ca. 65 cm | ca. 65 cm | ca. 65 cm | ca. 55 cm | ca. 55 cm |
| | | WLG (032) | ca. 55 cm | ca. 55 cm | ca. 55 cm | ca. 55 cm | ca. 45 cm | ca. 45 cm |
| | | WLG (022) | ca. 35 cm | ca. 35 cm | ca. 35 cm | ca. 35 cm | ca. 30 cm | ca. 30 cm |
| | KD | WLG (040) | ca. 45 cm | ca. 40 cm | ca. 40 cm | ca. 40 cm | ca. 35 cm | ca. 30 cm |
| | | WLG (032) | ca. 35 cm | ca. 30 cm | ca. 30 cm | ca. 30 cm | ca. 30 cm | ca. 25 cm |
| | | WLG (022) | ca. 25 cm | ca. 20 cm | ca. 20 cm | ca. 20 cm | ca. 20 cm | ca. 20 cm |

Diagramm 1: Bsp. 1: Orientierungswerte für Dämmstoffdicken bei den oben aufgelisteten Randbedingungen [Schöberl & Pöll OEG]

| | | | | | | | |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-------------------------------------|
| Gebäudebeschreibung: - EG + OG - Keller (kalt aber gedämmt, $U_{\text{Kellerwände und -Boden}} \leq 0,35$ W/m ² K) - 75m ² bebaute Fläche | Gebäudeart: EFH | | | | | | Verschattung: 85 % |
| | Bauweise: schwer | | | | | | Fenster Uw: 0,70 W/m ² K |
| | Geschosse: 2 | | | | | | g-Wert: 0,52 - |
| | BGF: 150 m ² | | | | | | n50: 0,6 1/h |
| | Kompaktheit 1/lc: 1/m | | | | | | WRG: 85 % |
| | Fensteranteil (Fensterfläche/Bruttofassadenfläche): 12,5 % | | | | | | Wärmebrücken-zuschlag 5 % |
| | Fensteranteil (Fensterfläche/Nettogeschossfläche): 25 % | | | | | | |
| | Bodenplatte/ Keller Keller (kalt) | | | | | | |
| Fensteranteile | Süd 40% | Süd 45% | Süd 50% | Süd 55% | Süd 60% | Süd 65% | |
| | Ost 25% | Ost 25% | Ost 20% | Ost 15% | Ost 15% | Ost 15% | |
| | West 25% | West 20% | West 20% | West 20% | West 15% | West 10% | |
| | Nord 10% | Nord 10% | Nord 10% | Nord 10% | Nord 10% | Nord 10% | |
| HWB≤15 [kWh/m ² EBF.a] | AW WLG (040) | ca. 45 cm | |
| HL≤10 [W/m ² EBF] | WLG (032) | ca. 35 cm | |
| | WLG (022) | ca. 25 cm | |
| | OD WLG (040) | ca. 65 cm | ca. 65 cm | ca. 65 cm | ca. 55 cm | ca. 55 cm | |
| | WLG (032) | ca. 55 cm | ca. 55 cm | ca. 55 cm | ca. 45 cm | ca. 45 cm | |
| | WLG (022) | ca. 35 cm | ca. 35 cm | ca. 35 cm | ca. 30 cm | ca. 30 cm | |
| | KD WLG (040) | ca. 50 cm | ca. 45 cm | ca. 45 cm | ca. 40 cm | ca. 35 cm | |
| | WLG (032) | ca. 40 cm | ca. 35 cm | ca. 35 cm | ca. 30 cm | ca. 30 cm | |
| | WLG (022) | ca. 30 cm | ca. 25 cm | ca. 25 cm | ca. 20 cm | ca. 20 cm | |

Diagramm 2: Bsp. 2: Orientierungswerte für Dämmstoffdicken bei den oben aufgelisteten Randbedingungen [Schöberl & Pöll OEG]

6.6 Sommertauglichkeit

Allgemeines:

Gebäude mit thermisch besonders hochwertigen opaken Hüllflächen haben den Vorteil, dass der ungewollte solare Ertrag während der Sommerperiode über diese nichttransparenten Bauteile vernachlässigbar gering ist. Im Gegenzug dazu bedeutet das aber auch, dass die über die transparenten Fensterflächen ins Gebäude eingetragene Wärme nur in sehr geringem Ausmaß über Transmission an die Umgebung abgegeben werden kann. Das heißt, bei Passivhäusern ist es ebenso wie bei konventionellen und Niedrigenergie-Gebäuden von großer Bedeutung, den Nachweis der sommerlichen Überwärmung gewissenhaft durchzuführen und den Nutzern die Notwendigkeit der richtigen Nutzung der projektierten Sonnenschutzrichtungen sowie das richtige Lüftungsverhalten zu verdeutlichen.

Normative und baubehördliche Anforderungen:

Normative Grundlagen zur Sommertauglichkeit:

Der Stand der Technik hinsichtlich sommerlicher Überwärmung (oft auch als Nachweis der ausreichenden Speicherkapazität bezeichnet) stellt die ÖNORM B 8110-3 [ÖEN99] dar. Gemäß dieser Norm wird die Vermeidung sommerlicher Überwärmung folgendermaßen definiert:

Sommerliche Überwärmung wird als vermieden betrachtet, wenn die empfundene Raumtemperatur in dem betrachteten Raum während einer Hitzeperiode festgelegte Grenztemperaturen nicht überschreitet.

Diese Grenztemperatur t^* beträgt für die Nutzungszeit

- **am Tage + 27 °C**
- **in der Nacht + 25 °C**

[OEN99]

Diese Anforderung ist für viele Nutzer nicht streng genug, da bei vielen Tätigkeiten das Wohlbefinden bei einer Temperatur von 27°C schon deutlich beeinträchtigt ist. Der Körper reagiert hier bereits mit vermehrter Schweißbildung.

Der Nachweis dieser Anforderung kann auf zwei Arten erfolgen:

- a. Nachweis über den Tagesverlauf der Raumtemperatur (Simulation des Temperaturverlaufs)
- b. Nachweis über die mindesterforderliche speicherwirksame Masse (vereinfachter Nachweis, üblicher Nachweisweg)

ad a.: Nachweis über den Tagesverlauf der Raumtemperatur (Simulation des Temperaturverlaufs):

Der Nachweis der Unterschreitung der Grenztemperaturen kann durch Ermittlung des Tagesverlaufes der Raumtemperatur (t_{BER}) und Erfüllung der Bedingung

$$t_{\text{BER}} \leq t^*$$

erbracht werden. Zugrunde zu legen ist für den gegebenen Standort eine Überschreitungshäufigkeit der Außenlufttemperatur von 130 Tagen in 10 Jahren und eine Tagesamplitude von ± 7 K. Zur Ermittlung des Verlaufes der Raumtemperatur ist ein geeignetes Rechenprogramm zu verwenden.

[OEN99]

Anders ausgedrückt bedeutet das, die oben genannten Werte sind nicht als absolute Höchstgrenzen zu verstehen, sondern dürfen durchschnittlich an 13 Tagen pro Jahr überschritten werden.

ad b.: Nachweis über die mindesterforderliche speicherwirksame Masse (vereinfachter Nachweis, üblicher Nachweisweg)

Die Unterschreitung der Grenztemperaturen gilt auch dann als gesichert, wenn der Sonnenschutz, die der Bauweise entsprechende speicherwirksame Masse sowie die Lüftung den Mindestanforderungen der nachfolgenden Tabelle entsprechen.

Die erforderliche speicherwirksame Masse und die mindesterforderliche Lüftung (stündlicher Luftvolumenstrom) eines Raumes werden auf die Summe der Immissionsflächen bezogen.

[OEN99]

| Immissionsflächenbezogener stündlicher Luftvolumenstrom $V_{L,s}$ in $m^3/(h \cdot m^2)$ | Immissionsflächenbezogene speicherwirksame Masse $m_{w,l}^{(2)}$ in kg/m^2 |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------|
| ≥ 100 | $\geq 2\ 000$ |
| 75 | $\geq 4\ 000$ |
| 50 ¹⁾ | $\geq 8\ 000$ |
| ¹⁾ Immissionsbezogene Luftvolumenströme von weniger als $50\ m^3/(h \cdot m^2)$ führen zu einem hohen Überwärmungsrisiko und sind daher grundsätzlich zu vermeiden. ²⁾ im Bedarfsfall zu interpolieren | |

Tabelle 5: Mindest erforderliche immissionsflächenbezogene speicherwirksame Masse $m_{w,Al}$ in Abhängigkeit vom immissionsflächenbezogenen stündlichen Luftvolumenstrom $V_{L,s}$ [OEN99]

Das bedeutet, beim vereinfachten Verfahren werden die Einflussfaktoren

- Sonnenschutz
- Raumlüftung, insbesondere die Nachtlüftung
- speicherwirksame Masse der raumumschließenden Bauteile sowie der Einrichtung
- Orientierung der strahlungsdurchlässigen Flächen

über die Kennwerte immissionsflächenbezogener stündlicher Luftvolumenstrom $V_{L,s}$ und immissionsflächenbezogene speicherwirksame Masse $m_{w,l}$ in Verbindung gebracht.

Im Zuge des Nachweises wird der $V_{L,s}$ und die tatsächliche immissionsflächenbezogene speicherwirksame Masse $m_{w,l}$ ermittelt. Diese Speichermasse wird dann mit dem Mindestwert aus der obigen Tabelle gegenübergestellt. Ist der vorhandene Wert größer als der Sollwert, ist der Nachweis erfüllt, also die Speicherfähigkeit ausreichend.

Baurechtliche Grundlagen zur Sommertauglichkeit:

In der OIB-Richtlinie 6 [OIB07] wird für den Neubau und die umfassende Sanierung von Wohngebäuden die Erfüllung der Anforderungen der ÖNORM B 81 10-3 [OEN99] gefordert.

Die nachfolgende Tabelle veranschaulicht die Gültigkeit bzw. das Datum des Inkrafttretens der OIB-Richtlinien in den neun Bundesländern geben:

| Bundesland | Alle OIB-Richtlinien | Dzt. nur OIB-Richtlinie 6 |
|------------------|----------------------|---------------------------|
| Burgenland | 1. Juli 2008 | |
| Kärnten | - | 20. Februar 2008 |
| Niederösterreich | - | 1. Jänner 2009* |
| Oberösterreich | - | 1. Jänner 2009* |
| Salzburg | - | 1. Jänner 2009* |
| Steiermark | - | 5. Juli 2008 |
| Tirol | 1. Jänner 2008 | |
| Vorarlberg | 1. Jänner 2008 | |
| Wien | 12. Juli 2008 | |

* geplantes Datum des Inkrafttretens

Stand: September 2008

Tabelle 6: Gültigkeit der OIB-Richtlinien [OIB09]

Wie zu erkennen ist, ist geplant, auch in den verbleibenden drei Bundesländern ab 01.01.2009 die Richtlinie 6 einzuführen. Somit sind auch die Anforderungen der ÖNORM B 81 10-3 zur Nachweisführung der ausreichenden Speicherfähigkeit österreichweit einzuhalten.

Wichtige Hinweise für die Nutzer:

- Oft wird das Vorurteil „beim PH darf man keine Fenster öffnen“ zum Anlass genommen, keine oder nur unzureichende Nachtlüftung durchzuführen. Dabei gilt es zu bedenken, dass kein Gebäude – weder konventionelles, noch Passivhaus – über einen längeren Zeitraum die Normkriterien der Sommertauglichkeit erfüllt, wenn nicht die tagsüber aufgenommene Wärme aus der Solarstrahlung durch nächtliche oder frühmorgendliche Lüftung abgelüftet wird. Das gilt sogar bei optimaler Verschattung!
- Dabei gilt nach wie vor der Grundsatz, dass eine Querdurchlüftung deutlich mehr Wirkung zeigt, als das Öffnen von Fensterflächen an nur einer Fassadenebene.
- Im Sommerbetrieb sollte die Lüftungsanlage unbedingt über den Sommer-Bypass betrieben werden. Das bedeutet, der Wärmetauscher wird gezielt umgangen, um nicht während der Nachtstunden die kühle Außenluft durch einen Wärmerückgewinnungsprozess vorzuwärmen.

Es kann jedem Planer nur eindringlich empfohlen werden den zukünftigen Nutzern das richtige Nutzerverhalten zur Hintanhaltung von sommerlicher Überwärmung so früh als möglich nahezubringen. Die Erfahrung zeigt, dass es grade auf diesem Gebiet und insbesondere bei Gebäuden mit Wohnraumlüftungsanlagen vielfach Vorurteile und Missverständnisse gibt, die trotz ordnungsgemäßer Planung und Ausführung im Betrieb zu Problemen führen.

Aktive Kühlung:

Wie im Kapitel „Nachweisblätter des PHPP2007“ beschrieben, ist der Energiebedarf für aktive Kühlung in die Bilanz des Primärenergiebedarfs mit aufzunehmen. Dieser Ansatz hat insofern

seine Berechtigung, da es nicht sinnvoll sein kann die notwendige Energie zur Raumbeheizung so gering als möglich zu halten aber gleichzeitig während der Sommerzeit eine unter Umständen sogar deutlich höhere Energiemenge zur Raumkühlung einzusetzen.

Diese Fehlentwicklung war in den letzten Jahrzehnten insbesondere im Bürobau zu beobachten, wurde nun aber durch die strengeren Grenzwerte für den Kühl(wärme)bedarf bei Nichtwohngebäuden in der OIB-Richtlinie 6 [OIB07] zunehmend eingedämmt. Es sei an dieser Stelle darauf hingewiesen, dass durch die teilweise bereits erfolgte bzw. geplante Übernahme der OIB-Richtlinie 6 in alle Landesbauordnungen oder Landesbautechnikverordnungen, klare Grenzwerte an den Kühlbedarf bzw. die Sommertauglichkeit von Nichtwohngebäuden gesetzlich verankert wurden:

Auszug aus der OIB-Richtlinie 6:

2.4 Anforderungen an den Heizwärme- und Kühlbedarf bei Neubau von Nicht-Wohngebäuden:

2.4.2 Für Nicht-Wohngebäude der Gebäudekategorien 1 bis 11 gemäß Punkt 2.2.2 ist entweder die sommerliche Überwärmung gemäß ÖNORM B 8110-3 einzuhalten, wobei die tatsächlichen inneren Lasten zu berücksichtigen sind, oder der maximal zulässige außeninduzierte Kühlbedarf KB^*V, NWG, max (Nutzungsprofil Wohngebäude, Infiltration $n_x = 0,15$) pro m^3 Bruttovolumen von $1,0 \text{ kWh}/m^3a$ einzuhalten.

In diesem Zusammenhang erscheint es wichtig die gesetzlichen und normativen Gegebenheiten etwas genauer zu beleuchten:

Es ist beispielsweise gemäß § 118 Abs. 2 Z 2 der Wiener Bauordnung [WBO08] die sommerliche Überwärmung zur Gewährleistung eines dem Verwendungszweck entsprechenden Raumklimas zu vermeiden. Die detailliertere Spezifikation ist in der Wiener Bautechnikverordnung nachzulesen [WBTV08]. Hier heißt es unter Punkt 7.3 der OIB-Richtlinie 6: „Die sommerliche Überwärmung von Gebäuden ist zu vermeiden. Bei Neubau und umfassender Sanierung von Wohngebäuden ist die ÖNORM B 8110-3 einzuhalten.“ Für Nicht-Wohngebäude werden Grenzwerte für den Kühlbedarf angegeben.

Das bedeutet, ein Wohngebäude ist ohnehin so zu planen, dass eine aktive Kühlung zur Einhaltung der normativen Grenzen für sommerliche Übertemperaturen eingehalten werden. Wie bereits oben erwähnt wurde, werden die Grenztemperaturen gemäß ÖNORM B 8110-3 mit 27°C unter Tags und 25°C während der Nacht definiert. Vereinfacht gesagt gelten die Anforderungen immer noch als erfüllt, wenn diese Grenzwerte an bis zu 13 Tagen pro Jahr überschritten werden.

Da diese Grenzwerte für viele Personen als zu hoch anzusehen sind, kann es im Einzelfall, beispielsweise bei sehr knapper Nachweisführung der ausreichenden Speicherfähigkeit gemäß ÖNORM B 8110-3 oder bei erhöhten Komfortansprüchen, durchaus sinnvoll sein, zusätzliche Maßnahmen zur Reduktion der sommerlichen Raumtemperatur zu setzen. Beispiele hierfür sind:

- Kühlung mittels Wärmepumpe:

Wird die Restwärme über eine Grundwasser-Wärmepumpe (z.B. als Bestandteil eines Kompaktgerätes) gewonnen, gibt es bei einigen Herstellern auch die Möglichkeit die Wärmepumpe im Sommerbetrieb derartig umzustellen, dass nicht wie im Winterfall Wärme, sondern Kälte erzeugt wird.

Es bestehen folgende Möglichkeiten diese „Nutzkälte“ in die Wohnräume einzubringen:

- Kühlung über das Leitungssystem der FB-Heizung:
Ist eine Fußbodenheizung zur Einbringung der Restwärme im Winterfall vorhanden, so kann dasselbe Leitungssystem auch zur Einbringung der Nutzkälte herangezogen werden.
- Kühlung über Kühldecken:
Weiters ist es denkbar, für die Kühlung ein separates Leitungsnetz zur Kälteverteilung in den massiven Decken einzulegen. Im EFH-Bau wird dieses System aber aufgrund der sehr geringen Kältemengen nur im Einzelfall sinnvoll sein.

In diesem Zusammenhang ist es wichtig zu erwähnen, dass die einbringbaren Kühlleistungen bei diesen Systemen im Bereich von wenigen W/m^2 liegen, also keinesfalls mit einer aus dem Bürobau bekannten Klimaanlage vergleichbar sind!

- Kühlung mittels Erdreichwärmetauscher:

Durch Luft-Erdreichwärmetauscher kann das Erdreich als saisonaler Energiespeicher genutzt werden. Sie bestehen aus Luftkanälen, die im Erdreich verlegt werden und über die die Außenluft dem Gebäude zugeführt wird. Im Winterfall wird die Luft durch die höhere Erdreichtemperatur vorgewärmt und kann somit zur Frostfreihaltung des Wärmetauschers eingesetzt werden. Im Sommerfall wird die warme Außenluft durch das kühlere Erdreich leicht gekühlt.

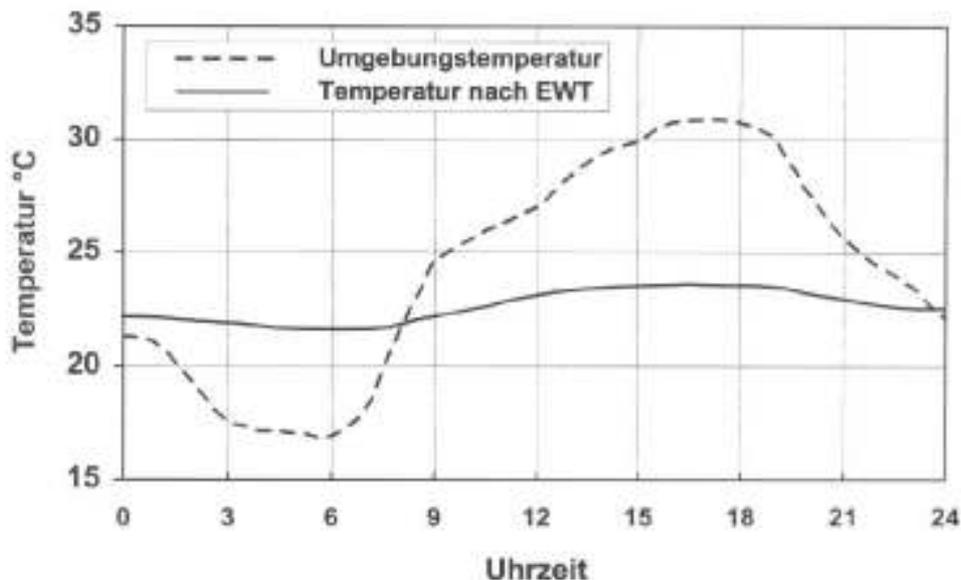


Abbildung 7: Dämpfung der Tagesspitzen der Umgebungstemperatur durch einen Erdreichwärmetauscher [FEI06]

Wie anhand der obigen Abbildung zu erkennen ist, werden durch einen ausreichend groß dimensionierten Erdreichreichwärmetauscher die Tagesspitzen der Umgebungstemperatur sehr stark vermindert. Es ist darauf zu achten, dass der Erdreichreichwärmetauscher für den jeweiligen Anwendungszweck dimensioniert wird.

[FEI06]

Vielfach werden Abwasserrohre aus PVC als Rohrmaterial für Luft-Erdreichwärmetauscher verwendet. Es ist jedoch im Sinne des Umweltschutzes und der Hygiene anzuraten auf Alternativen, wie beispielsweise PP-Rohre mit spezieller antimikrobieller Rohrrinnenschicht, auszuweichen. Aufgrund der höheren Wärmeleitfähigkeit des Polypropylens (PP) gegenüber dem Polyvinylchlorid (PVC) wird zusätzlich ein besserer Wärmeübertrag aus dem Erdreich erreicht.

▪ Kühlung mittels Fernwärme:

▪ Kälteerzeugung vor Ort:

Ist ein Fernwärmeanschluss vorhanden, könnte die Nutzkälte mittels Kältemaschine aus der Fernwärme erzeugt werden. Derartige Systeme sind aber für den Einfamilienhausbau nicht üblich.

▪ Regionale Kälteerzeugung und -verteilung:

Zukunftsweisend ist die Lieferung der Nutzkälte vom Fernwärmeerzeuger. Dabei wird mittels Fernwärme in thermisch betriebenen Kältemaschinen Wasser gekühlt und in isolierten Rohren zu den Abnehmern transportiert. Die Vorteile dieser „Summerheat“ sind:

- bessere Auslastung der Fernwärmesysteme
- Effizienzsteigerung der Erzeugungsanlagen
- verbesserte Wirtschaftlichkeit der eingesetzten KWK- und Verbrennungsanlagen
- hohe CO₂-Einsparungen im Vergleich zu Standardanlagen

[AEA08]

▪ Kühlung mittels Split- und Multisplitgeräten:

Obwohl für alle Wohngebäude jetzt mit der OIB Richtlinie 6 der Nachweis der Sommertauglich gemäß ÖNORM B 8110-3 zu erbringen ist, werden fallweise zur Raumkühlung sogenannte Split- bzw. Multi-Split-Geräte eingesetzt. Diese Geräte verfügen über ein Außengerät und ein oder mehrere Innengeräte (=Multi-Split). Das Funktionsprinzip ist jenes einer umgekehrten Wärmepumpe. Das heißt, es wird mittels Strom Kälte erzeugt, sehr ähnlich der Funktionsweise eines Kühlschranks. Splitgeräte sind eine Weiterentwicklung der heute nur mehr sehr eingeschränkt gebräuchlichen Fensterklimageräte. Sie haben den Vorteil, dass das Kälte abgebende Innengerät nicht mehr mit dem Wärme abgebenden Außengerät in unmittelbarer Verbindung stehen muss, da die beiden Bauteile durch Kältemittelleitungen verbunden sind. Somit ist es beispielsweise möglich, das Außengerät am Flachdach oder an einem anderen geeigneten Ort zu positionieren.

Da der Energiebedarf für Anlagen zur Raumkühlung bei der Ermittlung des Primärenergiebedarfs zu berücksichtigen ist, ist die Einhaltung des Grenzwertes von max. 120 kWh/m²EBF.a nur mit beträchtlichen Kompensationsmaßnahmen möglich!

Es sei darauf hingewiesen, dass Maßnahmen wie die Wahl einer **wirksameren Verschattung** als jene, die gemäß ÖNORM-Nachweis zumindest erforderlich ist oder die vermehrte **Nachtlüftung** oft wirksamer sind, als technisch aufwendige und teure anlagentechnische Kühlungssysteme. Der Planer und der Nutzer sollten sich darüber im Klaren sein, dass falsches Nutzerverhalten, wie beispielsweise andauernde Öffnung der Fenster unter Tags, auch durch Einsatz von haustechnischen Anlagen i.d.R. nicht kompensiert werden können.

6.7 Haustechnik

6.7.1 Bauliche Auswirkungen

Mit dem Haustechnikplaner sind folgende Punkte abzustimmen:

- Anordnung der Räume und Lüftführung
- Aufstellort Lüftungsgerät
- Energie für Warmwasser und Nachheizung
- Erdreichwärmetauscher
- Bedienung
- Energieeffizienz der Lüftungsanlage (max. Druckverlust)
- Nachweise Qualitätsanforderungen z.B. 55 Kriterien www.komfortlüftung.at

Wichtig: Heizungs- und Lüftungsplaner sowie -Installateur müssen die entsprechenden Anforderungen und Effizienzkriterien kennen und sicherstellen, dass sie erfüllt werden, da ansonsten die Funktion des Gebäudes als Passivhaus und die Komfortanforderungen nicht gewährleistet werden können!

Situierung des Lüftungsgerätes: Aus energetischer Sicht ist es günstig, den Aufstellraum des Lüftungsgerätes in die thermische Hülle zu integrieren. Wie an anderer Stelle bereits erwähnt, ist es gerade bei kleinvolumigen Einfamilienhäusern ohnehin sinnvoll, den Keller in die „warme Hülle“ zu integrieren, wodurch die Fragestellung ob das Gerät in oder außerhalb der „warmen Hülle“ aufgestellt werden soll, gar nicht erst auftritt.

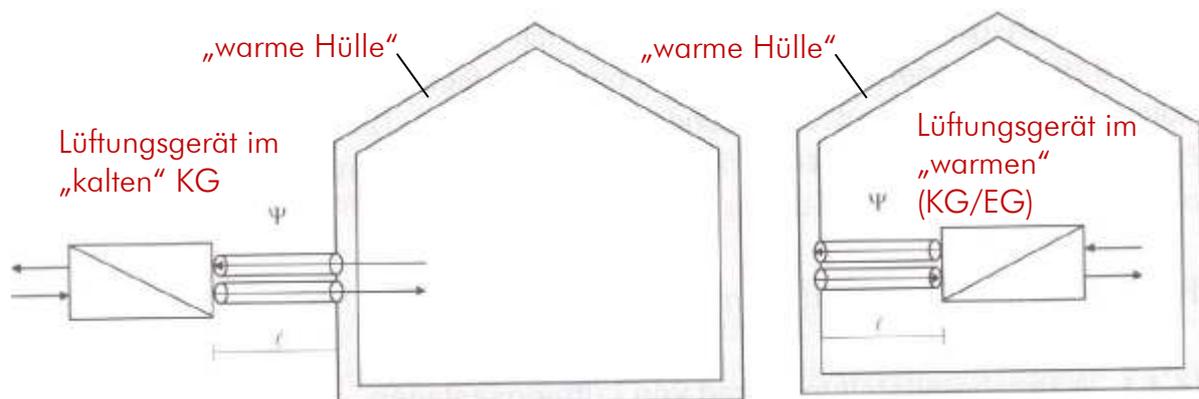


Abbildung 8: Lage des Lüftungsgerätes innerhalb oder außerhalb der „warmen Hülle“
[Ausgangsbasis für Abb.: FEI07]

Bei der Dämmung der Lüftungsleitungen zum bzw. vom Lüftungsgerät ist Folgendes zu beachten:

- Wird das Gerät **innerhalb** der „warmen Hülle“ aufgestellt, sind die **kalten Leitungen, also die Frisch- und Fortluftleitung, bis diese die thermische Hülle verlassen, sehr hoch zu dämmen**, da die Luft in diesen Leitungen durch die Wärmerückgewinnung beinahe Außenlufttemperatur hat und somit eine beträchtliche Wärmebrücke darstellt. (**Abb. oben rechts**)
- Wird das Gerät **außerhalb** der „warmen Hülle“ aufgestellt, sind die **warmen Leitungen, also die Zu- und Abluftleitung, bis diese die thermische Hülle erreichen, sehr hoch zu dämmen**, da die Luft in diesen Leitungen durch die Wärmerückgewinnung beinahe Innenlufttemperatur hat und die rückgewonnen Wärme ansonsten wieder durch die Leitungsführung im Kalten vermindert werden würde. (**Abb. oben links**)

Bei Aufstellung des Gerätes außerhalb der „warmen Hülle“ ist nach derzeitigem Wissensstand die Einhaltung des geprüften Wirkungsgrades der Wärmerückgewinnung nicht gewährleistet!

Die Problematik liegt in der nicht einschätzbaren externen Leckage des Lüftungsgerätes und der damit zusammenhängenden Vermischung mit kalter Umgebungsluft. Das hat zur Folge, dass der Wärmerückgewinnungsgrad bei Außenstellung u.U. massiv einbrechen kann. Da die Geräte üblicherweise bei Innentemperaturen (Labortemperatur) gemessen werden, kann anhand der derzeit üblichen Prüfanordnungen keine gesicherte Aussage über die Funktionstüchtigkeit bei Außenstellung abgegeben werden.

Trotzdem von einzelnen Herstellern durch Messungen im Betrieb bekannt ist, dass die Geräte auch bei Außenstellung einwandfrei funktionieren, kann aus derzeitiger Sicht nur eine Aufstellung innerhalb der thermischen Gebäudehülle empfohlen werden.

6.7.2 Kontrollierte Wohnraumlüftung

Die kontrollierte Wohnraumlüftung (KWL) ist bei einem Passivhaus ein Muss. Ohne **KWL** ist ein derart **geringer Heizwärmebedarf** unter Zugrundelegung eines PH-üblichen Luftwechsels von 0,3-0,4 1/h **nicht erreichbar**.

Dennoch gibt es in Einzelfällen Passivhäuser die ohne Lüftungsanlage betrieben werden, wie beispielsweise beim Zweifamilienhaus Dämon-List in Jenbach, Tirol [WEH07], doch muss hier, aufgrund der physikalischen Gesetzmäßigkeiten davon ausgegangen werden, dass die Passivhausgrenzwerte messtechnisch nur eingehalten wurden, weil sehr wenig gelüftet wurde. Diese Strategie lässt sich jedoch nur im EFH-Bau bei voller Bereitschaft und Unterstützung der Nutzer realisieren.

Wie in den Anfangskapiteln beschrieben, beruht die klassische Passivhausidee darauf, dass die erforderliche Wärmemenge zur Aufrechterhaltung einer behaglichen Raumtemperatur derart gering ist, dass es ausreicht die Zuluft zu konditionieren, d. h. im Heizlastfall auf ca. 50°C aufzuheizen. Dieser Nachweis wird auch die „**Zuluftbeheizbarkeit**“ genannt.

Die **Zuluftbereiche** sind Wohn-, Schlaf- und Kinderzimmer. **Abluftbereiche** sind, wie auch im konventionellen Wohnbau WC, Bad, Küche und u.U. Abstellräume. Die Zuluft wird über die Zuluftfräume eingebracht, strömt dann über die Überströmbereiche (Gänge, innere Erschließungsflächen) zu den Ablufträumen und wird dort wieder abgesaugt. Die Luftbewegung ist aufgrund der geringen Luftmengen und -geschwindigkeiten nicht wahrnehmbar. Einzig im Bereich der **Überströmöffnungen** ist darauf zu achten, dass die Schlitze zwischen Fußboden und Türblatt groß genug sind. I.d.R betragen diese Spalte zwischen 0,8-1,5cm.

Eine Komfortlüftung besteht aus einem **Zentralgerät**, in dem Wärmetauscher, Filter, Ventilatoren, etc. zentral untergebracht sind, und dem voneinander getrennten Zu- und Abluftrohrsystem.

- Lüftungsleitungsnetz:
 - Zu- und Abluftleitungen
 - Schalldämpfer
 - Volumenstromregelung
 - Heizregister zur Zuluftnacherwärmung (falls nicht bereits im Kompaktgerät integriert)
 - Weitwurfdüsen (Zuluft), Tellerventile (Abluft)

Die Lüftungsleitungen und sonstigen oben genannten Einrichtungen des **Lüftungsleitungsnetzes** werden üblicherweise in den Gängen, Vorräumen, Bädern und Küchen in abgehängten Decken geführt. Die alternative sichtbare Leitungsführung ist zwar kostengünstiger, möglicherweise aber von den Nutzern nicht gewünscht.

Der **elektrische Energiebedarf der KWL** hängt wesentlich vom Luftkanalnetz und vom Lüftungsgerät ab. In den Prüfprotokollen der Lüftungsgeräte werden elektrische Energieaufnahmen für einen Druckverlust von 100 Pascal, gegen den der Ventilator arbeiten muss, angegeben.

Der tatsächliche Druckverlust wird durch die bauliche Planung wesentlich mit beeinflusst und sollte im EFH 100 Pa (mit EWT unter 120 Pa) nicht überschreiten.

- Kurze, möglichst gerade Luftkanäle (Bögen, Einbauten) erhöhen den Druckverlust.
- Ausreichend Platz vorsehen (DN 100 bis 120), Spiro besser und billiger als Rechteckquerschnitt.

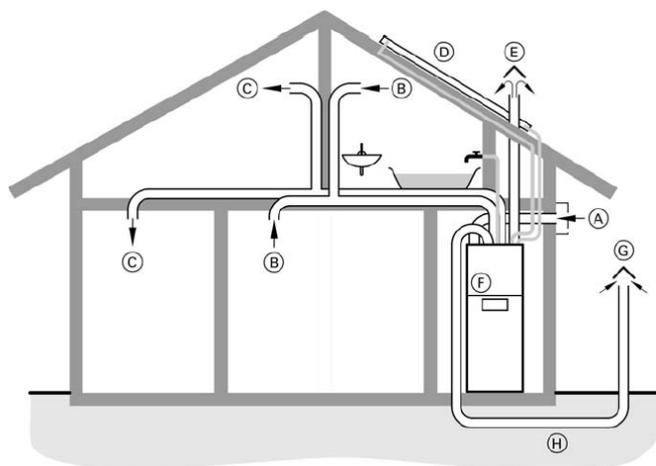
Siehe auch:

www.komfortlüftung.at, Info 5: Checkliste - Geringer Druckverlust

Ein **Passivhaus-Kompaktgerät**, das Heizung, Lüftung mit Wärmerückgewinnung und Warmwasserbereitung in einem Gerät vereint, besteht aus folgenden Hauptkomponenten:

- Wärmepumpe (i.d.R. Luft/Wasser)
- Wärmetauscher (Wärmeüberträger)
- Zu- und Abluftventilator (Gleichstromventilatoren)
- Filter
- Zuluft-Heiz-/Kühlregister (Restwärmeeinbringung im Heizfall; ggf. Kühlung im Sommerfall)
- Elektro-Zusatzheizung
- WW-Speicher
- Regelung

Systemdarstellung eines Passivhauses mit Vitotres 343



- (A) Außenluftansaugung über Filter Klasse F7
- (B) Abluft
- (C) Zuluft
- (D) Sonnenkollektoren
- (E) Fortluft

- (F) Vitotres 343
- (G) Außenluft zur Wärmepumpe
- (H) bauseitiger Erdwärmeüberträger für die Außenluftzuführung zur Wärmepumpe (wahlweise, zur Verbesserung des Wirkungsgrades)

Die Außenluft wird über einen Pollenfilter angesaugt und im Gerät vorerwärmt.

Die verbrauchte warme Abluft der Räume gibt dabei über 80 % ihrer Wärme an die frische Außenluft mittels einer hocheffektiven Wärmerückgewinnung ab. Den verbleibenden Anteil dieser Fortluftwärme nutzt eine Luft/Wasser-Wärmepumpe zur Nacherwärmung der Zuluft und zur Aufheizung des in das Gerät integrierten Speicher-Wassererwärmers.

Zur Unterstützung der Trinkwassererwärmung kann wahlweise eine Solaranlage angeschlossen werden.

Eine intelligente Regelung managt gemeinsam Lüftung, Wärmepumpe sowie Solaranlage und sorgt für komfortable und energiesparende Heizung und Trinkwassererwärmung.

Durch die reversible Ausführung der Luft/Wasser-Wärmepumpe kann die Zuluftkühlung aktiv unterstützt werden. Somit kann auch bei hohen internen Wärmegewinnen eine angenehme Raumtemperatur erzielt werden.

Abbildung 9: Systemdarstellung eines Passivhauses mit PH-Kompaktgerät [Quelle: Fa. Viessmann]

Es hat sich bewährt, die **Regelung der Lüftungsanlage 4 stufig** zu gestalten. Gemäß ÖNORM H 6038 [ÖEN06a] sind mindestens zwei Stufen für den Betrieb und eine „Aus“-Stufe vorzusehen. Die Auslegung der Lüftungsanlage, bzw. Bezeichnung der Regelstufen könnte, insbesondere bei einem über die Zuluft beheizten Gebäude, wie folgt gewählt werden:

- **„Aus“ (Luftwechsel ca. 0,06-0,10 1/h):**
Bei der Betriebsart „Aus“ wird der Luftwechsel bis auf ein Minimum verringert. Die minimale Restluftmenge hat v.a. hygienische Gründe. Diese Betriebsart sollte nur bei längerer Abwesenheit (z.B. Urlaub etc.) und für die Tagstunden im Sommerbetrieb gewählt werden. Bei Urlauben während der Winterzeit kann es sinnvoll sein die Lüftungsanlage nicht in den Betriebszustand „Aus“ zu versetzen, um ein zu hohes Auskühlen und damit zusammenhängende lange Aufheizzeiten zu verhindern.

Die aktuelle Diskussion im Normungsprozess befasst sich mit der Frage, ob die Stufe „Aus“ einen minimalsten Luftwechsel zulassen soll oder ob aus Gründen der Sicherheit (z.B. Störfall eines Chemie-Kraftwerkes, etc.) eine komplette Unterbindung des Luftwechsels anzustreben ist. Hier ist jedoch noch offen, ob diese Totalabschaltung der Wohnraumlüftung zentral (im Lüftungsraum) oder dezentral (an den Steuerelementen in den Wohnräumen) erfolgen soll.

- **„nicht zuhause“ (Luftwechsel ca. 0,20 1/h):**
Diese Stufe soll den NutzerInnen die Möglichkeit bieten, die Trockenheit der Luft durch Verringerung des Luftwechsels beeinflussen zu können. Außerdem bietet diese Stufe auch ein zusätzliches Energieeinsparpotenzial.
- **„normal“ (Luftwechsel ca. 0,3 1/h):**
Bei gewöhnlicher Raumluftbelastung ist es im Winter und der Übergangszeit am günstigsten, die Lüftungsanlage in der Betriebsart „normal“ zu betreiben. Dies gilt sowohl für die Tag- als auch die Nachtstunden.
- **„Party“ (Luftwechsel ca. 0,60 1/h):**
Bei stark erhöhter Raumluftbelastung oder kurzfristig erhöhtem Luftbedarf (z.B. beim Kochen, oder morgendlichen/abendlichen Lüften, etc.) oder zur Unterstützung der Nachtlüftung im Sommerbetrieb während der kühleren Nachtstunden kann die Verwendung der höchsten Betriebsart „Party“ sinnvoll sein.



Abbildung 10: Mögliche Bedienelemente zur Regelung der Luftmengen und der Raumtemperatur

Erdwärmetauscher:

Typische Dimensionierung: Kunststoffrohr PE DN 150/200, ca. 30 - 50m, ca. 2 m/s, Tiefe ca. 1,5 bis 2m direkt ohne Sandbett (isoliert)

- Gefälle für Kondensatablauf 2 %
- Aufteilung in mehrere Stränge mit ausreichendem Abstand möglich

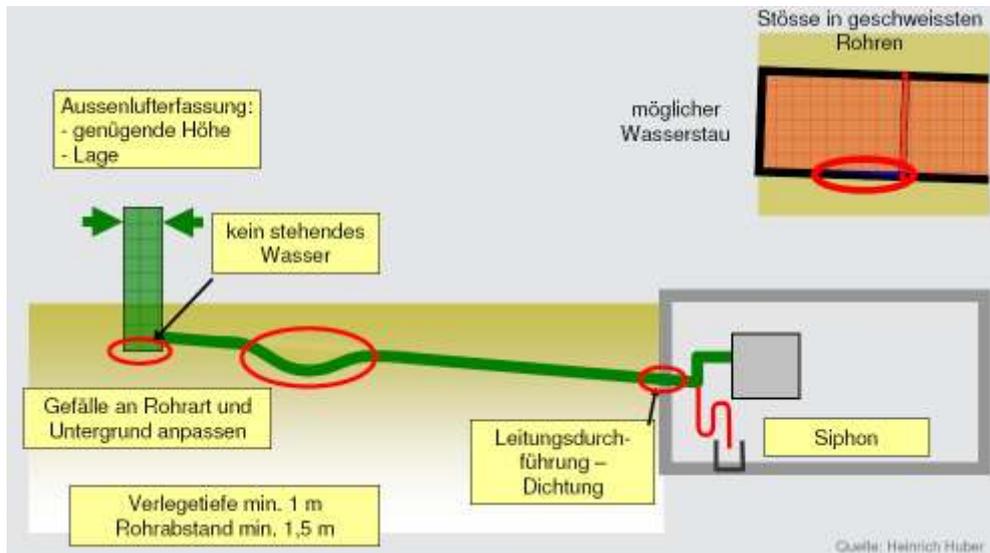


Abbildung 11: Erdwärmetauscher [Quelle: H. Huber, arsenal research]

Qualitätskriterien“ für Wohnraumlüftungen:

www.komfortlüftung.at [GRE08]:

Unter der Rubrik „Wohnraumlüftung“ können „55 Qualitätskriterien“ für Wohnraumlüftungen abgerufen werden. Diese Kriterien wurden speziell für den Bereich Einfamilienhaus/Reihenhaus entwickelt und wurden im Rahmen des Forschungsprojektes „Technischer Status von Wohnraumlüftungen – Evaluierung von 92 Wohnraumlüftungsanlagen in Österreich“ (2004) [GRE04] erstellt.

6.7.3 Wärmeerzeugung und -bereitstellung

Die möglichen Arten der Wärmeerzeugung sind im EFH-Bau noch vielfältiger als im Geschosswohnbau. Die nachfolgende Auflistung gibt, ohne den Anspruch der Vollständigkeit zu erheben, die möglichen Wärmebereitstellungsformen wieder:

- Fernwärme
- Gasbrennwertkessel
- Biomassekessel und -öfen für
 - Pellets
 - Hackschnitzel
 - Scheitholz
- Wärmepumpen
- thermische Solaranlagen

Im Passivhaus werden vergleichsweise sehr geringe Wärmemengen benötigt, daher sind nicht alle im konventionellen und Niedrigenergie-Bau üblichen Wärmebereitstellungsarten geeignet. Im Nachfolgenden wird auf einige mögliche Systeme eingegangen.

Wärmepumpen:

Im Normalfall wird die Passivhaus-Anforderung des maximalen **Primärenergiebedarfs** von $\leq 120 \text{ kWh/m}^2\text{EBF.a}$ nicht erreicht werden können, wenn Strom direkt für Heizzwecke bzw. zur Erzeugung von Warmwasser eingesetzt wird. Unter Berücksichtigung der Effizienzkriterien kann hingegen der Einsatz von elektrischen Wärmepumpen ein zielführendes System sein.

Exkurs Primärenergie:

An dieser Stelle soll noch einmal die Bedeutung der Primärenergie und die damit zusammenhängende größtmögliche Vermeidung von direkter elektrischer Energie besprochen werden. Das Passivhaus Institut hat sich bei der Auswahl der Kriterien nicht für den Endenergiebedarf, sondern für den Primärenergiebedarf entschieden, da dieser auch die vorgelagerten Prozesse betrachtet.

Der Begriff „Passivhaus“ ist nicht nur an die Einhaltung der thermischen Kennwerte Heizwärmebedarf und Heizlast gekoppelt, sondern ebenso an die Beschränkung des Primärenergiebedarfs ($\leq 120\text{kWh/m}^2\text{EBF.a}$).

Die Erfüllung dieses Kriteriums hängt nun maßgeblich vom eingesetzten Energieträger (Gas, Öl, Fernwärme, ...) ab. Dieser Umstand spiegelt sich im Primärenergiefaktor ($\text{kWh}_{\text{prim}}/\text{kWh}_{\text{End}}$) wider, der die Umrechnung vom Endenergiebedarf zum Primärenergiebedarf ermöglicht.

Auch wenn von den regionalen Energieerzeugern teils erheblich andere Werte angegeben werden, ist es zweckmäßig für die Nachweisführung zur besseren Vergleichbarkeit mit anderen Bauvorhaben die Standard-Werte aus dem PHPP zu verwenden. Hier werden beispielsweise die folgenden Primärenergiefaktoren für verschiedene Energieträger genannt:

| | |
|------------------------------|--------------------------------------------------------|
| Heizöl: | 1,1 $\text{kWh}_{\text{prim}}/\text{kWh}_{\text{End}}$ |
| Erdgas: | 1,1 $\text{kWh}_{\text{prim}}/\text{kWh}_{\text{End}}$ |
| Holz: | 0,2 $\text{kWh}_{\text{prim}}/\text{kWh}_{\text{End}}$ |
| Strom (Mix) | 2,7 $\text{kWh}_{\text{prim}}/\text{kWh}_{\text{End}}$ |
| Strom (Photovoltaik): | 0,7 $\text{kWh}_{\text{prim}}/\text{kWh}_{\text{End}}$ |
| Fernwärme (StK HKW 70% KWK): | 0,8 $\text{kWh}_{\text{prim}}/\text{kWh}_{\text{End}}$ |

Wie man an den Werten erkennt, ist die Gewinnung von 1 kWh Wärme aus Strom oder 13,5 kWh Wärme aus Holz gesamtheitlich betrachtet gleichbedeutend!

$$\begin{aligned} \text{Strom:} & \quad 1 \text{ kWh}_{\text{End}} * 2,7 \text{ kWh}_{\text{prim}}/\text{kWh}_{\text{End}} = 2,7 \text{ kWh}_{\text{prim}} \\ \text{Holz:} & \quad 13,5 \text{ kWh}_{\text{End}} * 0,2 \text{ kWh}_{\text{prim}}/\text{kWh}_{\text{End}} = 2,7 \text{ kWh}_{\text{prim}} \end{aligned}$$

Der Primärenergiebedarf beinhaltet den Heizwärmebedarf, die Warmwasserbereitung, den Hilfsstrom für Heizung, Warmwasser und Lüftung sowie den Haushaltsstrom. Der Haushaltsstrom erreicht üblicherweise etwa die Hälfte des Primärenergiebedarfs und wird im PHPP mit einer vorgegebenen Geräteauswahl berücksichtigt.

Für Einfamilienhäuser gibt es folgende Arten von Wärmepumpen:

- **Luft/Wasser-Wärmepumpe:**
Energie wird aus Luft entnommen.
- **Sole/Wasser-Wärmepumpe:**
Energie wird mittels Flachkollektor oder Tiefensonde aus Erdreich entnommen.
- **Wasser/Wasser-Wärmepumpe:**
Energie wird aus Grundwasser entnommen.

Die höchste Effizienz wird erreicht, wenn der Temperaturunterschied zwischen Wärmequelle und Wärmeabnehmer möglichst gering ist.

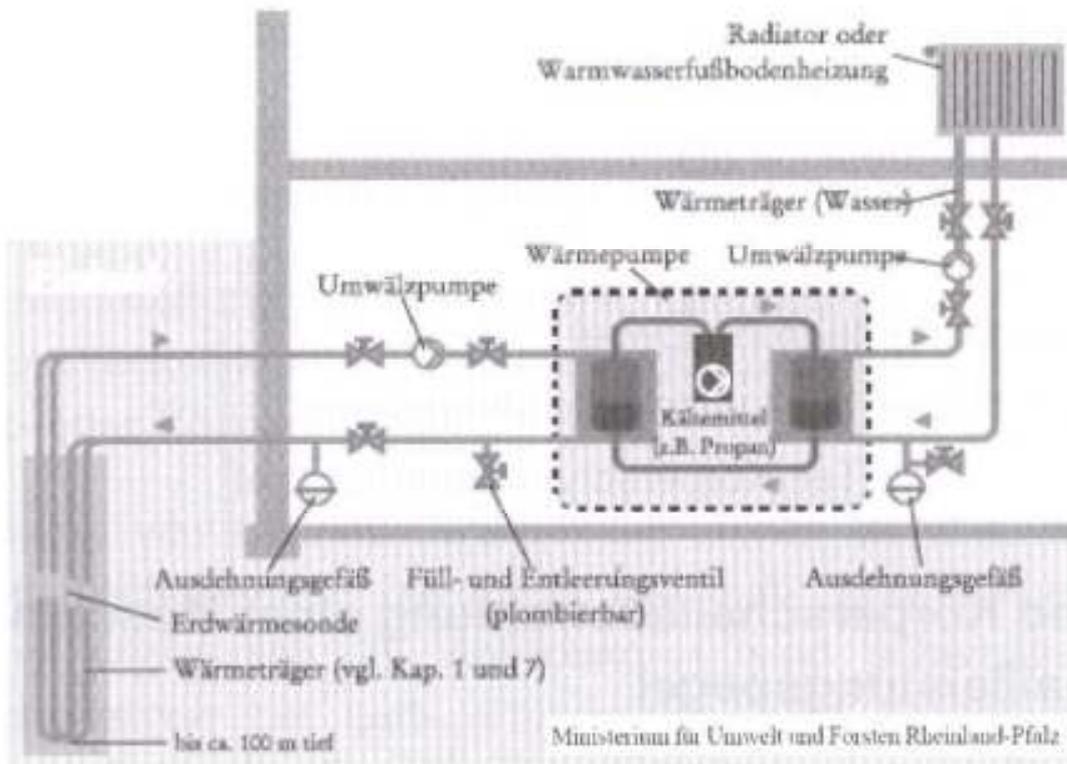


Abbildung 12: Funktionsschema einer Wärmepumpe [FEI07a]

Exkurs COP (Coefficient of Performance) / JAZ (Jahres-Arbeitszahl):

- COP-Wert:
Der **Coefficient of Performance** gibt das Verhältnis von abgegebener Wärmeleistung (kW) zur aufgenommenen elektrischen Antriebsleistung inkl. Hilfsenergie **unter Prüfbedingungen** an. Der häufig verwendete Begriff „Leistungszahl“ ist hingegen nicht eindeutig definiert. Der COP-Wert ist als "Momentaufnahme" zu verstehen und kann aus Prüfzeugnissen entnommen werden. COP-Werte gelten nur für die angegebenen **Betriebspunkte**. So bedeutet z.B. der Betriebspunkt W10/W35, dass die Wärmequelle Wasser mit einer Temperatur von 10 °C genutzt wurde um damit Heizungswasser mit 35 °C zu erzeugen.

| Prüfpunkte | B 5/W35 | B 0/W35 $\Delta T=5K$ | B 0/W35 $\Delta T=10K$ | B-5/W35 | B 5/W45 | B 0/W45 | B-5/W45 | B 0/W55 |
|--------------|---------|-----------------------|------------------------|---------|---------|---------|---------|---------|
| Heizleistung | 8.8 | 7.7 | 7.6 | 6.6 | 6.5 | 7.4 | 6.3 | 7.3 |
| El. Leistung | 1.9 | 1.9 | 1.7 | 1.9 | 2.4 | 2.4 | 2.4 | 3.0 |
| COP | 4.6 | 4.0 | 4.4 | 3.5 | 3.5 | 3.1 | 2.6 | 2.4 |

Tabelle 7: Ausschnitt aus einem Wärmepumpen Prüfprotokoll mit Angabe der Betriebspunkte und der entsprechenden COP-Werte [Quelle: <http://www.arsenal.ac.at/downloads/Prueftabelle-SW-WW.pdf>]

- JAZ:
Die **Jahres-Arbeitszahl** kann im Betrieb ermittelt werden: durch **Messungen** am Stromzähler für die zugeführte elektrische Arbeit (Verdichter, Wärmequellenpumpe) und am Wärmemengenzähler (abgegebene thermische Arbeit der Wärmepumpe) über ein Jahr.

Aus der Art.15a Vereinbarung der Bundesländer ist eine JAZ (für alle WP-Anlagen) von mindestens 4,0 gefordert. Die Art der Ermittlung der **JAZ in der Planung** ist allerdings derzeit in Diskussion. Einige Bundesländer fordern einen Nachweis nach **VDI 4650** - Kurzverfahren zur Berechnung von Jahresarbeitszahlen. Die "Aussagekraft" der VDI 4650 ist umstritten, weil die Ergebnisse aufgrund vieler wählbarer Faktoren in einer großen Bandbreite manipulierbar sind.

Aufbauend auf Erfahrungen in der Schweiz wurde deshalb **JAZcalc** (weiter)entwickelt. Der Vergleich der Ergebnisse mit vielen gemessenen Anlagen zeigte gute Übereinstimmungen. JAZcalc kann daher zur Dimensionierung / Optimierung in der Planungsphase für den Fachbetrieb empfohlen werden. Seit 1.1.2009 ist der Nachweis durch JAZcalc in der WBF und Direktförderung Vorarlberg als erstes Bundesland verankert. Download von JAZcalc auf www.qgw.at

Effizienzkriterien für Wärmepumpen:

Effizienzanforderungen finden sich u.a. in den Landesförderungen sowie auch im Kriterienkatalog für das „klima:aktiv Haus“ entsprechende Kriterien für Wärmepumpen-

Kompaktaggregat und Wärmepumpe www.klimaaktivhaus.at (Kriterienkatalog klima:aktiv Haus)

Passivhaus-Kompaktgeräte:

Bei Passivhaus-Kompaktgeräten handelt es sich um **Luft/Wasser-Wärmepumpen**, die mit der mechanischen Wohnraumlüftungsanlage kombiniert werden. Das bedeutet, Kompaktgeräte fassen folgende Funktionen in einem Gerät zusammen:

- Heizwasserbereitung
- Trinkwasserbereitung
- Lüftung
- Wärmerückgewinnung

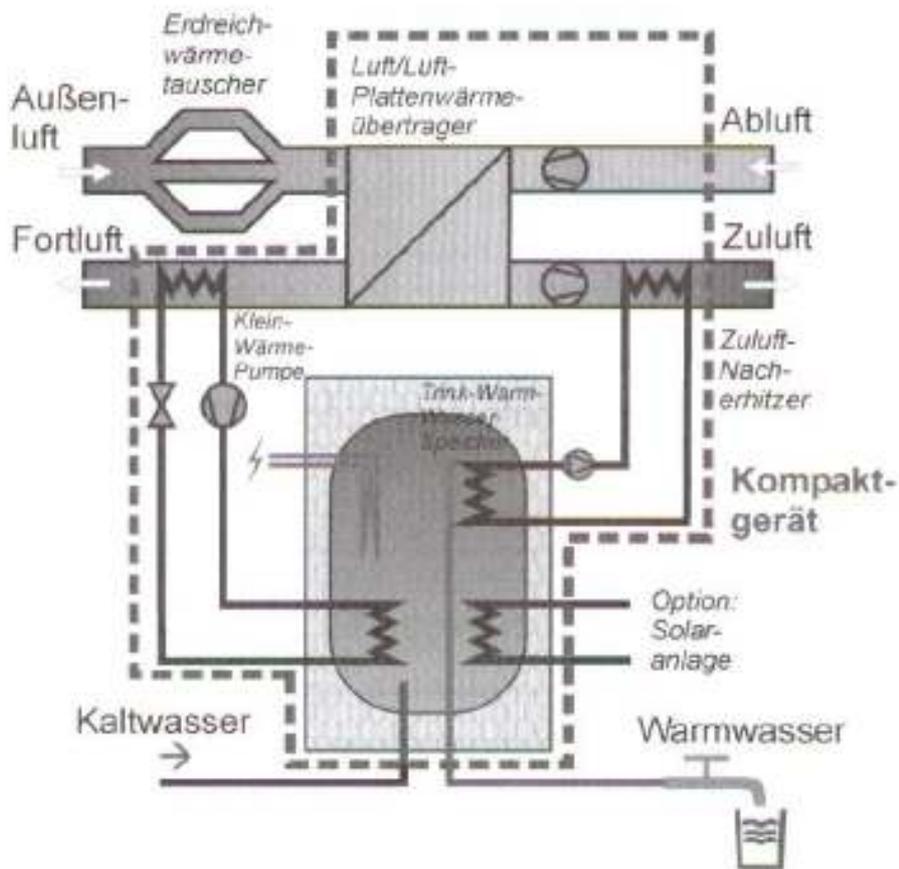
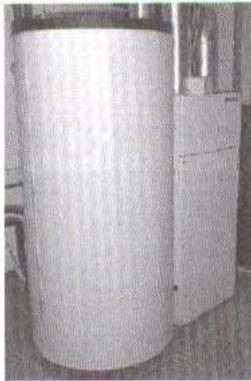


Abbildung 13: Systemdarstellung eines PH-Kompaktgerätes [FEI07a]

Herstellerliste des Passivhaus Instituts Darmstadt mit den derzeit verfügbaren PH-Kompaktgeräten [FEI08a]:

- AEREX Haustechniksysteme, Steinkirchring 27, D-78056 Villingen-Schwenningen
Tel. 077 20 / 99 588-370
- alphainnoTec GmbH, Industriestr. 3, D-95359 Kasendorf
Tel. 092 28 / 99 06 - 0
- Bau Info Center Lüftungstechnik, Postfach 26, D-72530 Hohenstein
Tel. 073 87 / 16 381
- drexel und weiss energieeffiziente haustechniksysteme gmbh, Kennelbacherstr. 36; A-6900 Bregenz
Tel. 0043 - 55 74 / 47 895
- Effiziento Haustechnik GmbH, Langwiesenstraße 8, D-74363 Güglingen
Tel. 071 35 / 98 82-0
- MAICO Elektroapparate-Fabrik GmbH, Steinbeisstraße 20, D-78056 Villingen-Schwenningen
Tel. 077 20 / 694-0
- NILAN Lüftungssysteme Handels GmbH, Stutterheimerstr. 16 - 18, A-1150 Wien
Tel. 0043 - 1 / 48 92 531
- OCHSNER Wärmepumpen GmbH, Elxlebenerweg 10, D-99310 Arnstadt
Tel. 036 28 / 585 484
- Paul Wärmerückgewinnung GmbH, Vettermannstr.1-5, D-08132 Mülsen St. Jacob,
Tel. 037 601 / 390-0 Fax. 037 601 / 25 845
- Sachsenland Bauelemente GmbH, Chemnitzer Platz 1, D-08371 Glauchau
Tel. 03763 / 14645 Fax. 03763 / 15094
- SCHRAG HLK-Technik GmbH & Co. KG, Hauptstr. 118, D-73061 Ebersbach/Fils
Tel. 071 63 / 17 - 0
- Stiebel Eltron GmbH & Co. KG, Fürstenberg Str. 77, D-37603 Holzminden
Tel. 018 03 / 70 20 20
- Viessmann Werke GmbH & Co., D-35107 Allendorf/Eder
Tel. 064 52 / 70-0 Fax. 064 52 / 70-27 80
- Wölfle Haustechnik, Biberacher Str. 63, D-88416 Ochsenhausen
Tel. 073 52 / 929 - 0 Fax. 073 52 / 929-139
- Zehnder Comfosystem AG, Harmate 30, D-48683 Ahaus
Tel. 025 61 / 98 44 - 0

Maico Haustechnik
Aerex



Paul Wärmerückgewinnung
Kompakt



Stiebel Eltron
LWZ 303 sol



Nilan
VP18 - 10P



Genvex/Pichler
Kompakt



Drexel & Weiss
aerosmart S



Viessmann
Vitolres 343

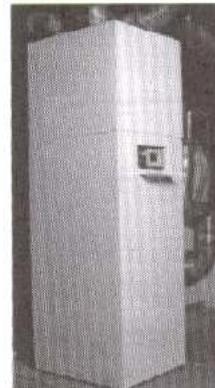


Abbildung 14: Beispielhafter Auszug der am Markt erhältlichen PH-Kompaktgeräte [FEI07a]

Heizbetrieb:

Im Heizbetrieb verwendet die Wärmepumpe den durch die Wärmerückgewinnung nicht verwertbaren Anteil der Abluft-Wärmeenergie und verwendet ihn zur Nacherwärmung der Zuluft oder zur Trinkwassererwärmung. Die **Nenn(heiz)leistung** derartiger Geräte liegt bei **ca. 1,5 kW**.

Sommerbetrieb:

An heißen Sommertagen wird der Wärmetauscher der Wohnraumlüftungsanlage durch ein **Bypass-System** umgangen. So wird die kühle Nachtluft direkt in die Wohnungen geleitet, ohne vorher den Wärmetauscher zu passieren, bei dem die kühle nächtliche Zuluft ungewollt mit der warmen Abluft vorgewärmt werden würde. Wird noch kühlere Luft gewünscht, ist es bei manchen Geräten weiters möglich die Abluft-Wasser-Wärmepumpe in den reversiblen Betrieb umzuschalten und somit der Zuluft über den Verdampfer aktiv Wärme zu entziehen. Die **Kühlleistung** bewegt sich hier in einer Größenordnung von bis zu **ca. 1 kW**.

Eine Liste der nach den Kriterien des Passivhaus Instituts zertifizierten Passivhaus-Kompaktgeräte ist unter www.passiv.de abzurufen.

Solaranlagen:

Größtmögliche Unabhängigkeit von der Entwicklung der Energiemärkte wird mit der Einbindung einer Solaranlage erreicht. Haustechnikkonzepte mit Biomasse zur Grundlastabdeckung werden eher mit Solarthermie kombiniert, für Wärmepumpen-Systeme liegt Photovoltaik als Ergänzung näher.

Thermische Solaranlagen:

Die nutzbaren Erträge einer Solaranlage zur **Warmwasserbereitung** liegen zwischen 200 und 300 kWh/m²a, je nach Kollektorfläche, Speicher und Verbrauch. Im Passivhaus kann z.B. mit einer Kollektorfläche von 5 bis 9m² ein solarer Deckungsanteil von 60 bis 75% durch Vorschaltung eines Solarboilers an einen Boiler erreicht werden. (Quelle: <http://www.drexel-weiss.at/?p=f3is47j-f2is45l88j-f0is11l32j-f1is27l73j-f5is3j-l88>)

Generell kann bei der **Dimensionierung der Solarkollektoren** für die Warmwasser-Bereitung bei guter Ausrichtung pro Person überschlägig von 2m² mit Flachkollektoren bzw. 1,5m² mit Vakuumkollektoren ausgegangen werden.

Neigungen (von der Horizontalen):

- Nur Schwimmbaderwärmung: 0-30°
- Warmwasserbereitung: 25-55°
- Solare Raumheizung: 50-70° (auch bis 90° = Fassadenintegration)

Sind Neigung und Orientierung nicht optimal, kann das durch größere Kollektorflächen ausgeglichen werden. Besteht die Wahl zwischen Südost- und Südwest-Ausrichtung, so sollte trotz theoretisch gleicher Sonneneinstrahlung der Südwest-Ausrichtung der Vorzug geben werden, da zum Zeitpunkt des Sonnenstandes im Südwesten meist höhere Lufttemperaturen herrschen und somit auch eventueller Frühnebel oder Morgendunst geringeren Einfluss auf den Ertrag hat. Zufolge einer Faustregel sollten die Kollektoren ca. 6 Stunden um die Mittagszeit, also beispielsweise zwischen 9 bis 15 Uhr oder zwischen 10 bis 16 Uhr, nicht verschattet sein, um einen hohen Ertrag zu erzielen. Mit Ausnahme von Solaranlagen für Raumheizung sind Verschattungen durch Nachbargebäude, Bäume, etc. im Winter eher unproblematisch, da in dieser Jahreszeit aufgrund der tiefen Außentemperatur und der geringen Sonnenscheindauer ohnehin nur ein sehr geringer Ertrag zu erwarten ist. [SOM08], [ENE09]

Für die erste Abschätzung reicht eine einfache Ertragssimulation, z.B. Online-Ertragssimulation: www.valentin.de/calculation/thermal/start/de

Als Richtwert für die Dimensionierung des **Speichers** kann von ca. 75 - 100 l/Pers. ausgegangen werden.

Wo möglich, ist die **Integration der thermischen Solaranlage in das Gebäude** (Dachhaut, Fassadenkollektor) eine sinnvolle Lösung.

Da bei Passivhäusern nur sehr geringe Wärmemengen zur Aufrechterhaltung der behaglichen Raumtemperatur erforderlich sind, in den noch sonnigeren Übergangszeiten kaum geheizt

wird und daher die Heizperiode deutlich kürzer ist, ist die Einbindung einer thermischen Solaranlage in ein wassergeführtes Heizsystem praktisch kein Thema.

Die Website des Vereins zur Förderung der thermischen Solarenergie - Austria Solar <http://www.solarwaerme.at> [AUS09] beinhaltet weiterführende Informationen, u.a. Abnahmeprotokolle, zertifizierte Solarwärmeplaner

6.7.4 Wärmeabgabe

Die Wärmeverteilung kann im Passivhaus üblicherweise über die folgenden Systeme erfolgen:

- Rein über die Lüftung (klassisches Passivhaus-System)
- Konventionelles, wassergeführtes System
 - Radiatoren
 - Fußbodenheizung
 - Wandheizung
- Lüftung in Kombination mit konventionellem System
 - Lüftung + einzelne Radiatoren
 - Lüftung + Ofen

Rein über die Lüftung

Die Wärmeabgabe rein über die Lüftungsanlage entspricht dem klassischen System für ein zuluftbeheizbares Passivhaus. Durch den vollkommenen Entfall von Radiatoren oder sonstigen Wärmeabgabeeinrichtungen ist diese Variante rein aus wirtschaftlicher Sicht zu bevorzugen. Der Nachteil ist, dass die Wärmemenge, die über die Luft in die Räume eingebracht werden kann, sowohl durch die Luftmengen, als auch durch die maximale Zulufttemperatur begrenzt ist. Das bedeutet, unter Umständen sind Temperaturen deutlich über den üblichen 20-22°C während sehr kalter Außentemperaturphasen nicht erreichbar.

Konventionelles, wassergeführtes System

Gegen entsprechende Mehrkosten ist es auch im Passivhausbau denkbar, die Wärme über konventionelle Systeme wie Radiatoren, Fußboden- oder Wandheizungsflächen einzubringen. Durch die sehr geringen erforderlichen Wärmemengen können die Heizkörper üblicherweise relativ kleinflächig gehalten werden. Die Schlingenabstände von Fußbodenheizungen werden im Passivhausbau gewöhnlich erweitert, bzw. werden die Schlingen auch nur in Teilbereichen der Räume verlegt. Der Vorteil dieses Systems liegt in der Möglichkeit der Berücksichtigung einer ausreichenden Sicherheitsreserve, um ggf. auch höhere Raumtemperaturen gesichert erreichen zu können.

Lüftung in Kombination mit konventionellem System

Eine weitere Möglichkeit um die Sicherheit zu haben auch während der Heizlastphase in den exponierten, kritischen Räumen mit großen Verglasungen und/oder überdurchschnittlich großer wärmeabgebender Fläche Temperaturen deutlich über 20-22°C erreichen zu können, ist die Variante neben der üblichen Luftheizung einzelne Radiatoren anzuordnen. Dabei ist es im Passivhausbau unerheblich, ob die Zusatzheizfläche vor dem Fenster oder aus Gründen der Leitungsminimierung in der Nähe der Verteilschächte positioniert wird.

Gerade im Einfamilien-Passivhausbau ist eine Kombination zwischen Luftheizung und „Schwedenöfen“ oder ähnlichen Systemen vielfach gewünscht und auch möglich. Dabei ist zu

beachten, dass diese Öfen vielfach zu hohe Heizleistungen für den Passivhausbau aufweisen, was wiederum zu einer ungewollten Überwärmung führen könnte.

Eine Kombination von Lüftungsanlage und Niedertemperatursystem, wie beispielsweise einer Fußbodenheizung, ist in aller Regel nicht sinnvoll, da die Mischung der Systeme sehr kostenintensiv ist.

6.7.5 Photovoltaik

Allgemeines zur Photovoltaik

Unter Photovoltaik wird die direkte Umwandlung von Sonnenenergie in elektrischen Strom verstanden. Durch das Auftreffen von Solarstrahlung auf die Solarzelle entsteht elektrische Spannung zwischen den verschiedenen Schichten der Zelle, wodurch es zu einem gerichteten Elektronenstrom vom oberen Minuspol (Elektronenüberschuss) zum unteren Pluspol (Elektronenmangel) kommt. Da diese Art der Stromerzeugung Gleichstrom liefert, wird mittels Wechselrichter für die Bewohner nutzbarer Wechselstrom erzeugt.

1 kW_p installierte Leistung erzeugt in Österreich - je nach Standort - einen Energieertrag von ca. 800 kWh bis 900 kWh pro Jahr, dafür sind etwa 9 bis 10m² PV-Module erforderlich.

Verwendungsmöglichkeiten des Photovoltaik-Stroms

Der von der PV-Anlage erzeugte Strom kann direkt für die Abdeckung des Strombedarfs im Gebäude herangezogen werden. Bei netzgekoppelten PV-Anlagen wird der überschüssige Anteil über Einspeisezähler in das öffentliche Netz angegeben. Um den Strom in das öffentliche Netz einspeisen zu können, sind eine Netzzugangsvereinbarung mit dem Netzbetreiber und eine Stromübernahmebestätigung eines befugten Unternehmens (z.B. ÖMAG - Abwicklungsstelle für Ökostrom AG) erforderlich.

Integration der Photovoltaik-Anlage in das Gebäude

Analog den thermischen Solaranlagen für direkte solare Warmwasser-Erzeugung, können auch PV-Anlagen auf und ins Dach oder die Fassade integriert werden.

Bei Südorientierung mit einer Neigung zwischen 25° und 45° kann von einem guten Ertrag ausgegangen werden. Selbst bei Abweichungen von der Südorientierung um bis zu 50° nach Ost oder West wird die Energieausbeute nur unwesentlich reduziert. [SOL09]

Informationen zum Thema Photovoltaik auf der Website des Bundesverbandes Photovoltaik Austria www.bv-pv.at, u.a. aktuelle Einspeisetarife [PAFA09]

6.7.6 Hygiene

Begriffsbestimmungen aus der VDI 6022 - Blatt 1 [VDI06]:

- *Hygiene:*
„... dient der Verhütung von Krankheiten und der Erhaltung und Festigung der Gesundheit.“

- *Lufthygiene:*
„... Teil der Hygiene, der sich mit den für die Gesundheit und das Wohlbefinden maßgeblichen Wechselbeziehungen zwischen Mensch und Umgebungs-Atemluft beschäftigt.“

Allgemeines:

Eine der entscheidendsten Parameter für das Wohlbefinden von Personen ist die Raumluftqualität. Wie sich in den letzten Jahrzehnten gezeigt hat, können sich die Weiterentwicklungen und Verbesserungen im Bereich des Wärmeschutzes und insbesondere der Luftdichtheit moderner Gebäude negativ auf das Raumklima und die Luftqualität auswirken.

[FEI03]

Die hygienisch begründeten baulichen, technischen und organisatorischen Anforderungen hinsichtlich Planung, Fertigung, Ausführung, Betrieb und Instandhaltung von Lüftungsanlagen sind grundsätzlich in der VDI 6022 - Blatt 1 [VDI06] geregelt. Die VDI 6022 - Blatt 1 liegt seit dem 01.04.2006 in einer Neufassung vor, die die Zurückziehung der DIN 1946-2 und die neue Europeanorm EN 13779 (deutsche Fassung [DIN07] berücksichtigt.

Herstellung und Errichtung der Lüftungsanlage:

Besonders erwähnenswert ist, dass in der VDI 6022 ausdrücklich darauf hingewiesen wird, dass die luftführenden Komponenten nach der Fertigung zu reinigen sind. Der Transport und die Lagerung der Komponenten müssen witterungsgeschützt, trocken und sauber erfolgen. Luftführende Decken, Doppel- und Hohlraumböden müssen vor der Inbetriebnahme gereinigt werden. Verpackung und Schutz der Komponenten dürfen erst unmittelbar vor der Montage entfernt werden. Ebenso ist die Sauberkeit der Komponenten vor dem Einbau zu prüfen, ggf. ist eine gründliche Reinigung vorzunehmen. Vor und während der Montageunterbrechungen sind die offenen Enden oder Stellen gegen Eindringen von Baustellenstaub und Feuchtigkeit zu schützen. Auch im eingebauten Zustand müssen alle luftführenden Komponenten mit vertretbarem technischem Aufwand inspizierbar, reinigbar und gegebenenfalls desinfizierbar sein.

[VDI06]

Filter:

Laut VDI 6022 - Blatt 1 wird empfohlen, zwei Filterstufen zur Filterung der Außenluft einzusetzen. Der Einsatz von Luftfiltern der oberen Filterklassen wird grundsätzlich zur Minimierung des Eintrags von belebten und unbelebten Verunreinigungen in die RLT-Anlage empfohlen.

Die VDI 6022 - Blatt 1 [VDI06] definiert sowohl Mindestanforderungen, als auch Empfehlungen an die Filterklasse in Anlehnung an die EN 13779 (deutsche Fassung [DIN07]):

| Außenluftqualität | Empfehlung | Mindestforderung |
|-----------------------------------|---------------------|------------------|
| AUL 1 (saubere Luft) | F8 | F7 |
| AUL 2 (Staub) | F5 + F7 | F7 |
| AUL 3 (Gase) | F8 | F7 |
| AUL 4 (Staub und Gase) | F5 + F8 | F7 |
| AUL 5 (sehr hohe Konzentrationen) | F5 + Gasfilter + F9 | F5 + F7 |

Tabelle 8: Filterklassen (angelehnt an EN 13779) [VDI06]

Luftleitungen:

Die Luftleitungen sind so zu planen und auszuführen, dass unnötige Leitungslängen, strömungsungünstige Querschnitte und die unbeabsichtigte Beimischung unsauberer Luft möglichst vermieden werden. Flexible Luftleitungen, deren Innenoberflächen nicht als technisch glatt angesehen werden können, sind auf das notwendige Maß zu beschränken und bei hoher Verschmutzung zu erneuern.

[VDI06]

Messtechnische Untersuchung der Raumluftqualität bei einem Muster-Passivhaus-Projekt:

Im Rahmen des Forschungsprojektes „Messtechnische Evaluierung und Verifizierung der energetischen Einsparpotentiale und Raumluftqualität an Passivhäusern in Nürnberg“ wurde ein Bauvorhaben, bestehend aus vier baugleichen, zeitgleich errichteten Passivhäuser, über einen Zeitraum von zwei Jahren hinsichtlich Raumluftqualität wissenschaftlich begleitet.

Die Gebäude wurden mit einem Wandbildner aus Kalksandstein und Polystyrol als Außenwanddämmung im Massivbaubereich und mit Zellulosedämmung bei den Holzbaubereichen errichtet.

- VOC – leichtflüchtige Schadstoffe in der Raumluft:

Der Eintrag von flüchtigen organischen Verbindungen (VOC) erfolgt in Form von Lösemitteln, Lösevermittlern oder Monomeren, besonders aus Klebstoffen, Beschichtungen und Dichtungsmitteln. Ebenso werden derartige Stoffe während der Nutzungsphase aus der Einrichtung in die Räume eingetragen.

Das Monitoring hat ergeben, dass durch die Lüftungsanlage die Schadstoff-Konzentration innerhalb weniger Monate auf ein raumlufthygienisch sinnvolles Maß reduziert werden konnte. Ohne Lüftungsanlage muss davon ausgegangen werden, dass die Abklingkurve deutlich ungünstiger ausgesehen hätte. Vergleichende Untersuchungen haben gezeigt, dass bei Gebäuden mit konventioneller Fensterlüftung die Schadstoffkonzentration binnen weniger Minuten wieder auf das Ausgangsniveau zurückgeht. Die Ursache hierfür liegt in der Anreicherung der Schadstoffe an den Oberflächen, welche nach einer Lüftung die Konzentration abpuffern. Nur ein stetiger Luftwechsel, wie er durch eine Lüftungsanlage gewährleistet wird, kann die Konzentration dauerhaft senken.

Im beschriebenen Forschungsvorhaben wird ausdrücklich darauf hingewiesen, dass trotz hohem Aufwand für die Schadstoffminimierung relevante Mengen an Schadstoffen aufgetreten sind, was im Umkehrschluss deutlich macht, wie bedenklich hoch die Konzentrationen in Standardgebäuden ohne Lüftungsanlage und ohne Auswahl der entsprechenden schadstoffarmen Materialien sein müssen.

- Schimmelpilze:

Schimmelpilzsporen sind dauerhaft mit starken jahreszeitlichen Schwankungen in der Außenluft anzutreffen. Aus diesem Grund war es notwendig die Sporen-Konzentrationen der Innen- und Außenluft möglichst gleichzeitig zu erfassen. Da die in der Außenluft vorkommenden Sporen über die gewöhnlichen Lüftungsvorgänge in den Innenraum gelangen, dient also das jeweilige Verhältnis der Sporenbelastung in Innen- und Außenluft als Maßzahl. Erfüllt der Raum die hygienischen Grundbedingungen, entspricht die Sporen-Konzentrationen etwa jener der Außenluft, da durch die Bedingungen des Innenraumklimas kein Sporenwachstum auftreten sollte.

Die Auswertung der koloniebildenden Schimmelpilzsporen hat ergeben, dass sich gegenüber der Außenluft keine signifikant höheren Konzentrationen gezeigt haben. In den meisten Fällen liegen die Sporenkonzentrationen sogar deutlich unter den jahreszeitlich bedingten Außenluftkonzentrationen. Die gemessenen Konzentrationen entsprechen außerdem auch den langjährigen Erfahrungswerten der Studien-Autoren bei konventionellen Gebäuden. Selbst der Erdreichwärmetauscher, der gerade in den Sommermonaten durch die Kondensatbildung der feuchtwarmen Außenluft an den kalten Leitungsoberflächen einen vermeintlichen Schwachpunkt hinsichtlich mikrobiellen Wachstums darstellt, zeigte keine Auffälligkeiten.

- Radon:

Radongas gelangt hauptsächlich durch Diffusion aus dem Erdboden in die Luft. Das Edelgas reichert sich je nach Luftwechselrate und Lüftungsgewohnheiten in unterschiedlicher Konzentration im Innenraum an. Radon ist als besonders gesundheitsgefährdend einzustufen, da es über die Atmung direkt in die Lunge gelangt und somit direkt den Körper von innen bestrahlt. Da es sich in den Körperflüssigkeiten löst, verbreitet es sich über diesen Weg auch in den gesamten Organismus. Radon wurde nach dem Rauchen als zweithäufigste Ursache für Lungenkrebs erkannt. Da die Außenluft beim genannten Forschungsvorhaben über einen Erdreichwärmetauscher, bestehend aus Kunststoffleitungen unter den Bodenplatten, angesaugt wird, galt es zu überprüfen, ob daraus etwaige gesundheitsgefährdende Radonkonzentrationen hervorgerufen werden.

Der Verdacht einer etwaigen höheren Konzentration an Radongas im Rauminnen durch die Ansaugung der Frischluft über den Erdreichwärmetauscher konnte nicht bestätigt werden. Es wurde jedoch darauf hingewiesen, dass sich die Gebäude in einer Gegend ohne besonders hohe Radonkonzentrationen befinden. Diese Aussage könne somit nicht als generell gültig angesehen werden und eine weitere Überprüfung in Regionen mit besonders hohen Konzentrationen wurde empfohlen, da durch eine fehlerhafte Verlegung der EWT-Rohre die Gefahr des erhöhten Eintrags nicht ausgeschlossen werden kann. Das hängt damit zusammen, dass unter der Bodenplatte mit einer erhöhten Konzentration von Radon zu rechnen ist. Grundsätzlich ist aber bei Gebäuden mit Lüftungsanlage davon auszugehen, dass durch den stetigen Luftaustausch auch die Radongaskonzentration geringer als in konventionellen Gebäuden ist.

- Luftionen:

Ionen sind elektrisch geladene Atome oder Moleküle, die durch Ionisation aus ursprünglich neutralen Teilchen entstehen. Als Ursachen für die natürliche Ionisation können die natürliche Radioaktivität, UV-Strahlung, Blitzschläge in der Atmosphäre oder auch die Zerstäubung von Wasser, etc. genannt werden. Als gesundheitlich zuträglich können Kleinionen mit positiver oder negativer Ladung in einer Größenordnung der natürlichen Außenluftkonzentration angesehen werden. Abweichungen davon werden in der Baubiologie als Merkmal für ein gestörtes Raumklima betrachtet.

Die Auswertungen haben gezeigt, dass die Verteilung zwischen positiven und negativen Ionen ausgeglichen ist. Außerdem haben die qualitativen und quantitativen Messungen eine Ionen-Zusammensetzung in der Größenordnung wie bei konventionellen Gebäuden ergeben, was bedeutet, dass die Lüftungsanlagen die Qualität der Luft nicht negativ beeinflussen.

[MÜN03] in [FEI03]

6.8 Zusammenfassende Prüfungsfragen

- Ist jedes Gebäude geeignet ein Passivhaus zu sein?
- Was sind die Entwurfsgrundlagen beim Passivhausbau und welche Einflussgrößen bestimmen, ob ein Passivhaus wirtschaftlich erreicht werden kann?
- Was sind die wesentlichsten Parameter zur Verhinderung sommerlicher Überwärmung?
- Was sind die wichtigsten Verhaltensregeln für PH-Nutzer während des Sommers?
- Aus welchem Grund ist im Passivhausbau eine kontrollierte Wohnraumlüftung (KWL) erforderlich und welche Vorteile hat sie?
- Beschreiben Sie die wesentlichsten Komponenten des Lüftungs- und Heizungssystem in einem zuluftbeheizten Passivhaus ohne konventionelles Heizungssystem?
- Auf welche Luftwechselraten sollte die KWL ungefähr eingestellt werden können und für welche Fälle sind die unterschiedlichen Stufen vorgesehen?
- Was sind übliche Wärmebereitstellungsarten im PH-Bau? Worin liegt ihr Vor- oder Nachteil hinsichtlich Einhaltung der PH-Kriterien?
- Unterschied COP / Jahresarbeitszahl?
- Was ist ein Passivhaus-Kompaktgerät?
- Welche Vor- oder Nachteile hat ein Passivhaus hinsichtlich Schadstoffbelastung der Raumlüftung?
- Worauf ist bei der Herstellung und im Betrieb hinsichtlich Hygiene besonders zu achten.
- Welches Regelwerk hat besondere Bedeutung hinsichtlich Hygiene bei Lüftungsanlagen.

7 Beispielhafte Punkte, die bei Planung, Nachweisführung, Ausschreibung und Ausführung besonders zu beachten sind

7.1 Tipps zur PHPP-Berechnung

7.1.1 Allgemeine Hinweise

Es hat sich als zweckmäßig herausgestellt, das PHPP um einige Blätter und Einstellungen zu erweitern und sich somit eine Vorlage zu erstellen. Sinnvolle Ergänzungen sind beispielsweise:

- Ein zusätzliches Blatt für die Massenermittlungen:
Dieses enthält beispielsweise die Ermittlung der Energiebezugsfläche, des Netto-Volumens, der Bruttogeschossfläche, des Bruttovolumens und der Brutto-Bauteilflächen.

Die Bruttogeschossfläche wird zwar im PHPP nicht abgefragt, die Ermittlung bringt aber zwei Vorteile mit sich: Zum einen kann anhand des Verhältnisses zwischen EBF/BGF sehr einfach kontrolliert werden, ob die EBF in einer plausiblen Größenordnung ist. Zum anderen ist durch einfache Multiplikation mit den zugehörigen Bruttohöhen das Bruttovolumen auf einfache Weise zu ermitteln, dieses wird am Blatt „Nachweis“ abgefragt. Da alle Kennwerte im PHPP auf die EBF bezogen sind, ist die korrekte Ermittlung von besonderer Bedeutung.

Das Netto-Volumen wird mit ausreichender Genauigkeit für die Planung durch Multiplikation der EBF mit der lichten Raumhöhe erhalten.

- Zellenbezüge:
Die eben genannte Adaptierung des PHPP um ein Massenermittlungsblatt bringt die Möglichkeit mit sich, die errechneten Werte per Zellenbezug mit den dafür vorgesehenen Zellen zu verknüpfen.
- Temperaturkorrekturfaktoren:
Das PHPP ermöglicht dem Anwender im Blatt „Flächen“ einen Temperaturkorrekturfaktor zu Pufferräumen, etc. zu definieren. In der praktischen Anwendung hat sich aber gezeigt, dass es vielfach erforderlich ist, mehr als einen Temperaturkorrekturfaktor zu verwenden. Um der arbeitsintensiven und nicht ganz unproblematischen, weil fehleranfälligen, Umprogrammierung des PHPP zu entgehen, hat es sich als praktisch erwiesen, etwaige weitere Temperaturkorrekturfaktoren nicht als eigene Flächengruppe, sondern in Form eines Faktors in Spalte G „Anzahl“ einzusetzen. Dabei wird beispielsweise eine Wand gegen einen Pufferraum als Außenwand eingegeben aber in der Spalte G die Zahl von beispielsweise 0,7 oder 0,8 eingesetzt.
Diese Vorgehensweise hat keine Auswirkungen auf das Berechnungsergebnis, es gilt jedoch zu bedenken, dass eigentlich die Flächen abgemindert werden und deshalb die Hüllfläche nicht korrekt wiedergegeben wird (nur wichtig bei der Kennwertbildung).

- Kennwerte:
 - A/V : Das Verhältnis von Hüllfläche (A) zu Brutto-Volumen (V) gibt eine erste Abschätzung, ob die Geometrie korrekt eingegeben wurde.
 - V/EBF : Das Verhältnis von Brutto-Volumen (V) zu Energiebezugsfläche ergibt eine fiktive Raumhöhe, die ebenfalls als Plausibilitätskontrolle dienen kann.
 - Fensterfläche/EBF: Die Kennzahl Fensterfläche zu Energiebezugsfläche wurde bereits in einem früheren Kapitel eingehend erläutert.

- Klimadaten:

Da die regionalen Klimadaten des PHPP teilweise deutlich andere Ergebnisse als jene der ÖNORM B 8110-5 [ÖEN07c] ergeben, sind jedenfalls die Klimadaten (Monatsmitteltemperatur [°C], Monatswerte der Solarstrahlung getrennt nach den Haupthimmelsrichtungen und global [kWh/m².Mo] aus der ÖNORM B 8110-5 zu verwenden.

Am einfachsten können diese Werte aus dem Energieausweis-Schulungs-Tool der MA 39, das auch auf der Homepage des OIB (www.oib.or.at) zum Download verfügbar ist, entnommen werden. Da es sich bei diesem Tool um eine Schulungsversion handelt, kann keine Haftung für deren Richtigkeit übernommen werden.

Da für die Heizlast derzeit noch keine aktuelleren genormten Daten verfügbar sind, erscheint es sinnvoll bis zu neueren Erkenntnissen die regionalen Daten des PHPP zu verwenden. Bei Abweichung von einer Lochfassade (z.B. vollflächige Verglasung) sind die Normaußentemperaturen der ÖNORM B 8110-5 statt der Heizlastdaten des PHPP zu verwenden.

7.1.2 Blatt „Flächen“

Werden keine Wärmebrücken eingesetzt, wird nicht wie in den Energieausweis-Dateien ein Default-Wert berücksichtigt. Das bedeutet, für ein realistisches Ergebnis sind die wichtigsten Wärmebrücken jedenfalls einzusetzen.

Am Blatt „Flächen“ kann auch der prozentuelle Anteil der Wärmebrücken am Transmissionswärmeverlust (Spalte AI) abgelesen werden. Diese Zahl gibt einen Hinweis, ob die Wärmebrücken richtig eingetragen wurden. Die Summe über alle Wärmebrücken beträgt bei Einfamilienhäusern je nach Konsequenz der WB-Vermeidung zwischen 0% - ca. 15%. Wobei 0% nur durch besonders sorgfältige Detailplanung und Werte deutlich über 5% jedenfalls mit Kompensationsmaßnahmen verbunden sind.

7.1.3 Blatt „Erdreich“

Das Blatt Erdreich dient zur Erfassung des Wärmeverlustes gegen das Erdreich. Wird dieses Blatt nicht ausgefüllt, werden die erdberührten Flächen und jene gegen kalte Kellerräume mit einem Default-Temperaturkorrekturfaktor berechnet. Da dieses Tabellenblatt gerade für kleine Gebäude mit einfacher Geometrie ausreichend genaue Ergebnisse liefert, ist es bei Einfamilienhäusern jedenfalls zu empfehlen das Tabellenblatt auszufüllen.

Ob alle erforderlichen Eingaben erfolgt sind, ist zu erkennen wenn die Berechnungsergebnisse – „Reduktionsfaktor Grund für Blatt „Heizwärme“, die „Monatsmitteltemperaturen im Erdreich für Monatsverfahren“, die „Auslegungstemperatur

Erdreich für Heizlastblatt“ und die „Auslegungstemperatur Erdreich für Kühllastblatt“ am Ende der Tabelle aufscheinen.

7.1.4 Blatt „FenTyp“

In diesem Tabellenblatt werden die Kennwerte für das Glas und den Rahmen der Fenster eingetragen. Vom PHI zertifizierte Produkte sind unter www.passiv.de nachzulesen. Bei der Zertifizierung der Fenster als „Passivhaus geeignete Komponente“ gelten die Vorgaben des PHI, dass der geforderte U_w -Wert bei Verwendung eines Glases mit $U_g=0,7$ W/m²K und bei genormten Abmessungen einen Wert von 0,80 W/m²K nicht übersteigt und im eingebauten Zustand den Wert von 0,85 W/m²K nicht überschreitet.

Da sich aber in der Zwischenzeit Gläser mit U_g -Werten von 0,6 W/m²K aufgrund der vernachlässigbaren Preisdifferenz zwischen $U_g = 0,6$ und 0,7 W/m²K zum eigentlichen Standard entwickelt haben, kommen zunehmend auch nicht zertifizierte, modernere Fensterprodukte mit etwas höheren Rahmen-U-Werten, dafür aber besserer Verglasung und schlankeren Rahmen zur Anwendung. Diese neue Fenstergeneration hat zusätzlich den Vorteil, dass bei Projekten mit thermisch günstigen Fensterorientierungen sogar teilweise trotz höherem U_w -Wert aufgrund der geringeren Rahmenabmessungen der zusätzliche solare Gewinn das Δ an Transmissionswärmeverlusten übersteigt und das Gebäude somit sogar einen günstigeren HWB aufweist.

Neben den U-Werten für Glas und Rahmen ist vor allem auch auf die Wärmebrückenzuschläge für den Gasrandverbund (Ψ_{Gasrand}) und den Fenstereinbau (Ψ_{Einbau}) besonders zu achten. Werte für den Gasrandverbund sollten den Prüfberichten des Fensterherstellers entnommen werden, bzw. sind anhand dessen nachzuweisen. Die Werte für den Fenstereinbau hängen sehr stark von der Detailausbildung ab. Einfluss haben die folgenden Faktoren:

- Bauweise (Massivbau, Leichtbau)
- Überdämmung des Stockes
- Lage des Fenstereinbaus
- Befestigungselemente und deren detaillierte Ausbildung (z.B. Stahlwinkel, ev. therm. getrennt)
- Geometrie des Fensterrahmens

Hinweise können dem Handbuch zum PHPP 2007, bzw. dem PHPP selbst entnommen werden.

7.1.5 Blatt „Verschattung“

Für ein realistisches Endergebnis muss das Blatt „Verschattung“ zumindest näherungsweise ausgefüllt werden. Da die solaren Gewinne maßgeblich zur Funktion eines Gebäudes als Passivhaus beitragen, ist vor allem deren Überschätzung durch fehlerhafte Eingabe der Verschattung eine der Hauptursachen für real deutlich höhere Verbräuche gegenüber der Berechnung. Im Handbuch zum PHPP 2007 wird die Verwendung dieses Tabellenblattes ausführlich und verständlich erklärt.

7.1.6 Blatt „Lüftung“

Im Blatt „Lüftung“ überschneiden sich die Haustechnik- und Bauphysikplanung erstmals. Von der Seite der Bauphysik sind die Windschutzkoeffizienten und das Drucktestergebnis (n_{50})

einzutragen. Da während der Planungsphase natürlich kein Blower-Door-Test-Ergebnis vorliegt, ist dieser Wert bis zu diesem Zeitpunkt als Zielwert zu sehen und auch entsprechend in die Ausschreibung aufzunehmen. Bei sorgfältiger Planung der luftdichten Ebene kann insbesondere im Massivbau auch deutlich vom PH-Kriterium $n_{50} \leq 0,6$ 1/h nach unten abgewichen werden. Die Windschutzkoeffizienten sind gemäß Tabelle auszufüllen.

Aus Sicht der Haustechnik sind in diesem Tabellenblatt vor allem die Luftwechselrate, der Wärmerückgewinnungsgrad der Wohnraumlüftungsanlage und die Wärmeverluste über die Lüftungsleitungen von, bzw. bis zur thermischen Hülle von Bedeutung. Umfangreiche Untersuchungen und langjährige Erfahrungen haben gezeigt, dass die mittlere Luftwechselrate in einem Bereich zwischen 0,3 - 0,4 1/h liegen soll. Bei diesen Werten kann davon ausgegangen werden, dass bei gewöhnlicher Nutzung die Luftfeuchtigkeit auch in den Phasen der maximalen Heizlast, also der kältesten Außentemperaturen die relative Luftfeuchtigkeit in einem behaglichen Bereich bleibt.

Exkurs relative Luftfeuchtigkeit:

Während bei Gebäuden ohne Wohnraumlüftungsanlage vielfach das Problem besteht, dass die Luftfeuchtigkeit zufolge unzureichender Fensterlüftung zu hoch ist, tritt bei Gebäuden mit Lüftungsanlage in manchen Fällen das gegenteilige Phänomen auf, also eine zu geringe relative Luftfeuchtigkeit auf.

Während der kalten Jahreszeit kann die Außenluft nur sehr geringe Mengen an Feuchtigkeit aufnehmen. Diese Luft wird über die Lüftungsanlage in das Gebäude geleitet und erwärmt. Nun könnte die erwärmte Luft aber deutlich mehr Feuchtigkeit aufnehmen, was bedeutet, dass die relative Luftfeuchtigkeit wesentlich geringer ist. Dieses Phänomen ist nicht erst durch die Passivhausbauweise bekannt geworden, sondern jedem als „trockene Heizungsluft“ vor allem in alten, wenig luftdichten Gebäuden bekannt. In diesen Gebäuden wird der hygienische Luftwechsel vielfach bereits ohne Zutun des Nutzers über die ungewollte Infiltration gewährleistet, was zum selben Problem wie in hochmodernen Gebäuden führt.

Durch Feuchtigkeitsquellen in der Wohnung, wie beispielweise der Mensch selbst durch seine Atmung, Kochen, Duschen, Pflanzen, etc., wird jedoch der Abtransport der Luftfeuchtigkeit über die Lüftungsanlage kompensiert. Dieses Phänomen verschärft sich natürlich bei zunehmender Temperaturabnahme der Außenluft. Wie oben beschrieben, hat sich aber herausgestellt, dass bei mittleren Luftwechselraten zwischen 0,3 - 0,4 1/h keine Behaglichkeitsprobleme auftreten.

Besonders zu erwähnen ist hierbei, dass bei Passivhäusern mit Zuluftbeheizung über Heizregister diesem Umstand besondere Beachtung geschenkt werden muss, da es während der Heizlastphase zum Konflikt zwischen der notwendigen Luftmenge um die erforderliche Wärmemenge für die Nachheizung eintragen zu können und der Anforderung der Reduktion der Luftmenge um die relative Luftfeuchtigkeit in einem angenehmen Bereich zu halten kommen kann. Die Konsequenz daraus ist, dass ein Gebäude, das über keine zusätzliche, lüftungsunabhängige Nachheizmöglichkeit verfügt, so konzipiert werden soll, dass das Gebäude im Heizlastfall auch mit einem Luftwechsel von höchstens geringfügig über 0,4 1/h beheizt werden kann. Zusätzliche lüftungsunabhängige Nachheizmöglichkeiten sind beispielsweise einzelne Radiatoren, etc.

Weiters ist im Blatt „Lüftung“ die Wärmerückgewinnung der Wohnraumlüftungsgeräte zu berücksichtigen. Dazu wird ein zertifiziertes Gerät aus der Liste ausgewählt oder wenn nicht

bekannt ein Planungs-Wert im dafür vorgesehenen Feld eingetragen. Wie man sehen kann, können gute dezentrale Geräte Werte deutlich über 80% erreichen.

An dieser Stelle soll nicht unerwähnt bleiben, dass die Angabe des effektiven Wärmebereitstellungsgrades bei nicht zertifizierten Geräten nicht unverändert ins PHPP übernommen werden darf! Das hängt damit zusammen, dass der Wärmebereitstellungsgrad gemäß PHI unter besonderen Randbedingungen und bei trockener Luft zu bestimmen ist, was teils zu ganz erheblichen Unterschieden im Ergebnis führt. Im Handbuch zum PHPP ist beschrieben, wie mit Angaben von nicht zertifizierten Geräten umzugehen ist (z.B. 12% Abzug). Für den Anwendungsfall Einfamilienhaus wird empfohlen auf bewährte, zertifizierte Systeme zurückzugreifen, da diese die angegebenen Werte nachweislich erreichen und der Wärmebereitstellungsgrad einen ganz wesentlichen Einfluss auf die Funktionstüchtigkeit des Gebäudes hat.

7.2 Sicherheitszuschläge bei der Planung

Bei der PHPP-Berechnung sollte insbesondere bei zuluftbeheizbaren Gebäuden ein Ergebnis mit einem gewissen Spielraum nach oben angestrebt werden. Das bedeutet konkret, dass man in der frühen Projektphase ein Ergebnis in der Größenordnung von 1-2 kWh/m².a beim HWB und 1-2 W/m² bei der HL unter den Grenzwerten anstreben sollte. Die Erfahrung hat gezeigt, dass während der Detailplanung und der Ausführung oftmals Umstände ergeben, die das Ergebnis verschlechtern. Der letzte Puffer sollte, wenn überhaupt, erst sehr spät aufgegeben werden.

7.3 Schallentwicklung bei Passivhaus-Kompaktgeräten

Der Vorteil von Passivhaus-Kompaktgeräten wurde schon an anderer Stelle ausführlich beschrieben. Kurz gefasst ist es die Kombination aus Lüftung, Heizung und Warmwasserbereitung auf engstem Raum.

Trotz der Vorteile und Sinnhaftigkeit der Verwendung von Wärmepumpen-Kompaktgeräten im Einfamilienhausbau haben sie auch ein Manko – die Schallentwicklung durch den Kompressor. Dieser relativ kleine Kompressor erzeugt Pulsationsgeräusche, die entsprechende bauliche Anforderungen an die Trennbauteile zwischen dem Aufstellraum und den angrenzenden Räumen notwendig machen. Hierbei ist zu beachten, dass die Lärmbelästigung durch derartige Geräte insbesondere durch die zusätzliche tieffrequente Luft- und Körperschallkomponente ausgelöst wird. Werden Schalldämpfer und Trennbauteile nur auf den Bereich der Bauakustik (100Hz bis 3kHz) ausgelegt, können zwar die A-bewerteten Grenzwerte eingehalten werden, durch die mangelhafte Dämpfung des tieffrequenten Bereichs kann es aber dennoch zu Belästigungen kommen. Typische Luftschallabstrahlungen liegen bei derartigen Geräten bei ca. 40 - 45 dB.

Gewöhnliche Gipskarton-Ständerkonstruktionen sind ohne Modifikationen nicht für diese tiefen Frequenzen geeignet. Möglichkeiten um das Schalldämm-Maß bei tiefen Frequenzen deutlich zu verbessern sind sogenannte Schwerlastfolien. Diese wirken vor allem durch die Erhöhung der Bauteilmasse und können beispielsweise als Zwischenschicht bei mehrfacher Beplankung eingesetzt werden. Weiters sind Wände aus massiven Baustoffen, z.B. Betonwände ab 10cm Dicke gut geeignet.

[FEI07a]

Ein beispielhafter Leichtbau-Wandaufbau könnte wie folgt aussehen:

Wand zu Kompaktgeräte-Raum 18 cm:

| | |
|---------|---------------------------------------------------------|
| 2,5 cm | 2 x 1,25cm GKF-Platten |
| 0,3 cm | Schwerlastfolie |
| 1,25 cm | 1 x 1,25cm GKF-Platten |
| 10,0 cm | Metallständer CW 100 dazw. mind. 10,0cm Mineralwolle |
| 1,25 cm | 1 x 1,25cm GKF-Platten |
| 0,3 cm | Schwerlastfolie |
| 2,5 cm | 2 x 1,25cm GKF-Platten |

Bei Aufstellung in Nischen oder Abstellräumen im Nahbereich zu Aufenthaltsräumen ist neben der eben erwähnten, ausreichenden Luftschalldämmung der Trennwand insbesondere auf eine entsprechende Ausführung der Tür zu achten. Diese ist als Schallschutztür mit Absenkichtung oder Bodenprofil zur Erreichung des Schallschutzes auszuführen.

Genauere Angaben zu den Schwerlastfolien oder den sonstigen konstruktiven Maßnahmen zur Luftschall- und Körperschalldämpfung können dem Protokollband Nr. 34 des PHI entnommen werden [FEI07a].

Zusammenfassung:

Im Massivbau erfolgt die Aufstellung des Kompaktgerätes vorzugsweise im Keller oder Hauswirtschaftsraum. Bei entsprechender Kapselung ist jedoch auch eine Aufstellung in einem besonders schalldämmten Raum innerhalb des Wohnbereichs problemlos möglich. Den wirksamsten Luftschallschutz bei geringsten Kosten erreicht man mit Massivwänden, z.B. mind. 10cm Betonwänden.

[FEI07a]

7.4 Luftdichtheit, Winddichtheit

Der Themenkreis „Luftdichtheit und Winddichtheit“ hat bei modernen Bauten zunehmende und im Passivhausbau ganz besondere Bedeutung. Dabei ist es aber unbedingt erforderlich die beiden Begriffe strikt zu trennen und ihre Funktionen nicht zu vermischen.

7.4.1 Luftdichtheit

Die Planung und Herstellung einer lückenlosen luftdichten Ebene sollte nicht nur bei Passivhäusern Stand der Technik sein. Bei Gebäuden mit Lüftungsanlage erfüllt die

hochdichte luftdichte Hülle den Zweck, dass so wenig warme Luft wie möglich ungewollt durch den Infiltrationsluftwechsel verloren geht. Die Wärmeenergie dieser durch Bauteilfugen entweichenden Luft kann somit nicht mehr über den Wärmerückgewinnungsprozess zurückgewonnen werden und verschlechtert daher die Wärmebilanz des Gebäudes. Hinzu kommt, dass eine bei Gebäuden mit einer Lüftungsanlage eine hochdichte luftdichte Hülle für die ordnungsgemäße Funktion der Lüftungsanlage erforderlich ist. Dadurch wird verhindert, dass es durch zu hohe Druckdifferenzen zu Störungen der Zu- und Abluftmengen kommt.

Die Luftdichtheit kann beispielsweise durch folgende Materialschichten gewährleistet werden:

- Leichtbau (siehe auch www.dataholz.com [DAT08]):
 - Steildach / Wand:
 - Dampfbremse, i.d.R. PE-Folie
 - OSB-Platten (Oriented Strand Board), luftdicht verklebt
- Massivbau:
 - Wand aus Mauerwerk, verputzt: Innenputz
 - Wand aus Stahlbeton, verputzt oder gespachtelt: Stahlbeton

Leichtbau:

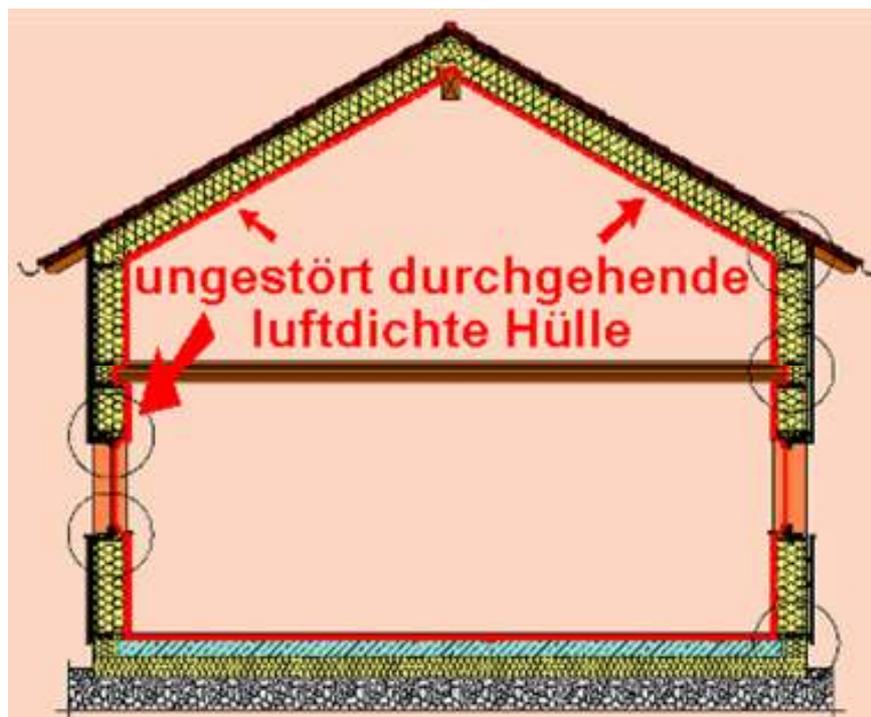


Abbildung 15: Die luftdichte Gebäudehülle [FEI05a]

Es soll an dieser Stelle darauf hingewiesen werden, dass es im Leichtbau jedenfalls und unabhängig von der Passivhausbauweise zu empfehlen ist eine Installations-Vorsatzschale bei den Außenwand- und Dachkonstruktionen vorzusehen!

Eine Installations-Vorsatzschale ermöglicht die Führung von haustechnischen Leitungen aller Art, ohne dabei die Dampfbremse durchdringen zu müssen. Für die notwendigen Durchdringungen wie beispielsweise Außensteckdosen, etc. gibt es vorgefertigte Luftdichtheitsmanschetten, die für verschiedenste Rohr- und Kabeldurchmesser erhältlich sind und durch einfache Verklebung in die luftdichte Ebene integriert werden können.



Abbildung 16: Negativbeispiel – Kabelführung hinter der Dampfbremse [TRA08]



Abbildung 17: Luftdichtheitsmanschetten für Rohr- und Kabeldurchführungen verschiedenster Größen [EIS08] in [TRA08]

Gerade im Leichtbau erfüllt die fachgerecht ausgeführte luftdichte Ebene neben der Funktion des Wärmeschutzes noch einen weiteren Zweck – die Verhinderung der Durchfeuchtung der Konstruktion.

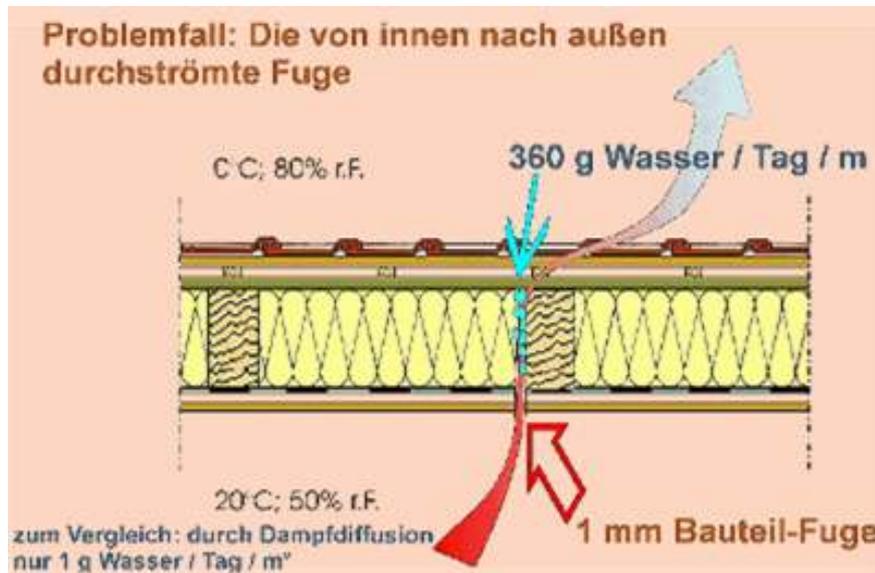


Abbildung 18: Problemfall: Die von innen nach außen durchströmte Fuge [FEI05a]

Anhand der obigen Darstellung wird verdeutlicht, warum das Zusammenspiel von Winddichtheit und Luftdichtheit so wichtig ist. Treten in der inneren, luftdichten Ebene Fehlstellen auf, und ist gleichzeitig die äußere, winddichte Ebene nicht lückenlos, tritt zusätzlich zur Diffusion auch Konvektion (Lufttransport) auf. Dieser Konvektionsstrom hat gegenüber der Diffusion das Potenzial ein Vielfaches an Wasserdampf in die Konstruktion zu leiten. Dieser feuchtwarme Luftstrom kühlt am Weg nach außen ab, was unweigerlich dazu führt, dass die Taupunkttemperatur unterschritten wird und Wasser in flüssiger Form als Kondensat ausfällt. Dieses Wasser durchfeuchtet zum einen die Dämmung, was zu einer Einbuße der Wärmedämmfähigkeit und somit zu höheren Energieverbräuchen führt, zum anderen wird auch der Wassergehalt der Tragstruktur erhöht, was in vielen Fällen zu Fäulnis und Schimmelbildung führt.

Daher ist es von besonderer Bedeutung die Stoßstellen der Folien oder Platten lückenlos zu verkleben, um den Eintrag von Feuchtigkeit in die Konstruktion zu unterbinden. Von besonderer Bedeutung ist die Verwendung von geeigneten Klebebändern, denn nur diese garantieren die dauerhafte Luftdichtheit.

Massivbaubau:

Im Massivbau übernehmen je nach Bauweise unterschiedliche Ebenen die Funktion der luftdichten Ebene. Im Stahlbetonbau ist der Stahlbeton selbst die luftdichte Ebene. Werden die Wände in Ortbetonbauweise errichtet, ist darauf zu achten, dass die Löcher, die durch die Gewindestangen der Schalung hervorgerufen werden, mit einem dauerhaft luftdichten Material verschlossen werden. Dazu bietet sich beispielsweise eine geeignete Bitumenmasse an (z.B. Bituflex). Bei der Bauweise mit Hohlwandelementen ist hingegen darauf zu achten, dass sämtliche Stoßstellen mit feinkörnigem Mörtel ausgegossen werden. Wird diese Arbeit ordnungsgemäß durchgeführt, weist auch die Hohlwandbauweise eine sehr hohe Luftdichtheit auf.

Beim Mauerwerksbau und allen ähnlichen Bauweisen, wie beispielsweise Mantelbeton, die keine fugenlose oder homogene und somit luftdichte Fläche aufweisen, ist der Innenputz die luftdichte Ebene. Aus diesem Grund ist es besonders wichtig, den Innenputz stets bis zur nächsten anschließenden luftdichten Ebene zu führen (Innenputz bis zur Rohdecke/Bodenplatte/...).

Beim Mauerwerksbau ist es außerdem von besonderer Wichtigkeit weitverzweigte und durchströmte Luftwegenetze zu verhindern. Dies kann beispielweise bei Verwendung von Planziegeln ohne ausreichenden Verschluss der Lagerfugen in Kombination mit einem unsachgemäß (nur punktförmig) aufgetragenen Wärmedämm-Verbund-System erfolgen. Die Luft tritt dabei über ungenügend abgedichtete Schlitz- oder Schächte für Unterputzinstallationen und Installationsdurchdringungen in die Konstruktion ein. Ebenso ist dieses Problem bei Außenwänden, die mit Vorlage zur Kellerwand aufgesetzt werden und bei der obersten Ziegelschar bei Ausführung eines Leichtbaudaches (Übergang MWK - Mauerbank) bekannt.

Als Gegenmaßnahme wurde ein spezieller Dünnbettmörtel entwickelt, der mittels Walze in Schichtdicken von ein bis zwei Millimetern auf die Hochlochziegel aufgetragen wird, aber die Lagerfugen dennoch gleichmäßig und vollflächig abdeckt. [RIC08]

Bauteilanschlüsse:

Wie die Erfahrung zeigt, werden gerade an den Bauteilanschlussstellen, die mit Materialwechseln verbunden sind die meisten Fehler gemacht. Die nachfolgenden Bilder sollen zeigen auf, wie sträflich die ordnungsgemäße Ausbildung der Anschlüsse oftmals vernachlässigt wird.



Abbildung 19: Negativbeispiel I – absolut mangelhafter Anschluss der Dampfbremse (luftdichte Ebene) an das angrenzende Mauerwerk [TRA08]



Abbildung 20: Negativbeispiel II – absolut mangelhafter Anschluss der Dampfbremse (luftdichte Ebene) an das angrenzende Mauerwerk [TRA08]

Ein Beispiel einer richtigen Ausführung des luftdichten Anschlusses einer Dampfbremse an ein anschließendes Mauerwerk ist, die Folie mit ausreichend Bewegungsmöglichkeit mittels Putzträger am Mauerwerk zu befestigen.

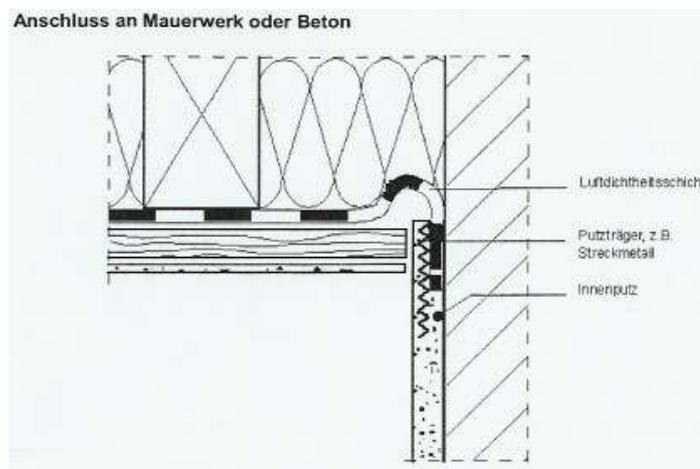


Abbildung 21: Beispiel eines fachgerechten Anschlusses der Dampfbremse (luftdichte Ebene) an das angrenzende Mauerwerk [DIN01] in [TRA08]

Um den Arbeitsablauf zu beschleunigen und Fehlerquellen zu minimieren gibt es inzwischen vorgefertigte Produkte, die schnell und einfach eingebaut werden können. Diese verfügen beispielsweise über einen Klebestreifen, der den raschen Anschluss zur Dampfbremse ermöglicht und über ein Streckmetallgitter, das den Verbund zum Innenputz der anschließenden Wand ermöglicht.



Abbildung 22: Vorgefertigte Systeme mit Klebestreifen zum Anschluss an die Folie und Streckmetall für den Anschluss zum Putz [MOL08] in [TRA08]

Kontrolle der Luftdichtheit – der Blower-Door-Test:

Die Differenzdruckmessung (Blower-Door-Messung) muss nach ÖNORM EN 13829 durchgeführt werden. Bei Durchführung des Drucktests müssen sämtliche luftdichten Anschlüsse zugänglich sein. Das bedeutet, die Vollwärmeschutzfassade, die Estriche, etc. sind noch nicht hergestellt.

Bei der Ausschreibung ist bereits verbindlich vorzugeben, welche Luftwechselrate bei 50 Pa Differenzdruck n_{50} maximal erreicht werden darf.

Provisorische Abdichtungen von Fehlstellen während des Drucktests sind von der Bauleitung in einem Protokoll festzuhalten und in weiterer Folge fachgerecht und dauerhaft nachzubessern.

Hinweise für den richtigen Zeitpunkt der Blower-Door-Messung:

- Fenster werden i.d.R. von außen am Wandbildner befestigt (wärmebrückenarmer Einbau). Das heißt, der Gerüstbau ist schon für den Fenstereinbau erforderlich.
- Alle Bauteile, die die luftdichte Hülle darstellen, müssen vor dem Drucktest hergestellt werden, z.B.:
 - o Alle Türen an der Grenze der thermischen Hülle, die im Normalfall auch die luftdichte Hülle ist. Das sind beispielsweise:
 - Hauseingangstüren:
Auch wenn das Blower-Door-Gerät im Normalfall in der Zarge der Eingangstür montiert wird und der Einbau der Tür daher für den Dichtigkeitstest nicht unbedingt erforderlich wäre, macht es Sinn, dass die Eingangstür bereits vorhanden ist, da somit durch Positionswechsel des Gerätes auch deren Einfluss erfasst werden kann.
 - Sonstige Türen an der luftdichten Hülle:
Das könnte beispielsweise eine Tür zu einer unbeheizten Garage, etc. sein.

- Außensteckdosen müssen vor dem Drucktest fertiggestellt sein.
- Im Mauerwerksbau muss der Innenputz der Außenwände bis zur Rohdecke/Bodenplatte fertiggestellt sein.
- Im Leichtbau (betrifft auch ausgebaute Dachgeschosse) müssen alle Dampfbremsen bzw. OSB-Platten die die luftdichte Ebene bilden hergestellt, fachgerecht verklebt und an angrenzende Bauteile angeschlossen sein. Die Anschlüsse der Dampfbremsen und -sperrern sind überall zugänglich. D. h., die Oberflächenbeplankung darf jedoch noch nicht montiert sein, um die Möglichkeit der Nachbesserung zu haben.
- HT-Rohinstallation ist vor dem Drucktest fertigzustellen und an der Grenze der luftdichten Hülle zu vergießen oder durch Luftdichtheitsmanschetten abzudichten. Diese müssen noch zugänglich sein.
- Falls eine Wärmebrückenvermeidung in Form von „Höckern“ („Auszahnungen“) durchgeführt wird, ist der Dämmstoff zwischen den „Höckern“ luftdicht zu verspachteln, da der Dämmstoff (meist XPS) nicht luftdicht an den Beton anschließt. Darauf kann verzichtet werden, wenn die über die Höcker hinaufgezogene Abdichtung die Luftdichtheit sicherstellt.

Ausführungshinweise nach Gewerken:

- Baumeister
 - Wände
 - Ortbeton: Schalungslöcher luftdicht verschlossen mit luftdichtem Schaum oder Quelfugenmörtel + wasserdichte Stöpsel oder Bitumenmasse.
 - Hohlwände (mit ordnungsgemäßer Ausführung möglich, keine Zusatzmaßnahmen erforderlich!):
 - Luftdichter Anschluss zwischen Elementen
 - Luftdichter Anschluss zwischen Decken und Wänden
 - Mauerwerk an der luftdichten Hülle:
 - Innenputz ist die luftdichte Ebene.
 - Auch hinter Vorsatzschale muss verputzt werden.
 - Durchdringungen
 - Vergießen von luftdichten, vertikalen Durchdringungen der HT. (horizontale Durchdringungen der luftdichten Ebene müssen vom HT-Planer gesondert geplant werden)
 - Bei vertikalen Durchführungen von großen Kabelmengen Verwendung von Schalschablonen zur Verhinderung der Bündelung von Kabeln. (siehe auch Elektro)
 - Verwendung von Fein-Mörtel mit geringem Korndurchmesser.
 - Zargen
 - Vierseitig umschlossene Zarge
 - Beste Lösung: PH-Tür mit Rahmenstock
 - Falls Metall-Zargen an der luftdichten Ebene, wegen Luftdichtheit einbetonieren + genaues Detail für Luftdichtheit (v.a. Anschluss unten)

7.4.2 Winddichtheit

Die winddichte Ebene hat vorwiegend den Zweck, eine Durch- und Hinterströmung der Dämmebene und damit die teilweise oder sogar vollständige Funktionsstörung dieser Schicht zu verhindern. Hinzu kommen der Schutz vor Witterungseinflüssen wie Treibregen, Flugschnee und Kondensat. Um ihre Funktion durchgehend zu sichern, sind vor allem die Anschlüsse zu anderen Bauteilen sorgfältig zu planen. Hier ist darauf zu achten, dass die winddichten Ebenen der zusammentreffenden Ebenen wirksam zu verbinden sind, auch wenn sie aus unterschiedlichen Materialien bestehen (z.B. Außenputz <-> diffusionsoffene Unterdachbahn).

Die Winddichtheit kann beispielsweise durch folgende Materialschichten gewährleistet werden:

- Leichtbau (siehe auch www.dataholz.com [DAT08]):
 - Steildach:
 - diffusionsoffene Unterdachbahn ($s_d = \mu \cdot d \leq 0,3\text{m}$)
 - Holzweichfaserplatten
 - MDF-Platten (mitteldichte Faserplatten mit Nut+Feder, diffusionsoffen)
 - Wand, nicht hinterlüftet:
 - diffusionsoffene Windbremse ($s_d = \mu \cdot d \leq 0,3\text{m}$)
 - MDF-Platten (mitteldichte Faserplatten mit Nut+Feder, diffusionsoffen)
 - Spanplatten²
 - Wand, hinterlüftet:
 - diffusionsoffene Windbremse ($s_d = \mu \cdot d \leq 0,3\text{m}$)
 - MDF-Platten (mitteldichte Faserplatten mit Nut+Feder, diffusionsoffen)
 - OSB-Platten³ (Oriented Strand Board)
- Massivbau:
 - Wand verputzt:
 - i.d.R. Außenputz
 - Wand, hinterlüftet:
 - falls vorhanden, diffusionsoffene Windbremse ($s_d = \mu \cdot d \leq 0,3\text{m}$)

Bei Wärmedämm-Verbund-Systemen (WDVS) ist die Lage der winddichten Ebene nicht eindeutig definiert. Wichtig ist hierbei jedoch, dass die Dämmebene keinesfalls hinterströmt wird. Um das dauerhaft zu unterbinden, ist in der ÖNORM B 6410 [ÖEN04a] definiert, wie Dämmplatten eines WDVS zu verkleben sind:

² Spanplatten sind grundsätzlich nicht als diffusionsoffen zu bewerten. Unter www.dataholz.com werden aber dennoch derartige Aufbauten als Windsperren aufgelistet. Im Zweifelsfall kann eine Berechnung gemäß ÖN B 8110-2 sinnvoll sein.

³ OSB-Platten sind grundsätzlich nicht als diffusionsoffen zu bewerten. Unter www.dataholz.com werden aber dennoch derartige Aufbauten als Windsperren aufgelistet. Im Zweifelsfall kann eine Berechnung gemäß ÖN B 8110-2 sinnvoll sein.

Auszug aus der ÖNORM B 6410 [OEN04a]:

Der Kleber wird nach der Randwulst-Punkt-Methode auf die Dämmplatte aufgebracht. Am Rande der Platte wird umlaufend ein entsprechend breiter Streifen und in der Mitte der Platten werden mindestens drei etwa handtellergroße Patzen aufgetragen. Der Kleber darf auch vollflächig mit einer Zahnspachtel (etwa 10-mm-Zahnung) aufgetragen werden. In beiden Fällen haben die Kontaktflächen mit dem Untergrund etwa 40 % zu betragen.

Bei unbeschichteten MW-PT-Platten mit stehender Faser (Lamellenplatten) ist der Kleber vollflächig auf die Dämmplatten aufzutragen; bei beschichteten MW-PT-Platten mit stehender Faser (Lamellenplatten) ist der Kleber vollflächig auf den Untergrund aufzutragen und die Lamellenplatten sind mit der beschichteten Seite zum Untergrund hin anzudrücken. Bei beschichteten MW-PT-Platten sind zusätzliche Angaben des Systemhalters zu beachten. [OEN04a]

Einen weiteren Hinweis gibt die ÖNORM B 5320 [OEN06]. Darin wird unter Punkt 5.2 darauf hingewiesen, dass die Abdichtung zwischen Fenster und Baukörper außen „nur“ schlagregendicht sein muss. Das bedeutet, der winddichte Anschluss zwischen Fenster und WDVS wird nicht gefordert.

7.5 Richtiger Einbau von Passivhaus-Fenstern

In diesem Kapitel soll ein Überblick über eine der wichtigsten baulichen Komponenten des Passivhauses gegeben werden – das Fenster. Um die Wärmeverluste möglichst gering zu halten, ist auch der richtige Einbau dieser Komponente von besonderer Bedeutung.

Um die thermische Qualität eines Passivhaus-Fensters beurteilen zu können, sind zumindest die folgenden Kennwerte und Anforderungen von Interesse:

| Passivhaus-Anforderungen | |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|
| $U_g - 1,6 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K}) * g < 0$ | |
| U_w maximal $0,8 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ | |
| oder | |
| $U_{w,\text{eingeb}}$ maximal $0,85 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ mit Verglasung $U_g=0,7 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ (siehe nächste Folie) | |

| Nomenklatur EN 10077 | |
|----------------------|-----------------------------|
| U_w | Fenster U-Wert (w = window) |
| U_f | Rahmen U-Wert (f = frame) |
| U_g | Glas U-Wert (g = glas) |

Abbildung 23: Nomenklatur gemäß EN ISO 10077-2 [OEN08] und Zertifizierung durch Passivhaus Institut Darmstadt in [HOL07]

Bei den Zertifizierungen „PH-geeignete Komponente“ oder „wärmebrückenfreier Anschluss“ durch das PHI wird gefordert, dass der untersuchte Fensterrahmen bei Verwendung eines Glases mit einem U-Wert von $0,7 \text{ W}/\text{m}^2\text{K}$ im nicht eingebauten Zustand einen **U_w -Wert von $0,8 \text{ W}/\text{m}^2\text{K}$** bzw. im eingebauten Zustand einen **$U_{w,\text{eingebaut}}$ -Wert von $0,85 \text{ W}/\text{m}^2\text{K}$** nicht überschreitet.

Beim U_w -Wert ist nur die Wärmebrücke des Glasrandes (in der untenstehenden Grafik als Ψ beschrieben, oft auch als Ψ_{Glasrand} bezeichnet) berücksichtigt.

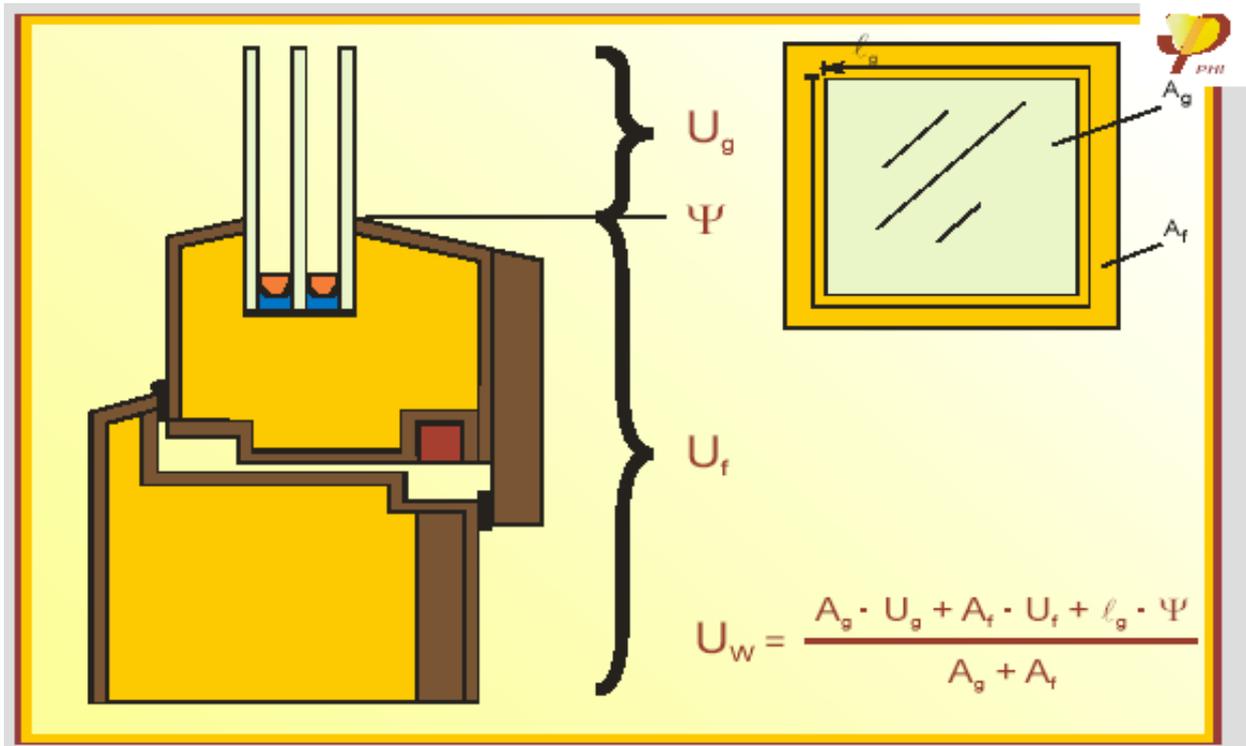


Abbildung 24: Erläuterung U_w -Wert [Passivhaus Institut Darmstadt] in [HOL07]

Beim $U_{w, \text{eingebaut}}$ -Wert, der in der Berechnung nach PHPP zur Anwendung kommt, wird neben der dem Wärmebrückenzuschlag für den Glasrand ($\Psi_{\text{Glasrand}} = \Psi_{\text{RV}}$) auch der Wärmebrückenzuschlag für den gesamten Fenstereinbau berücksichtigt (Ψ_{Einbau}).

$$U_{w \text{ eingeb}} = \frac{(U_g \times A_g) + (U_f \times A_f) + (\Psi_{\text{RV}} \times L_{\text{RV}}) + (\Psi_{\text{Einb.}} \times L_{\text{Einb.}})}{(A_g + A_f)}$$

Abbildung 25: Erläuterung $U_{w, \text{eingebaut}}$ -Wert [Passivhaus Institut Darmstadt] in [HOL07]

Neben der korrekten rechnerischen Abbildung beim Passivhaus-Nachweis ist vor allem auch der richtige, wärmebrückenarme Einbau von größter Bedeutung. Die nachfolgende Grafik zeigt, welchen Einfluss der Einbau in der Wärmedämmebene hat.

Extrem ungünstiger Einbau

$$\Psi_{\text{Einbau}} = 0,15 \text{ W/(mK)}$$
$$U_{\text{w, eff}} = 1,19 \text{ W/(mK)}$$

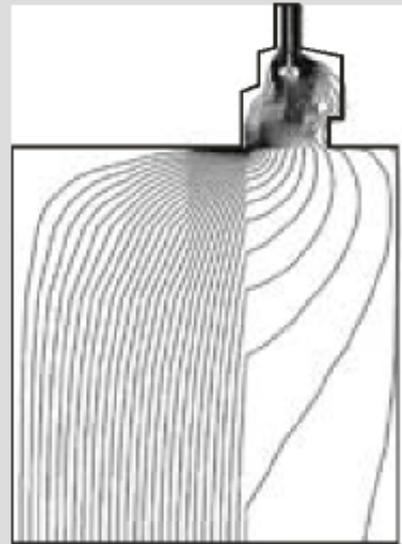
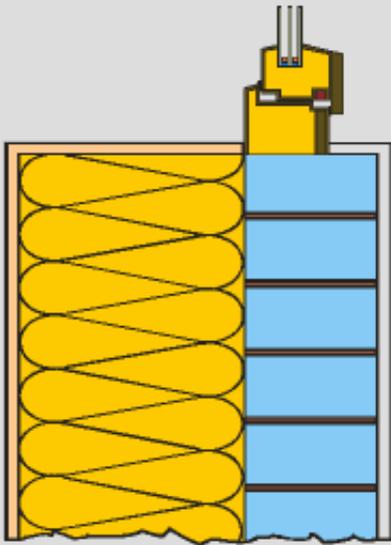


Abbildung 26: Extrem ungünstiger Fenstereinbau [Passivhaus Institut Darmstadt] in [HOL07]

Empfohlener Einbau

$$\Psi_{\text{Einbau}} = 0,005 \text{ W/(mK)}$$
$$U_{\text{w, eff}} = 0,78 \text{ W/(mK)}$$

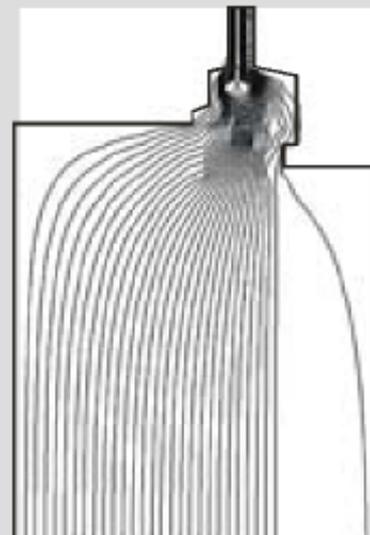
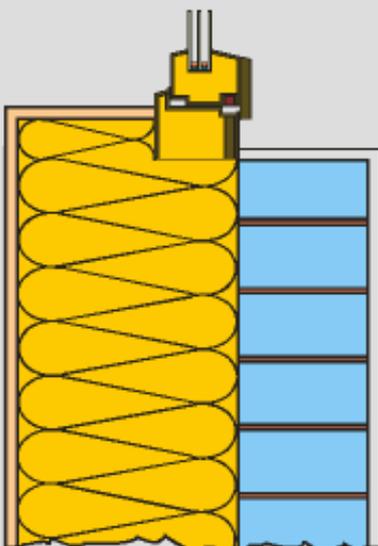


Abbildung 27: Empfohlener Fenstereinbau [Passivhaus Institut Darmstadt] in [HOL07]

Wie zu erkennen ist, kann die Wärmebrücke des Fenstereinbaus durch den richtigen Einbau vernachlässigbar gering gehalten werden. Der effektive U-Wert ($U_{\text{w, eingebaut}}$) ist beim obigen Negativbeispiel derart hoch, dass sogar die Passivhaustauglichkeit des Gesamtgebäudes gefährdet sein kann.



Abbildung 28: Einbau in der Dämmebene [B. Schulze-Darup] in [HOL07]

Die Befestigung des Fensters erfolgt üblicherweise mit Winkeln am massiven Wandbildner. Es ist darauf zu achten, dass Flachstahlwinkel ohne Steifen verwendet werden, damit die luftdichte Verklebung von außen bewerkstelligt werden kann.

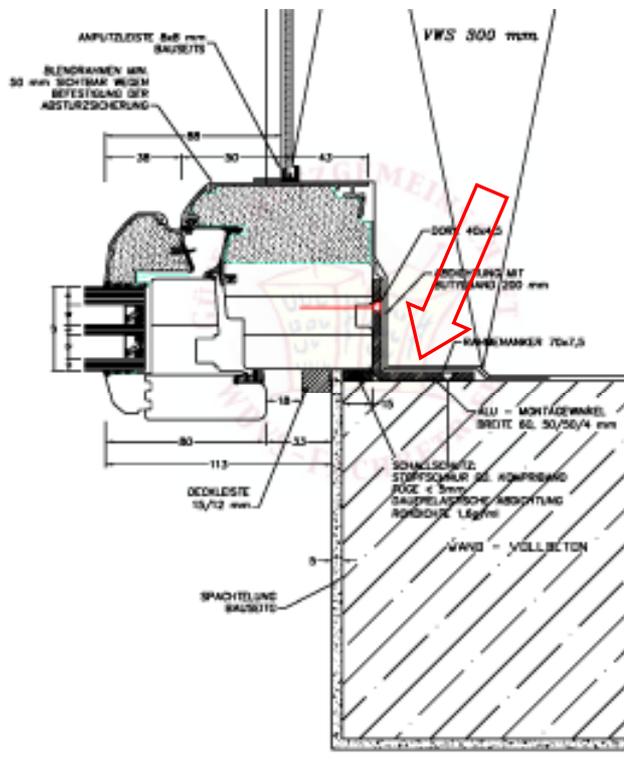


Abbildung 29: Luftdichte Verklebung beim Fenstereinbau außen [Schöberl & Pöll OEG, Internorm]

Alternativ dazu kann die luftdichte Verklebung auch, wie unten dargestellt, vom Fensterstock ausgehend nach innen geführt werden.



Abbildung 30: Luftdichte Verklebung innen - Aufbringung der Dichtfolie am Fensterstock vor Einbau [B. Schulze-Darup] in [HOL07]



Abbildung 31: Luftdichte Verklebung innen - eingebautes Fenster [B. Schulze-Darup] in [HOL07]

Unabhängig, ob die Verklebung innen oder außen erfolgt, ist der Untergrund vor Verklebung mit einem Primer zu behandeln, um Staub zu binden und so eine dauerhafte Verklebung sicherzustellen.

7.6 Kamine im Passivhaus

Hinsichtlich der thermischen Auswirkungen ist beim Passivhausbau grundsätzlich zwischen tatsächlich genutzten Kaminen und Notkaminen zu unterscheiden.

7.6.1 Notkamine

Notkamine dienen zur Sicherstellung der Möglichkeit der Beheizung von zumindest einem Aufenthaltsraum in Ausnahmesituationen wie einem langfristigen Ausfall der Energieversorgung. Sie werden also im Regelfall nicht benutzt und verursachen einen zusätzlichen Wärmeverlust, der bei der PHPP-Berechnung mitberücksichtigt werden muss. Die Luft im Kamin wird durch die umgebende Raumwärme erwärmt und durch thermischen Auftrieb bzw. Windeinfluss ausgetauscht. Der dadurch entstehende Wärmeverlust kann eine beträchtliche Größenordnung aufweisen.

In Wien wird seitens der Baubehörde bei Passivhäusern kein Notkamin gefordert, wenn die Heizlast von $\leq 10 \text{ W/m}^2$ eingehalten ist.

Beispielhafter Auszug aus der Wiener Bauordnung, Stand: Juli 2008:

§ 106. Belichtung, Beleuchtung, Belüftung und Beheizung

...

(6) Räume sind ihrem Verwendungszweck entsprechend lüftbar und beheizbar einzurichten. In jeder Wohnung muss mindestens ein Aufenthaltsraum einen Anschluss an eine Abgasanlage haben; dies gilt nicht für Passivhäuser und Gebäude, bei denen die Fußbodenoberkante des höchstgelegenen Aufenthaltsraumes mehr als 22 m über dem tiefsten Punkt des anschließenden Geländes beziehungsweise der festgesetzten Höhenlage der anschließenden Verkehrsfläche liegt...

7.6.2 Kamine

Im Gegensatz zu Notkaminen sind Kamine die während der gesamten Heizperiode Abgase führen hinsichtlich des zusätzlichen Wärmeverlustes als unkritisch zu betrachten, da die Restwärme der Abgase im Kamin im Gegenteil eher einen zusätzlichen Wärmegewinn für das Gebäude darstellt.

Von besonderer Bedeutung bei hochdichten Gebäuden mit Lüftungsanlage und insbesondere Passivhäusern ist die der Begriff der **raumluftunabhängigen Verbrennungsluftzufuhr**. Das bedeutet, die Luft für die Verbrennung wird nicht direkt aus dem Raum entnommen, sondern raumluftunabhängig bereitgestellt. Auf die Zulässigkeit der raumluftabhängigen oder Notwendigkeit einer raumluftunabhängigen Verbrennungsluftzufuhr wird im Weiterem eingegangen.

Arten der Verbrennung:

Grundsätzlich wird zwischen zwei Arten der Verbrennung unterschieden:

1. **Atmosphärische Verbrennung**
2. **Gebälseunterstützte Verbrennung**

ad 1. Atmosphärische Verbrennung

Der zur Verbrennung erforderliche Sauerstoff wird aus der Umgebung entnommen. Bei dieser Verbrennungsart ist jedenfalls eine eigene Verbrennungsluftzufuhr von außen erforderlich (z.B.: Heizkamine, „Schwedenöfen“, Kachelöfen).

ad 2. Gebläseunterstützte Verbrennung

Beim Betrieb einer Wohnraumlüftungsanlage soll im Raum weder Unter- noch Überdruck herrschen (balancierter Betrieb). Bei der gebläseunterstützten Verbrennung befördert ein Ventilator die Verbrennungsluft zur Feuerstelle. Um den zulässigen Unterdruck von 4 Pa nicht zu überschreiten, können nur sehr kleine Luftmengen befördert werden. Somit sind nur sehr geringe Heizleistungen (ca. 2-4 kW) möglich. Bei größeren Heizleistungen ist eine separate Zufuhr von Verbrennungsluft erforderlich.

Es sind raumluftabhängige Feuerungen erhältlich, die selbst bei extrem dichten Gebäuden ($n_{50} < 0,3$ 1/h) nur einen Unterdruck von 2-4 Pa erzeugen, da die aus dem Raum bezogene Verbrennungsluft nur ca. 15-30 m³/h beträgt. Ein Beispiel sind automatische Pelletsöfen.

Anforderungen an Komfortlüftungsgeräte im Zusammenhang mit Festbrennstofföfen in Niedrigstenergie- oder Passivhäusern:

Ist eine raumluftabhängig betriebene Feuerstätte in einem Raum vorhanden, muss sichergestellt sein, dass bei Ausfall des Zuluftventilators die Zusatzheizung (z.B. Pelletsofen) deaktiviert wird, um den Aufbau eines Unterdrucks zu unterbinden. Ebenso sind auch andere bauliche oder regeltechnische Maßnahmen denkbar.

Auch der Betrieb von Fortluftdunstabzügen und zentralen Staubsauganlagen muss während der Verbrennungsphase zuverlässig ausgeschlossen werden.

[ECO08]

Anforderungen an Kamine in Niedrigstenergie- oder Passivhäusern:

Einbindung in die luftdichte Ebene

Da der Kamin die luftdichte Gebäudehülle durchdringt, ist der Anschluss an die Luftdichtheitsebene (in der Regel eine dampfbremsende Folie oder der Innenputz) im Bereich des Dachdurchtritts zu beachten. Geeignet für den Anschluss an die Dampfbremse sind zum Beispiel vorgefertigte Folienteile als Übergang von Kamin zur Luftdichtheitsebene.

[ECO08]

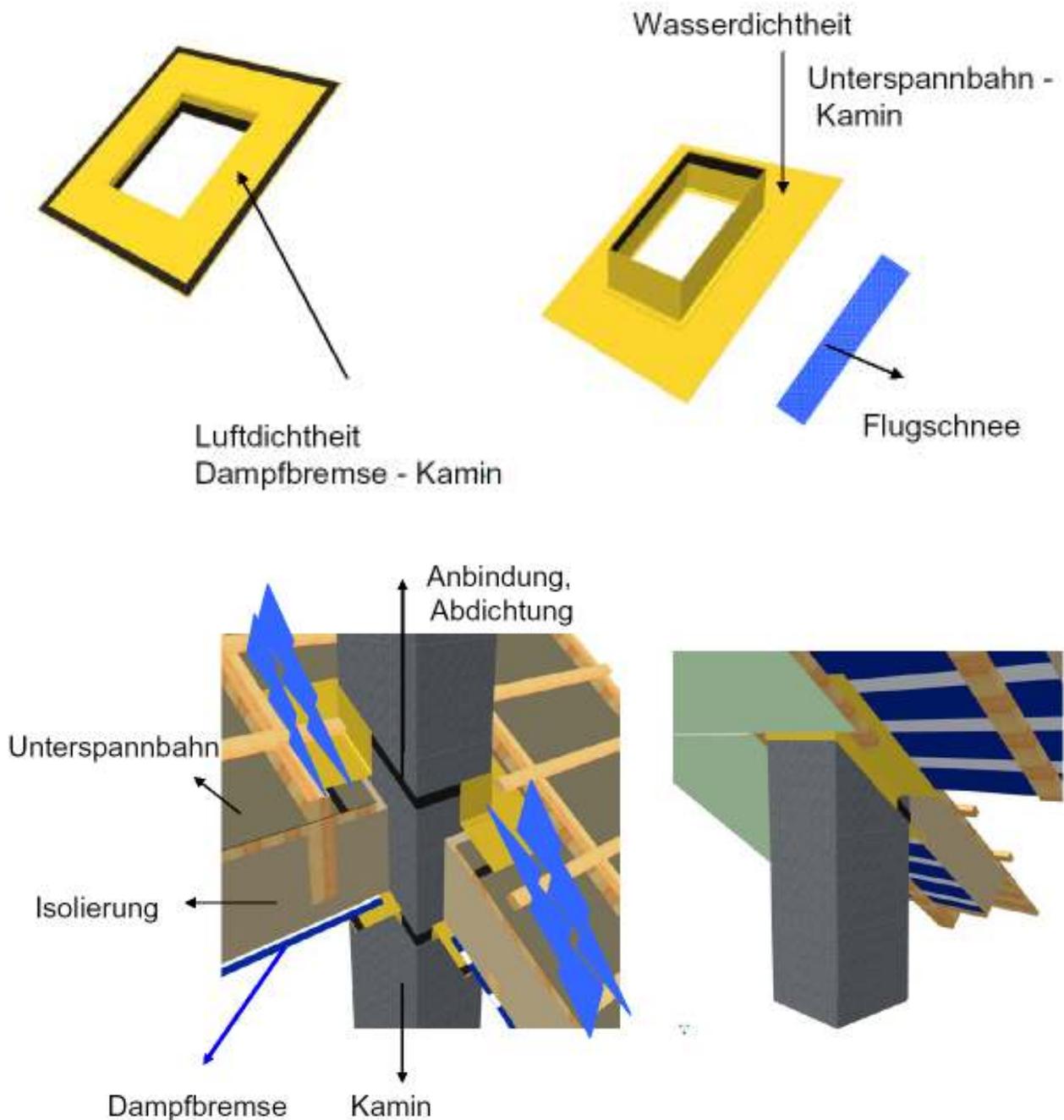


Abbildung 32: Einbindung des Kamins in die luftdichte Gebäudehülle – Anschluss Folienpaket [SCHM08]

Wärmebrückenreduktion

Da der Kamin die Wärmedämmebene des Daches durchdringt und die Dämmung im Aufstandspunkt schwächt, müssen die Wärmebrücken am Kopf und Fuß des Kamins weitestgehend reduziert werden. Für diese Anwendungsbereiche wurden spezielle Thermo-Trennsteine aus Schaumglas entwickelt, die für eine thermische Entkoppelung und Reduzierung der Wärmebrücke sorgen. Das aufgeschäumte Glas besitzt Dämmeigenschaften wie Mineralwolle, ist dampfundurchlässig, hoch druckbelastbar und besitzt die Brandschutzklasse A1. [ECO08]

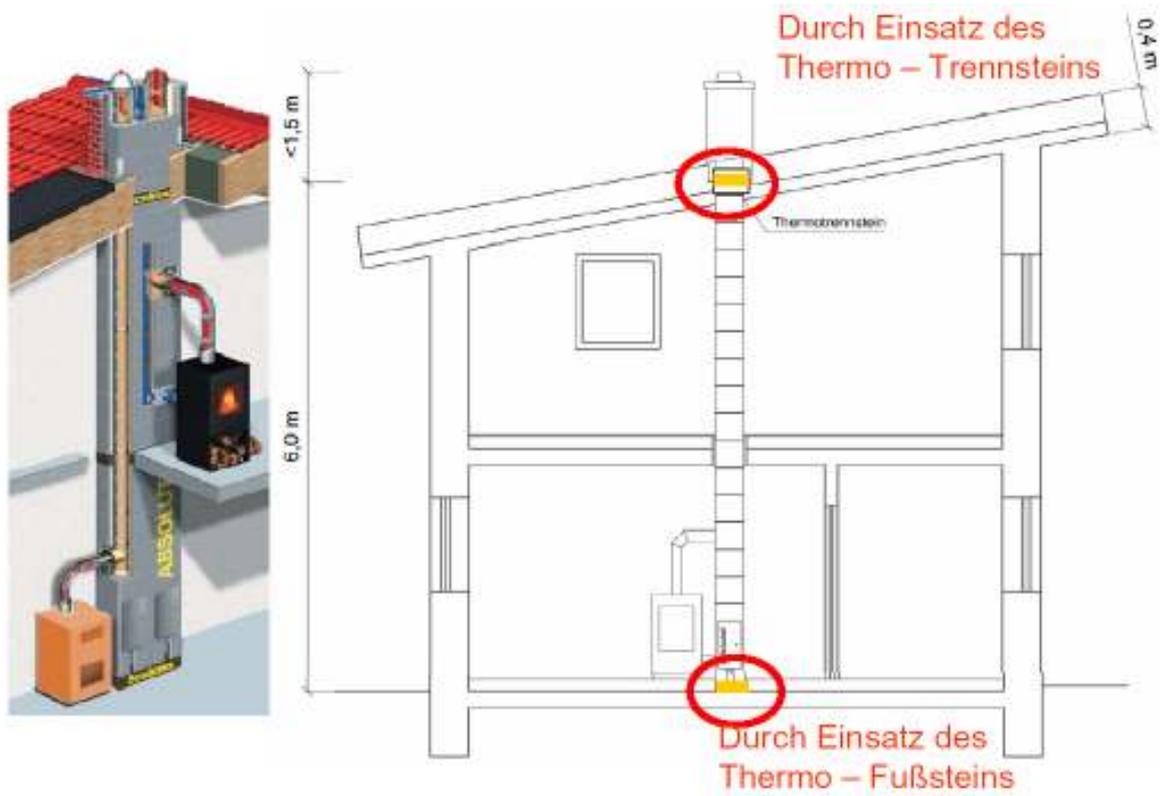


Abbildung 33: Thermo-Trennstein und Thermo-Fußstein [SCHM08]

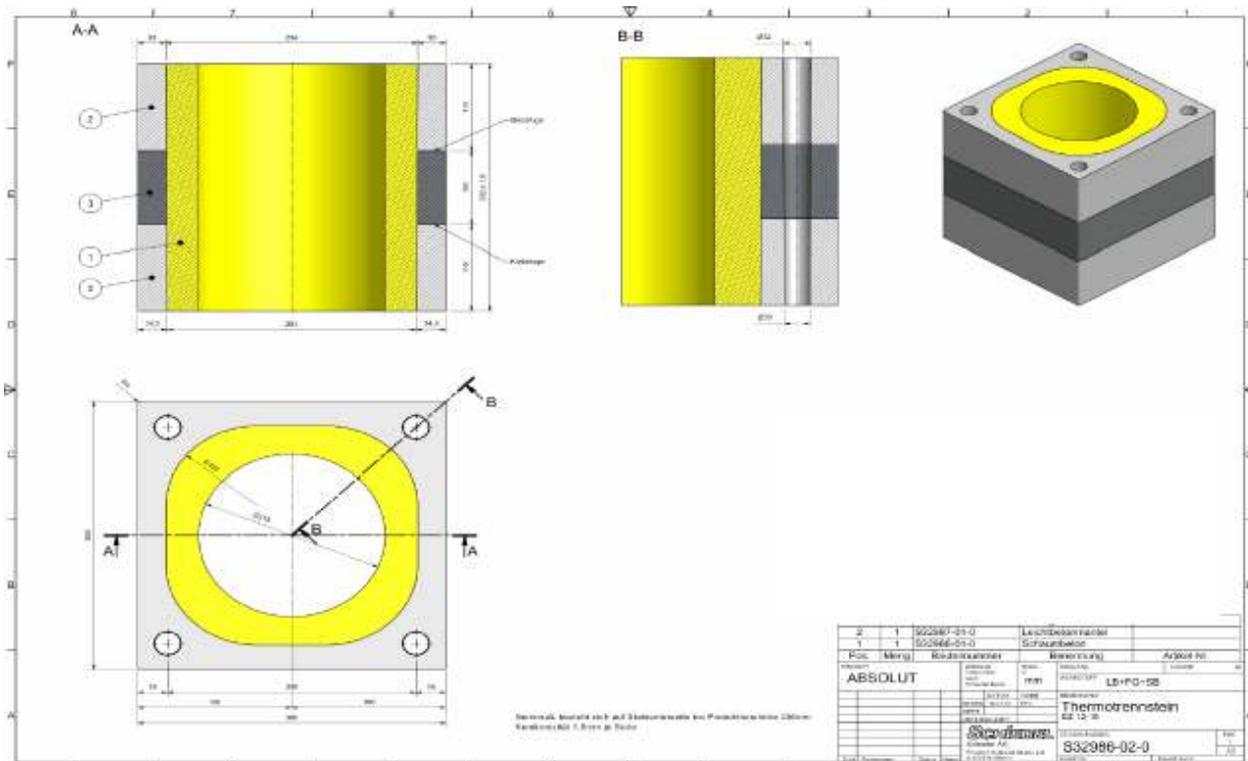


Abbildung 34: Detaillierte Darstellung des Thermo-Trennsteins [SCHM08]

Unterbrechung der Wärmeleitung im Material

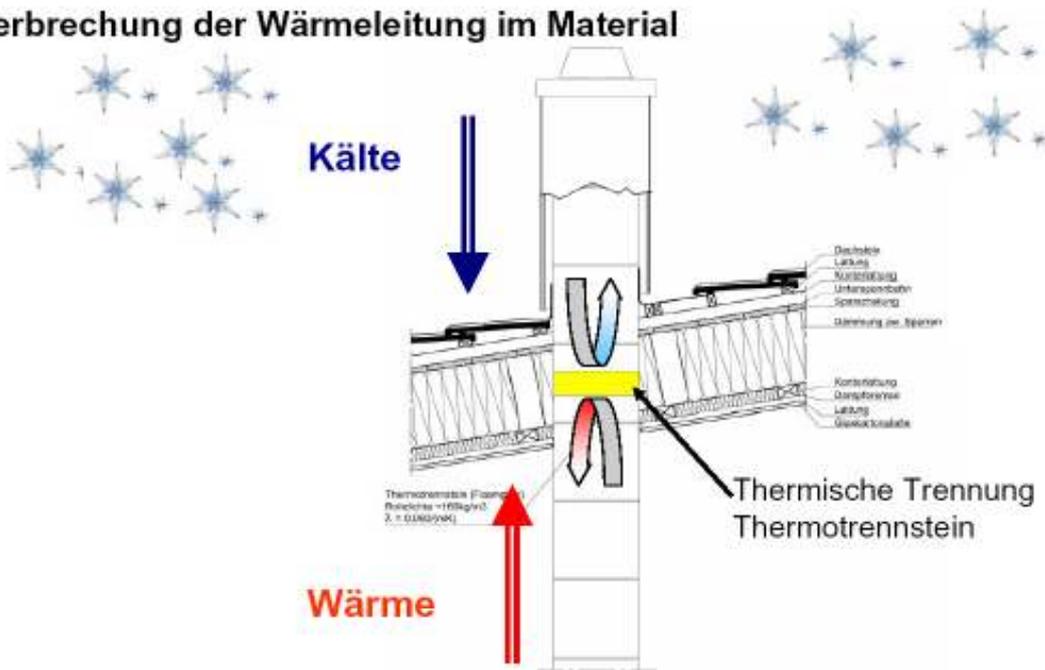


Abbildung 35: Einsatzgebiet des Thermo-Trennsteins [SCHM08]

Unterbrechung der Wärmeleitung im Material (Foamglas)

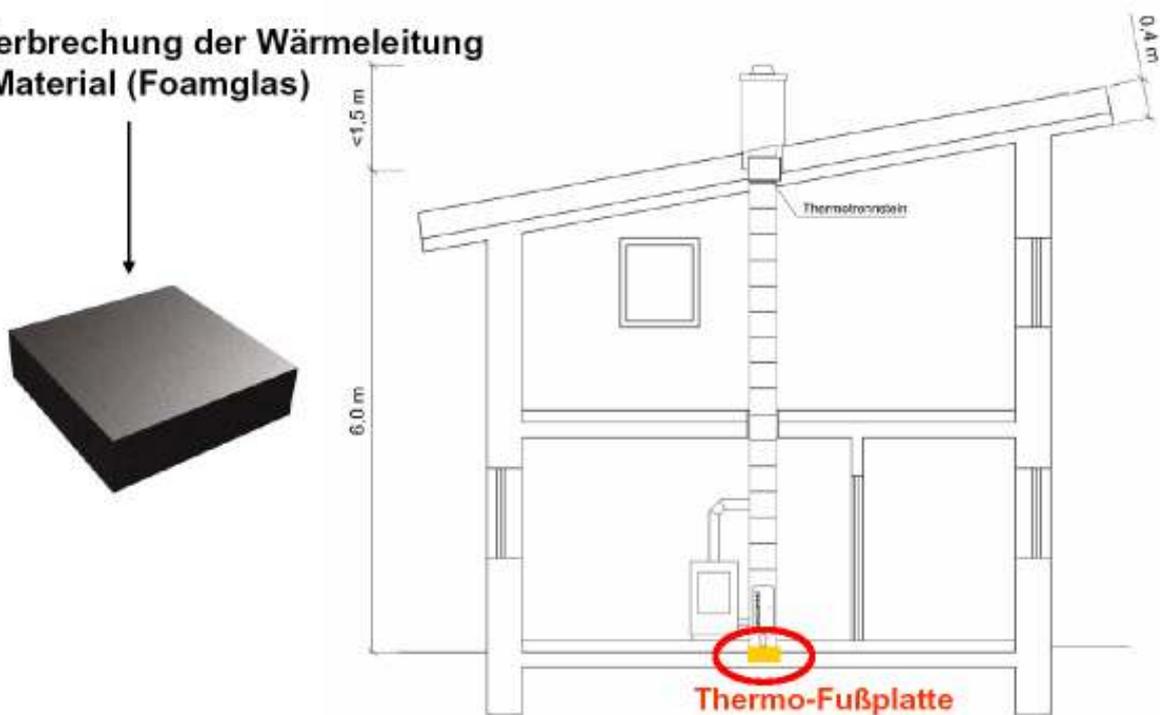


Abbildung 36: Einsatzgebiet der Thermo-Fußplatte [SCHM08]

Eignung für niedrige Abgastemperaturen

Moderne, energiesparende Festbrennstofföfen (z.B.: automatische Pelletsöfen) weisen zur sinnvollen Energienutzung sehr niedrige Abgastemperaturen auf. Der Kamin muss daher eine GW3 (russbrandbeständig, feuchteunempfindlich und für gasförmige, flüssige und feste Brennstoffe geeignet) Zulassung besitzen.

[ECO08]

Voraussetzungen für Raumluftabhängige Feuerungen in Niedrigstenergie- oder Passivhäusern:

Ausreichend Verbrennungsluft

Für die Verbrennung eines kg Scheitholz werden ca. 8-10 m³ Luft benötigt. Wird eine Holzmenge von 4-6 kg für die Brenndauer von 1 Stunde vorausgesetzt, ergibt sich ein Luftbedarf von ca. 60 m³/h. Das bedeutet bei sehr dichten Gebäuden, wie Niedrigstenergie- und Passivhäusern, ist eine Verbrennungsluftversorgung von außen unabdingbar und die verwendeten Geräte müssen eine Anschlussmöglichkeit für Außenluft aufweisen.

Die Verbrennungsluft wird beispielsweise durch einen separaten Zuluftkanal oder einen Frischluftzug (s.g. „Thermoluftzug“) im Kamin bereitgestellt. Unabhängig vom System ist auch hier die Luftdichtigkeit und die Wärmebrückenreduktion zu gewährleisten.

[ECO08]

7.7 Minimierung der Wärmeverluste des Heizungs- und Warmwasserverteilnetzes

Da gerade bei hochenergieeffizienten Gebäuden die Vermeidung von Wärmeverteilverlusten von besonderer Bedeutung ist, soll dieses Kapitel einen Einblick in die Thematik erlauben.

Klassifizierung von Wärmeverteilverlusten:

Die örtliche und zeitliche Nutzbarkeit der Wärmeverteilverluste hat Einfluss auf die Gesamtenergiebilanz eines Gebäudes. So unterscheidet man zum einen zwischen Verteilverlusten innerhalb und außerhalb der thermischen Gebäudehülle. Zum anderen ist zu differenzieren, ob der Verteilverlust innerhalb oder außerhalb der Heizperiode auftritt. Treten die Verluste nur während der Heizperiode auf, ist zusätzlich zu unterscheiden, ob die Wärmeabgabe geregelt oder ungeregelt ist.

| Verteilung | Ort der Wärmeabgabe (bzgl. der wärmegeprägten Gebäudehülle) | Zeit der Wärmeabgabe |
|------------------------------|-----------------------------------------------------------------------|-----------------------------|
| Fern-/Nahwärmeleitung | außerhalb | ganzjährig |
| Speicherladekreis Heizung | außerhalb / innerhalb | Heizperiode |
| Speicherladekreis Warmwasser | außerhalb / innerhalb | ganzjährig |
| Heizwärmeverteilung | außerhalb / innerhalb | Heizperiode |
| Warmwasserverteilung | außerhalb / innerhalb | ganzjährig |
| Zirkulationsleitung | außerhalb / innerhalb | in Zirkulationsbetrieb |
| Stichleitung | innerhalb | nach der Zapfung |

Tabelle 9: Klassifizierung von Wärmeverteilungen anhand der Nutzbarkeit ihrer Verluste [FEI04]

Besondere Bedeutung haben die Warmwasser-Verteilleitung und die Zirkulationsleitung, da deren Verluste außerhalb der Heizperiode nicht genutzt werden können und daher eine unerwünschte Kühllast erzeugen.

Ebenso können die Heizwärmeverteilungen zum Problem werden. Sie treten zwar nur während der Heizperiode auf, stellen aber eine unregelmäßige Wärmeabgabe dar, was sie mit anderen Quellen freier Wärme vergleichbar macht. Das bedeutet, treten sie in einem zu hohen Maß auf, schränken sie die Regelbarkeit des Temperaturniveaus und damit den Komfort ein.

[FEI04]

Grundsätzlich sollte aber darauf geachtet werden, dass die wärmeleitenden Leitungen möglichst innerhalb der thermischen Gebäudehülle angeordnet werden. Um Überwärmung zu verhindern, sind sie aber dennoch ausreichend zu isolieren.

Leitungsführung in der Dämmung der Kellerdecke/Bodenplatte:

Sollen wärmeleitende Leitungen im Fußbodenaufbau der hochwärmegeprägten Kellerdecke oder Bodenplatte geführt werden, bietet es sich an sie in die Dämmung der thermischen Hülle einzulegen. Aus der Überlegung der möglichst geringen Wärmeverluste nach außen, aber gleichzeitig vertretbarer Wärmeabgabe nach innen (Gefahr der Überhitzung außerhalb der Heizperiode) ergibt sich eine optimale Lage in der Dämmung. Berechnungen haben ergeben, dass sich das Optimum, also das Minimum der spezifischen Verlustleistung, im Bereich zwischen 30 - 50% der Dämmlage befindet (Abstand von der Innenkante der Dämmung). Dabei ist zu beachten, dass jedenfalls eine Mindestüberdeckung von ca. 60mm verbleiben sollte. Baupraktisch kann die Verlegung im Polystyrol-Dämmpaket durch Freilassen eines Hohlraums und Bettung des Rohres in Mineralwolle erfolgen.

Wirtschaftlichkeit von Rohrdämmungen:

Wie bereits in [FEI98] gezeigt wurde, können selbst mit 150 - 200%iger Dämmdicke (bezogen auf DN) nochmals deutliche Verbesserungen hinsichtlich des Wärmeverlustes erreicht werden. Diese Dämmstoffdicken sind bei Leitungen außerhalb der thermischen Gebäudehülle wirtschaftlich. Der Gewinn nimmt sogar noch über dem Wert Dämmdicke = Nennweite (DN) zu und erreicht ein flaches Optimum ca. bei Dämmdicke = $1,5 \cdot DN$. Selbst bei Dämmdicke = $2,0 \cdot DN$ ist der Gewinn noch ebenso groß wie bei einer Dämmung mit der Dicke der Nennweite. Die Energieeinsparung zwischen Dämmdicke = DN und $2,0 \cdot DN$ beträgt immerhin noch 30%! Die Berechnungen wurden für einen Nenndurchmesser DN 20 durchgeführt. Für höhere Nennweiten verbessert sich die Wirtschaftlichkeit noch mehr.

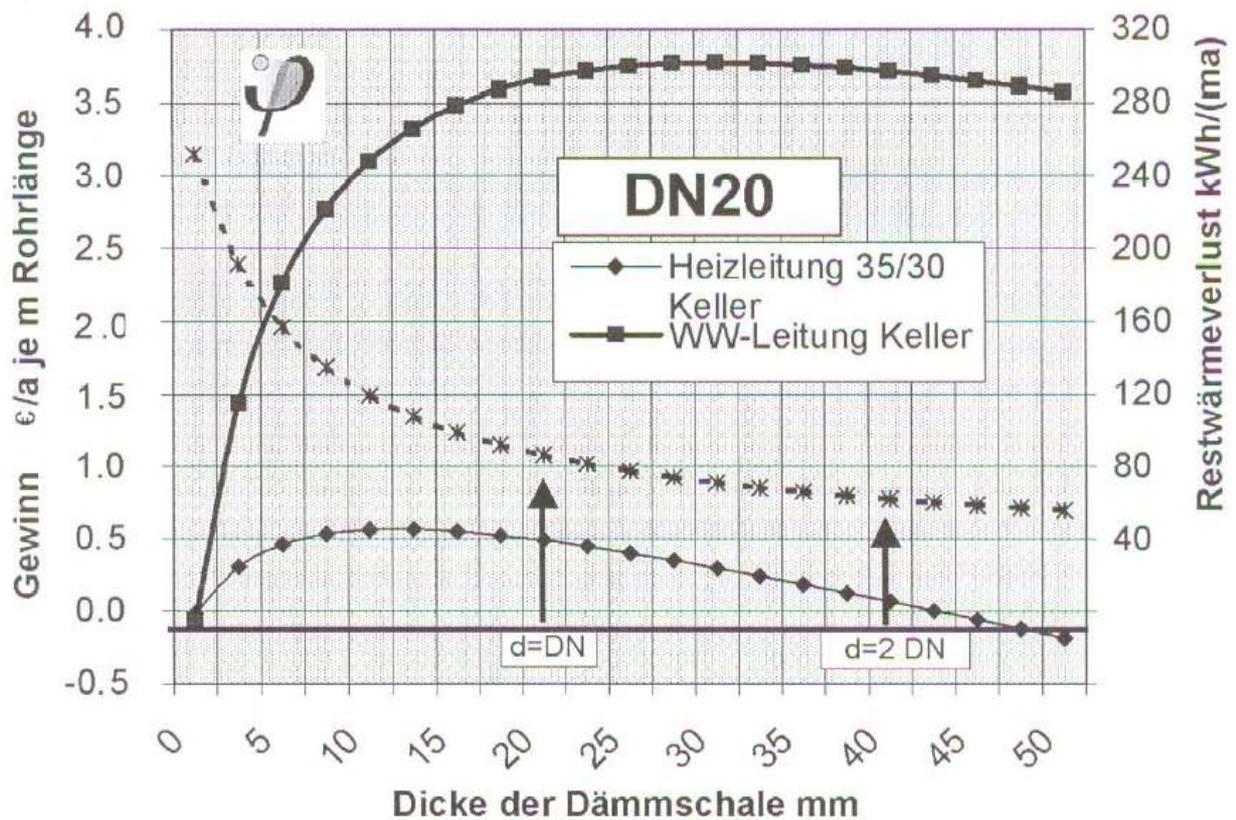


Diagramm 3: Wirtschaftlichkeit von Rohrdämmungen [FEI04] in [FEI98]

Montage von wärmedämmten Rohrleitungen:

Insbesondere bei hoher Wärmedämmung der Rohrleitungen ist auf eine möglichst wärmebrückenarme Befestigung durch entsprechend gedämmte Rohrschellen zu achten. Würden ungedämmte Rohrschellen Verwendung finden, müsste bei einer Stützweite von 1 m ca. 10 - 30mm zusätzliche Dämmung aufgebracht werden, um den Wärmeverlust durch die ungedämmte Befestigung zu kompensieren!

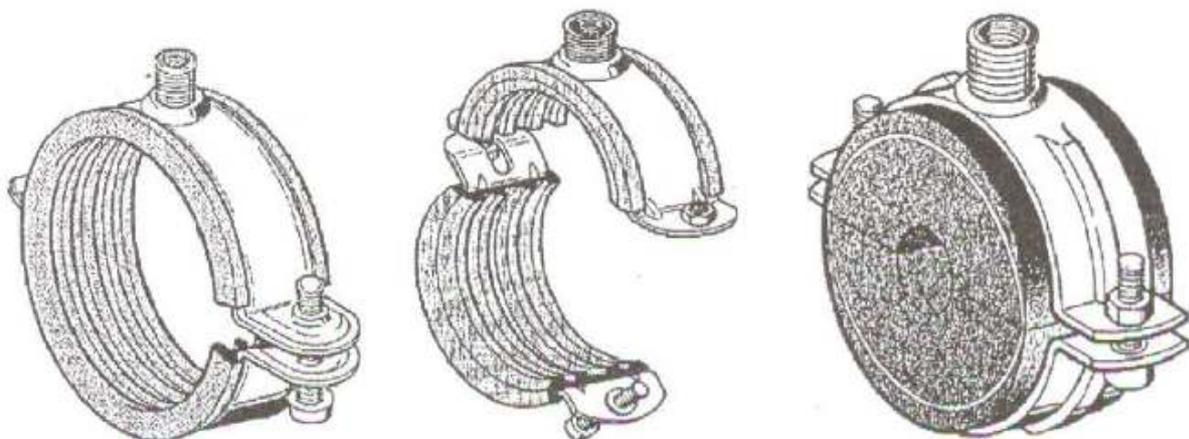


Abbildung 37: Ungedämmte / gedämmte Rohrschellen [Quelle: Fischer Befestigungssysteme] in [FEI04]

Zusammenfassung:

Um die Wärmeverteilungsverluste möglichst gering zu halten, ist es besonders wichtig, die Leitungslängen möglichst kurz zu halten und insbesondere die wärmeleitenden Leitungen außerhalb der thermischen Gebäudehülle ausreichend zu dämmen. Bei diesen Leitungen sind Dämmdicken in der Größenordnung des 1,5 - 2-fachen Nenndurchmessers wirtschaftlich. Innerhalb des Gebäudes sind vor allem die Verteilleitungen des Trinkwassernetzes mit Sorgfalt zu behandeln, da ihre Verluste im PH nur zu ca. 45% nutzbar sind. Die sorgfältige Dämmung der Armaturen und Formstücke trägt wesentlich zu einer verminderten Wärmeabgabe bei.

Bei den Lüftungskanälen sind die Teilstücke zwischen Wärmeüberträger und der thermischen Gebäudehülle hoch zu dämmen. Die Zuluftkanäle innerhalb der Hülle sind hingegen nur dort, wo es für eine ordnungsgemäße Wärmeverteilung erforderlich ist, mit ca. 2cm Dämmstoff zu versehen. Das kann beispielsweise bei Luftheizung und großen Leitungslängen zwischen dem Heizregister und dem zu belüftenden Raum erforderlich sein.

An dieser Stelle sei auf die Wichtigkeit einer integrierten Planung und der frühzeitigen Entwicklung des Verteilnetzes samt Technikbereichen hingewiesen.

[FEI04]

7.8 Zusammenfassende Prüfungsfragen

- Welche Klimadaten sind nach Meinung der Autoren bei der PHPP-Berechnung zu verwenden und warum?
- Warum hat das Blatt „Verschattung“ für das Passivhaus eine so große Bedeutung?
- Warum ist die relative Luftfeuchtigkeit der Raumluft gerade bei Passivhäusern zu beachten und welche planerischen Maßnahmen sind zu setzen, dass es hier nicht zu Problemen kommt?
- Worauf ist bei der Eingabe der Rückwärmezahl im PHPP-Blatt „Lüftung“ zu achten? Welche Folgen könne eine fehlerhafte Eingabe haben?
- Was ist bei der Planung des Aufstellortes von Passivhaus-Kompaktgeräten zu berücksichtigen?
- Unterschied Luftdichtheit / Winddichtheit? Welchen Bauteilen werden diese Funktionen üblicherweise zugeschrieben? Warum sind Luftdichtheit und Winddichtheit gerade im PH-Bau von derart hoher Bedeutung?
- Worauf ist bei der Herstellung der luftdichten Ebene besonders zu achten? Nennen Sie einige Positiv- bzw. Negativausführungsbeispiele.
- Was sind die Besonderheiten von Leicht- und Massivbau hinsichtlich Luftdichtheit?
- Wie wird ein Passivhaus-Fenster bauphysikalisch optimal eingebaut?
- Wie erfolgt der korrekte luftdichte Einbau eines PH-Fensters je nach Art des Wandbildners (STB, Ziegel, Leichtbau)?
- Welche Dämmstoffstärken sind bei wärmeleitenden Leitungen außerhalb der thermischen Hülle sinnvoll und wirtschaftlich?
- Warum ist auch die Dämmung der wärmeleitenden Leitungen innerhalb der thermischen Hülle nicht vernachlässigbar?

8 Aufbauten und Details

8.1 Hinweise und Anwendungsgrenzen

- Die nachfolgende Zusammenstellung zeigt typische Passivhaus-Aufbauten sowie beispielhafte, möglichst wärmebrückenfreie Detailknoten. Die Erstellung erfolgte nach bestem Wissen und Gewissen, es kann jedoch seitens der Verfasser keine Haftung für die Richtigkeit der Angaben übernommen werden.
- Es ist stets zu prüfen, ob die dargestellten Lösungen auf den konkreten Fall anzuwenden sind. Hierbei wird insbesondere auf die Berücksichtigung der entsprechenden Normen und der Anwendungs- und Verarbeitungsrichtlinien der Bauprodukte-Hersteller hingewiesen.
- Bei der Erstellung der Aufbauten wurden beispielhafte, marktübliche Materialien ohne besondere Berücksichtigung bauökologischer Gesichtspunkte herangezogen. Alternative Aufbauten sind im Einzelfall zu bewerten.
- Die Bezeichnung der Dämmstoffe orientiert sich an der ÖNORM B 6000 [OEN03a].
- Die angegebenen Baustoff- und insbesondere Dämmstoffdicken wurden speziell auf den Einfamilien-Passivhausbau abgestimmt und sind im Einzelfall durch geeignete Nachweise zu ermitteln.
- Die in den Regelaufbauten und Detailknoten angegebenen statischen Abmessungen der tragenden Bauteile wurden beispielhaft gewählt. Die notwendige statische Bemessung kann dadurch nicht ersetzt werden.
- Hinsichtlich der Erdbebeneinwirkungen sieht die ÖNORM B 4015 [OEN07] keine generellen Erleichterungen für Einfamilienhäuser vor. Dies bedeutet, dass bei üblichen Einfamilien-Passivhäusern in den Erdbebenzonen 2 bis 4 neben der Einhaltung der konstruktiven Berechnungs- und Ausführungsnormen zusätzlich die Einhaltung der konstruktiven Grundregeln gemäß ÖNORM B 4015 erforderlich ist. Bei komplizierten Gebäudeformen im Grund- und Aufriss, bei starker Strukturierung und bei Unstetigkeiten in der Verteilung hinsichtlich Steifigkeiten und Masse ist auf jeden Fall ein Tragwerksplaner hinzuzuziehen.
- Entsprechend der ÖNORM B 4710-1 [OEN07a] ist für wasserundurchlässige Bauteile mit statischen und/oder dynamischen Einwirkungen bei einem Wasserdruck von maximal 10m unter der Frostgrenze bei chemisch nicht angreifendem Wasser mindestens die Betonsorte C20/25/XC3 mit der Kurzbezeichnung C20/25/B1 und für umweltbelastete Bauteile (außen liegende Bauteile, Bauteile im Grundwasser (schwach lösend)) mindestens die Betonsorte C25/30/XC3/XD2/XF1/XA1L/SB (A) mit der Kurzbezeichnung C25/30/B2 zu verwenden.
Seitens der Autoren wird grundsätzlich die Verwendung von zumindest C25/30/XC3/XD2/XF1/XA1L/SB (A) mit der Kurzbezeichnung C25/30/B2 empfohlen. Außerdem wird darauf hingewiesen, dass wasserundurchlässige Bauteile in einer Mindestdicke von 30cm ausgeführt werden sollen.

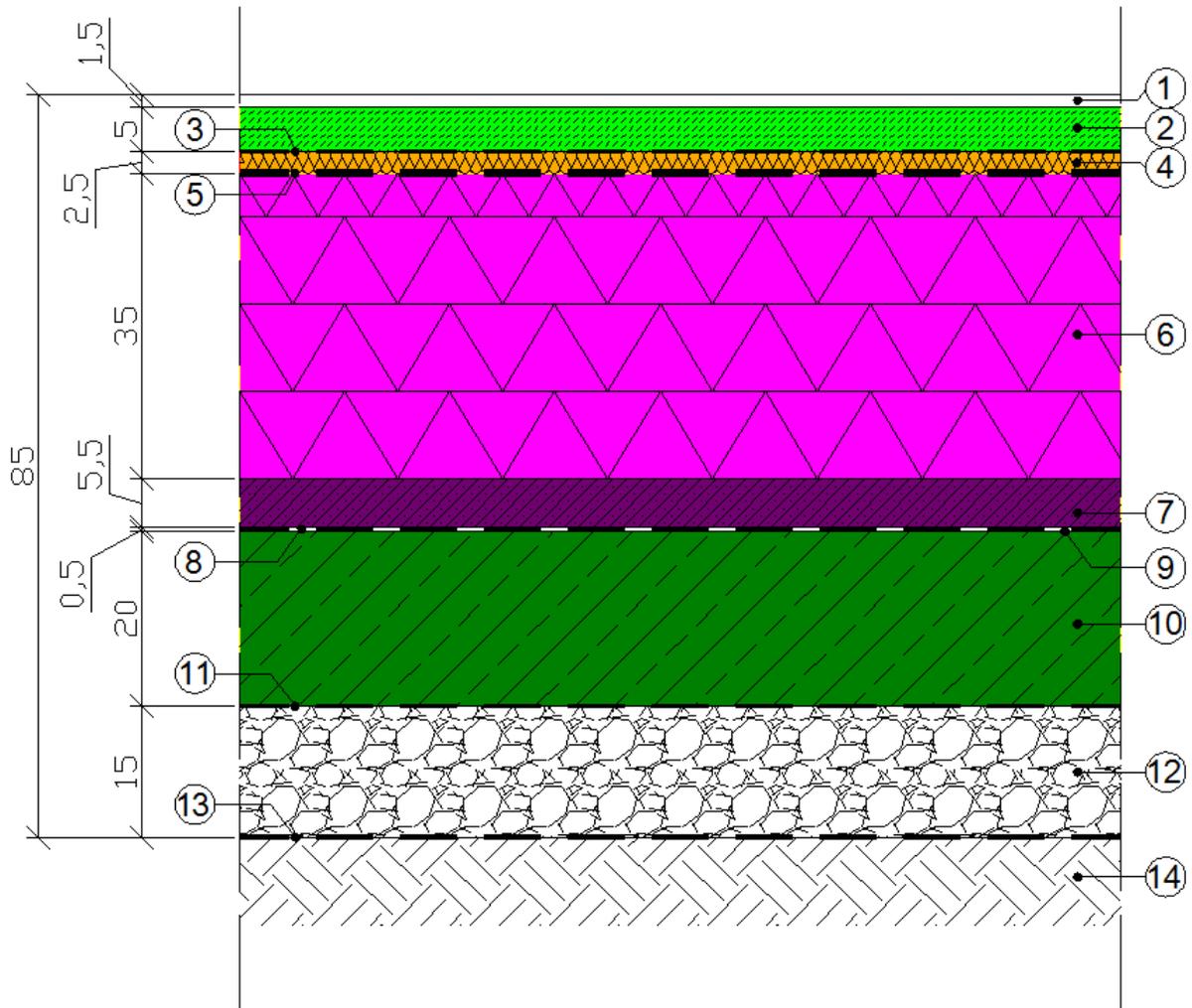
- Das Einlegen von Lüftungsleitungen in Rohdecken ist jedenfalls im Einzelfall zu prüfen. Dabei sind im Besonderen die Deckenart, die Bauteildicke, die Spannrichtung, die Anordnung im Deckenquerschnitt, die Lüftungsdimension und die Leitungsanzahl zu beachten. Im Zweifelsfall ist ein Tragwerksplaner (Statiker) hinzuzuziehen.

8.2 Aufbauten

8.2.1 Bodenplatten

8.2.1.1 BPL 01 Bodenplatte oberseitig gedämmt (warm zu Erdreich)

Darstellung:



Aufbau:

| BPL 01 Bodenplatte oberseitig gedämmt (warm zu Erdreich) | |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| Schicht | Dicke [mm] |
| 1. Fußbodenbelag | 15 |
| 2. Zementestrich E 225 | 50 |
| 3. PE-Folie | |
| 4. Trittschalldämmung EPS-T 28/25 | 25 |
| 5. Dampfsperre, $sd \geq 1.500m$, Stöße verklebt oder verschweißt (z.B. Aluverbundfolie - PET/Alu/PET oder PET/Alu/PE) | |
| 6. EPS-W20 (Installationsebene für wärmeführende Leitungen) | 350 |
| 7. gebundene Ausgleichsschüttung (Ausgleichs- und Installationsebene) | 55 |
| 8. F-Abdichtung 1 Lage E-KV-5 (beispielhaft für "Bodenfeuchte") | 5 |
| 9. Voranstrich | |
| 10. STB-Bodenplatte (ca. 20-30cm, lt. statischem Erfordernis) | 200-300 |
| 11. Baupapier | |
| 12. Rollierung (beispielhafte Dicke) | 150 |
| 13. PP-Filtervlies | |
| 14. Erdreich | |
| 15. | |

Ergänzende Hinweise:

Bauphysik:

- Der vollkommen wärmebrückenfreie Anschluss der Außen- und tragenden Innenwände ist im Gegensatz zur Variante mit Dämmung unter der Bodenplatte nicht möglich.
- Die Trittschalldämmung inkl. Randstreifen ist zur Verhinderung der Trittschallweiterleitung in das übrige Gebäude erforderlich.
- Da der Aufbau einer Innendämmung entspricht, ist eine Dampfsperre oberhalb der Dämmschicht erforderlich. Diese Schicht ist mit besonderer Sorgfalt herzustellen, da Fehlstellen in der Dampfsperre zu einer hohen Feuchteanreicherung im Aufbau führen können.
- Die Abdichtungslage auf der STB-Bodenplatte dient neben dem Feuchtigkeitsschutz auch der Verhinderung des Feuchteintrags in die Konstruktion durch die Trocknung der STB-Bodenplatte. Einlagige Bitumenabdichtungsbahnen weisen μ -Werte in der Größenordnung von ca. 20.000 bis 60.000 auf, was bei üblichen Schichtdicken sd -Werten von ca. 100 bis 300m entspricht. Da für ähnliche Anwendungsfälle Dampfbremsen mit sd -Werten ab ca. 100 bis 120m eingesetzt werden, ist keine weitere dampfbremsende Schicht erforderlich.
Ist die gebundene Ausgleichsschüttung nicht ausreichend getrocknet, kann es sinnvoll sein über dieser eine dampfbremsende Folie mit einem sd -Wert in der oben genannten Größenordnung aufzubringen um Kondensat innerhalb der Dämmebene zu verhindern.

Baupraxis:

- Gemäß Protokollband Nr. 27 des PHI [FEI04a, S.145ff.] hat die hohe Dämmschicht im Fußbodenaufbau keine Auswirkung auf die erforderliche Dicke bzw. die Notwendigkeit einer Bewehrung des Estrichs. Das kann indirekt auch aus der DIN 18560-2 [DIN04, S.12] entnommen werden, in der definiert ist, dass die Zusammendrückbarkeit von geeigneten, druckbelastbaren Wärmedämmstoffen mit dem Wert 0 anzusetzen ist. Unter

dieser Voraussetzung kann die Estrichdimensionierung gemäß ÖNORM B 2232 [OEN07e, S. 26] erfolgen, da somit nur die Zusammendrückbarkeit der Trittschalldämmung und der Ausgleichsschicht berücksichtigt wird.

- Die Dampfsperre könnte auch zwischen Trittschalldämmung und Estrich liegen, da hier ohnehin eine Trennlage notwendig ist. Hiervon ist jedoch abzuraten, da in diesem Fall die Dampfsperre durch die Estrichlegearbeiten beschädigt werden könnte.
- Die Dämmung auf der Bodenplatte ist zwar deutlich kostengünstiger als jene unter der Bodenplatte, dem gegenüber stehen aber Mehrkosten für die zusätzlich erforderliche Höhe des Wandbildners samt Putz.
- Durch die Anordnung der Dämmung auf der Bodenplatte können etwaige Probleme mit Setzungsdifferenzen zufolge der Dämmstoffstauchung unter der Bodenplatte umgangen werden. Als Alternative kommt auch eine Lösung mit kombinierter Dämmung unter und auf der Bodenplatte in Frage. Somit können Stauchungsprobleme minimiert, aber die Wärmebrückenwirkung im Anschlusspunkt der Außen- und tragenden Innenwände vermindert werden.
- Durch die Lage der Abdichtung auf der Bodenplatte ist die Gefahr der Beschädigung zwar höher, die Sanierung bzw. Behebung von Undichtheiten ist jedoch deutlich einfacher als bei einer Abdichtung unter der Bodenplatte.
- Bei der Wahl der Feuchtigkeitsabdichtung ist die Art der Wassereinwirkung zu berücksichtigen. Im konkreten Fall wurde eine Abdichtung gegen „Bodenfeuchte“ angenommen (siehe [OEN02] bzw. [IBF08]).

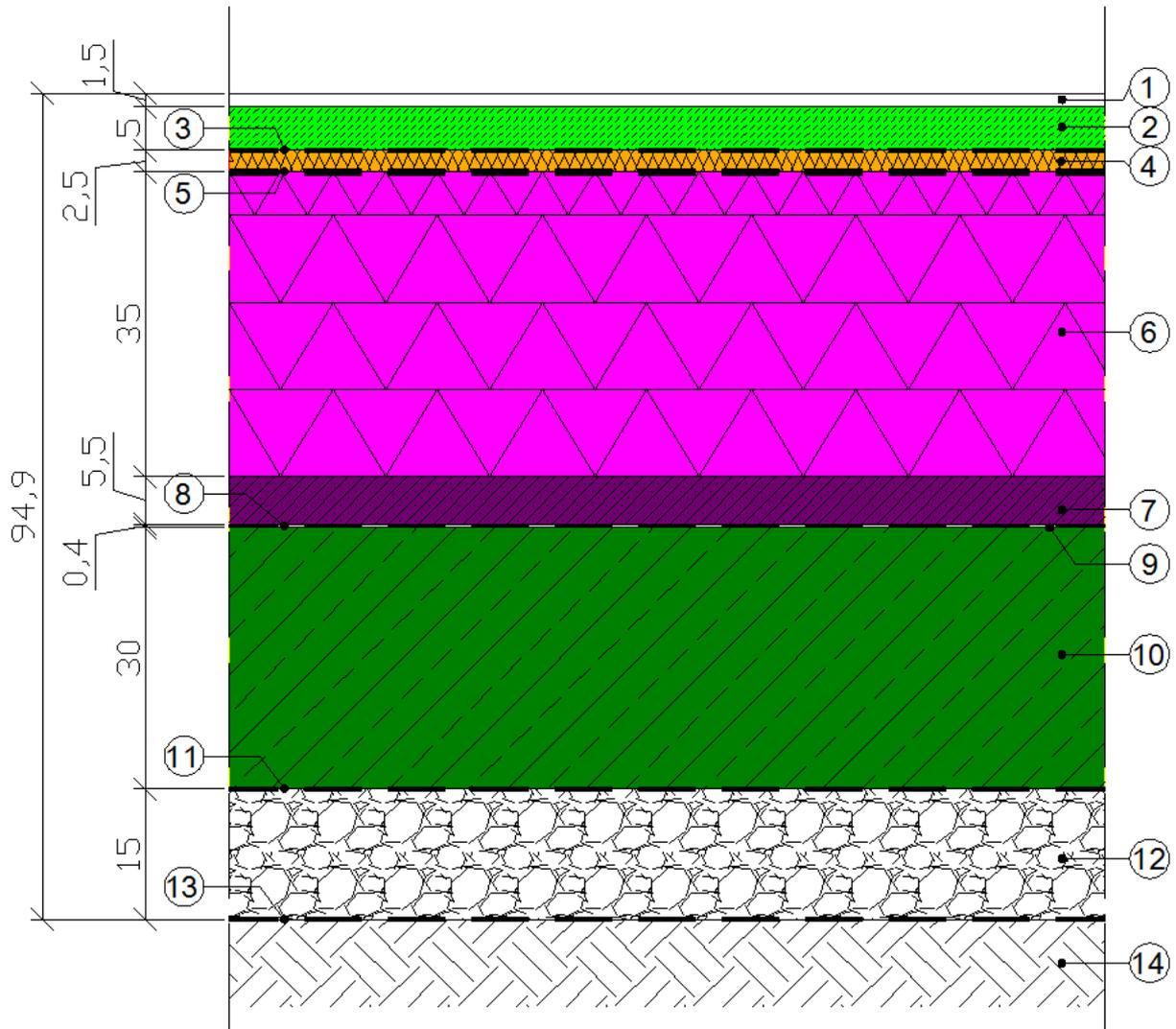
Exkurs Feuchtigkeitsabdichtung bei verschiedenen Einsatzbeanspruchungen:
Mindestanforderungen / Empfehlung lt. [OEN02] bzw. [IBF08]:

- Abdichtung gegen **Bodenfeuchte** (Wand, Bodenplatte):
 - Mindestanforderung: 4mm (z.B. 1x E-KV-4)
 - Empfehlung: 5mm (z.B. 1x E-KV-5)
- Abdichtung gegen **nicht drückendes Wasser** (Wand, Bodenplatte):
 - Mindestanforderung: 9mm (z.B. 1x E-KV-4 + 1x E-KV-5)
 - Empfehlung: 10mm (z.B.) 2x E-KV-5
- Abdichtung gegen **drückendes Wasser bis 4m Eintauchtiefe** (Wand, Bodenplatte):
 - Mindestanforderung: 10mm (z.B. 2x E-KV-5)
- Abdichtung gegen **drückendes Wasser ab 4m Eintauchtiefe** (Wand, Bodenplatte):
 - Mindestanforderung: 14mm (z.B. 3x E-KV-5)

Anm.: Die Mindestanforderung der gesamten Abdichtungsdicke wird in der Normung hinkünftig nur noch über die Summe der Dicken der mindest erforderlichen einzelnen Lagen definiert werden.

8.2.1.2 BPL 02 Bodenplatte B1/B2 oberseitig gedämmt (warm zu Erdreich)

Darstellung:



Aufbau:

| BPL 02 Bodenplatte B1/B2 oberseitig gedämmt (warm zu Erdreich) | |
|-------------------------------------------------------------------------------|------------|
| Schicht | Dicke [mm] |
| 1. Fußbodenbelag | 15 |
| 2. Zementestrich E 225 | 50 |
| 3. PE-Folie | |
| 4. Trittschalldämmung EPS-T 28/25 | 25 |
| Dampfsperre, $sd \geq 1.500m$, Stöße verklebt oder verschweißt (z.B. | |
| 5. Aluverbundfolie - PET/Alu/PET oder PET/Alu/PE) | |
| 6. EPS-W20 (Installationsebene für wärmeleitende Leitungen) | 350 |
| 7. gebundene Ausgleichsschüttung (Ausgleichs- und Installationsebene) | 55 |
| 8. Dampfbremse, $sd \geq 120m$, Stöße verklebt oder verschweißt (z.B. GV 45) | 4 |
| 9. Voranstrich | |
| 10. STB-Bodenplatte B1/B2 ("WU-Beton"; lt. statischem Erfordernis) | 300 |
| 11. Baupapier | |
| 12. Rollierung (beispielhafte Dicke) | 150 |
| 13. PP-Filtervlies | |
| 14. Erdreich | |
| 15. | |

Ergänzende Hinweise:

Bauphysik:

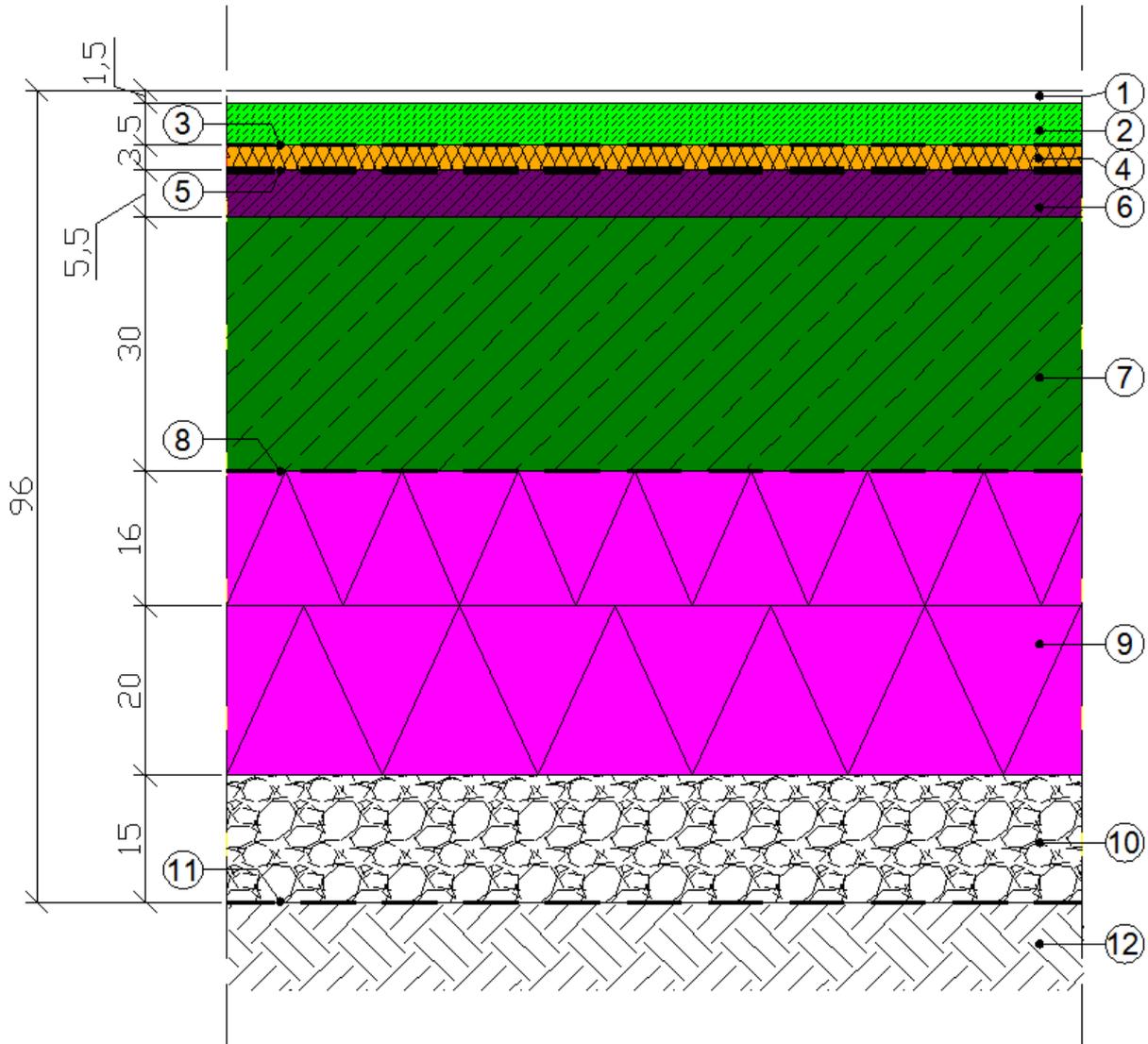
- Der vollkommen wärmebrückenfreie Anschluss der Außen- und tragenden Innenwände ist im Gegensatz zur Variante mit Dämmung unter der Bodenplatte nicht möglich.
- Die Trittschalldämmung inkl. Randstreifen ist zur Verhinderung der Trittschallweiterleitung in das übrige Gebäude erforderlich.
- Da der Aufbau einer Innendämmung entspricht, ist eine Dampfsperre oberhalb der Dämmschicht erforderlich. Diese Schicht ist mit besonderer Sorgfalt herzustellen, da Fehlstellen in der Dampfsperre zu einer hohen Feuchteanreicherung im Aufbau führen können.
- Die Abdichtungslage auf der STB-Bodenplatte dient der Verhinderung des Feuchteintrags in die Konstruktion durch die Trocknung der STB-Bodenplatte. Einlagige Bitumenabdichtungsbahnen weisen μ -Werte in der Größenordnung von ca. 20.000 bis 60.000 auf, was bei üblichen Schichtdicken sd -Werten von ca. 100 bis 300m entspricht. Alternativ kann auch eine Dampfbremse als Folie mit $sd \geq 120m$ aufgebracht werden (z.B. PE-Folie 0,25mm, Stöße verklebt oder verschweißt). Aufgrund der höheren Widerstandsfähigkeit gegen mechanische Beschädigung wird bei diesem Anwendungsfall die Bitumenbahn empfohlen.
Die Variante mit dampfbremsender Folie ist hingegen zu empfehlen wenn absehbar ist, dass aufgrund des raschen Baufortschritts die gebundene Ausgleichsschüttung nicht ausreichend getrocknet sein wird. In diesem Fall würde die Folie mit $sd \geq 120m$ zwischen der gebundenen Ausgleichsschüttung und der Dämmung aufgebracht werden.

Baupraxis:

- Gemäß Protokollband Nr. 27 des PHI [FEI04a, S.145ff.] hat die hohe Dämmschicht im Fußbodenaufbau keine Auswirkung auf die erforderliche Dicke bzw. die Notwendigkeit einer Bewehrung des Estrichs. Das kann indirekt auch aus der DIN 18560-2 [DIN04, S.12] entnommen werden, in der definiert ist, dass die Zusammendrückbarkeit von geeigneten, druckbelastbaren Wärmedämmstoffen mit dem Wert 0 anzusetzen ist. Unter dieser Voraussetzung kann die Estrichdimensionierung gemäß ÖNORM B 2232 [ÖEN07e, S.26] erfolgen, da somit nur die Zusammendrückbarkeit der Trittschalldämmung und der Ausgleichsschicht berücksichtigt wird.
- Die Dampfsperre könnte auch zwischen Trittschalldämmung und Estrich liegen, da hier ohnehin eine Trennlage notwendig ist. Hiervon ist jedoch abzuraten, da in diesem Fall die Dampfsperre durch die Estrichlegearbeiten beschädigt werden könnte.
- Die Dämmung auf der Bodenplatte ist zwar deutlich kostengünstiger als jene unter der Bodenplatte, dem gegenüber stehen aber Mehrkosten für die zusätzlich erforderliche Höhe des Wandbildners samt Putz.
- Durch die Anordnung der Dämmung auf der Bodenplatte können etwaige Probleme mit Setzungsdifferenzen zufolge der Dämmstoffstauchung unter der Bodenplatte umgangen werden. Als Alternative kommt auch eine Lösung mit kombinierter Dämmung unter und auf der Bodenplatte in Frage. Somit können Stauchungsprobleme minimiert, aber die Wärmebrückenwirkung im Anschlusspunkt der Außen- und tragenden Innenwände vermindert werden.

8.2.1.3 BPL 03 Bodenplatte B1/B2 unterseitig gedämmt (warm zu Erdreich)

Darstellung:



Aufbau:

| BPL 03 Bodenplatte B1/B2 unterseitig gedämmt (warm zu Erdreich) | |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| Schicht | Dicke [mm] |
| 1. Fußbodenbelag | 15 |
| 2. Zementestrich E 225 | 50 |
| 3. PE-Folie | |
| 4. Trittschalldämmung EPS-T 33/30 | 30 |
| 5. Dampfbremse, $sd \geq 120m$, Stöße verklebt oder verschweißt (z.B. PE-Folie 0,25mm) | |
| 6. gebundene Ausgleichsschüttung (Ausgleichs- und Installationsebene) | 55 |
| 7. STB-Bodenplatte B1/B2 ("WU-Beton"; lt. statischem Erfordernis) | 300 |
| 8. PE-Folie, 2-lagig | |
| 9. XPS-G | 360 |
| 10. Rollierung (beispielhafte Dicke; optional Sauberkeitsschicht, ggf. auch auf kapillARBrechender Rollierung) | 150 |
| 11. PP-Filtervlies | |
| 12. Erdreich | |
| 13. | |
| 14. | |

Ergänzende Hinweise:

Bauphysik:

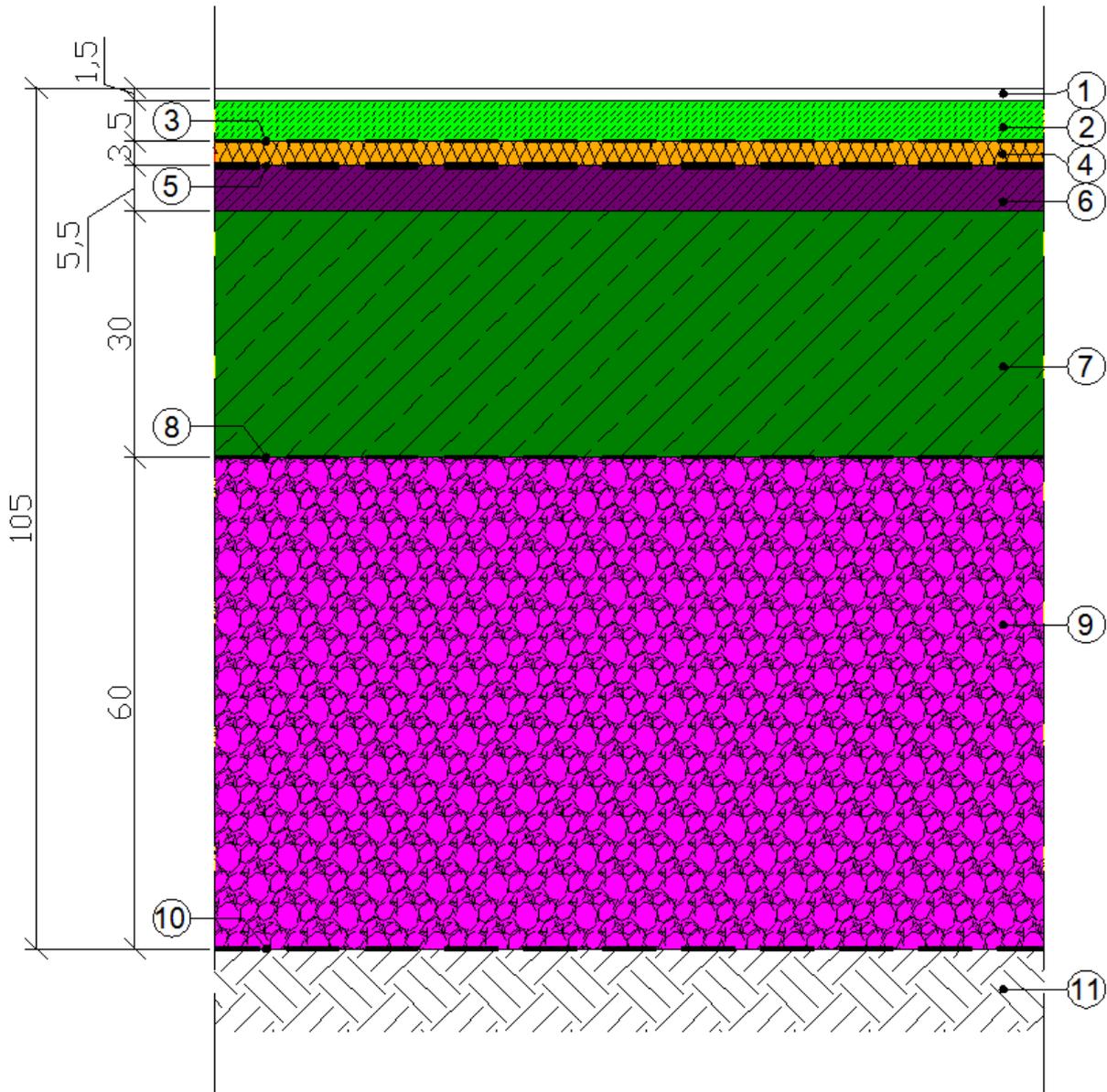
- Diese Ausführung ermöglicht, im Gegensatz zur Variante mit Dämmung auf der Bodenplatte, einen vollkommen wärmebrückenfreien Anschluss der Außen- und tragenden Innenwände.
- Die Trittschalldämmung inkl. Randstreifen ist zur Verhinderung der Trittschallweiterleitung in das übrige Gebäude erforderlich.
- Die Dampfbremse zwischen gebundener Ausgleichsschüttung und Trittschalldämmung dient zum Schutz von Bodenbelägen aus Holz und weitgehend dampfdichten Bodenbelägen vor Feuchtigkeitsandrang zufolge der Trocknung der Bodenplatte. Diese Schicht ersetzt nicht die bei ungenügender Trocknung des Estrichs erforderlichen Maßnahmen!
- Die 2-lagige Verwendung von XPS-Platten ist prinzipiell möglich, wenn sichergestellt ist, dass sich zwischen den beiden Dämmschichten kein Wasserfilm bildet, der das Wasserdampfdiffusionsverhalten der einzelnen Dämmschichten behindert. Bei Dämmstoffdicken über 20cm aus XPS wird empfohlen vorgefertigte, werkseitig verbundene Produkte zu verwenden. Es sei darauf hingewiesen, dass gemäß derzeit noch gültiger ÖNORM B 6053 [ÖEN03, Punkt 3.3] (Produktnorm für extrudierte Polystyrolplatten) verklebte oder verschweißte Platten aus XPS als Lieferform ausgeschlossen werden. Bis zur Aktualisierung des österreichischen Normenwerks ist aber zumindest ein CE-Kennzeichen vom Hersteller vorzuweisen.
In der ab März 2009 gültigen ÖNORM EN 13164 [ÖEN09] ist bereits festgelegt, dass bei Verwendung mehrlagiger, werkseitig vollflächig verklebter XPS-Platten die innere Produktverklebung dauerhaft, spaltfrei, diffusionsoffen und beständig gegen Frost-Tauwechsel sein muss.

Baupraxis:

- Die 2-lagige PE-Folie zwischen Wärmedämmung und Bodenplatte dient als Trennschicht.
- Es wird empfohlen, die Deklaration für die Zulässigkeit der mehrlagigen Verlegung des Dämmstoffes unter der Bodenplatte vom Hersteller einzuholen. Aus statischer Sicht ist die mehrlagige Ausführung der Dämmung unter der Bodenplatte unproblematisch.
- Der Einsatz von XPS-Dämmung im kontaminierten Erdreich muss im Einzelfall bewertet werden. In derartigen Fällen kann es nicht ausgeschlossen werden, dass die Dämmung durch die Schadstoffe angegriffen wird. Im Einzelfall kann das zu beträchtlichen Setzungen führen. Auch die ÖNORM B 6053 [OEN03] weist auf die Beachtung der chemischen Beständigkeit bei erdberührten XPS-Dämmstoffen hin.
- Zur Sicherstellung der optimalen Dämmstofflage und Verhinderung der Beschädigung der Dämmung durch Eindrücken der Rollierungs-Körner wird eine Sauberkeitsschicht, ggf. auch über einer kapillarbrechenden Rollierung, empfohlen.

8.2.1.4 BPL 04 Bodenplatte B1/B2 auf Glasschaumgranulat (warm zu Erdreich)

Darstellung:



Aufbau:

| BPL 04 Bodenplatte B1/B2 auf Glasschaumgranulat (warm zu Erdreich) | |
|-----------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| Schicht | Dicke [mm] |
| 1. Fußbodenbelag | 15 |
| 2. Zementestrich E 225 | 50 |
| 3. PE-Folie | |
| 4. Trittschalldämmung EPS-T 33/30 | 30 |
| 5. Dampfbremse, $sd \geq 120m$, Stöße verklebt oder verschweißt (z.B. PE-Folie 0,25mm) | |
| 6. gebundene Ausgleichsschüttung (Ausgleichs- und Installationsebene) | 55 |
| 7. STB-Bodenplatte B1/B2 ("WU-Beton"; lt. statischem Erfordernis) | 300 |
| 8. PE-Folie | |
| 9. Glasschaumgranulat | 600 |
| 10. PP-Filtervlies | |
| 11. Erdreich | |
| 12. | |
| 13. | |

Ergänzende Hinweise:

Bauphysik:

- Diese Ausführung ermöglicht, im Gegensatz zur Variante mit Dämmung auf der Bodenplatte, einen vollkommen wärmebrückenfreien Anschluss der Außen- und tragenden Innenwände.
- Die Trittschalldämmung inkl. Randstreifen ist zur Verhinderung der Trittschallweiterleitung in das übrige Gebäude erforderlich.
- Die Dampfbremse zwischen gebundener Ausgleichsschüttung und Trittschalldämmung dient zum Schutz von Bodenbelägen aus Holz und weitgehend dampfdichten Bodenbelägen vor Feuchtigkeitsandrang zufolge der Trocknung der Bodenplatte. Diese Schicht ersetzt nicht die bei ungenügender Trocknung des Estrichs erforderlichen Maßnahmen!

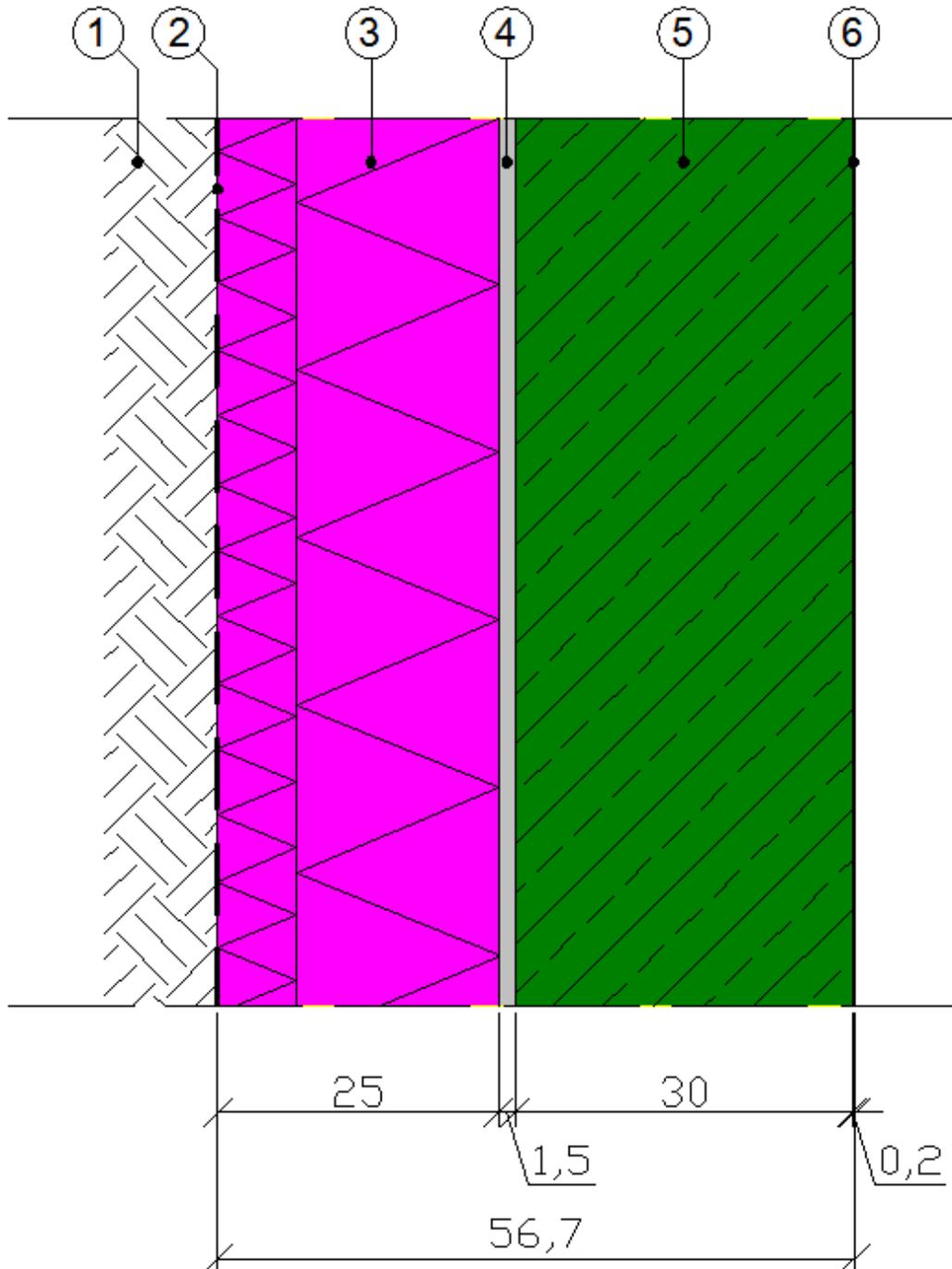
Baupraxis:

- Glasschaumgranulat ist je nach Belastung zu verdichten. Es übernimmt auch eine kapillARBrechende Funktion.
- Der Feuchtigkeitsgehalt des umgebenden Bodens sowie der Verdichtungsgrad haben großen Einfluss auf die Wärmeleitfähigkeit des Glasschaumgranulats. Seitens der Hersteller werden entsprechende Werte für verschiedene Einbausituationen angegeben (trocken, nass, ...).

8.2.2 Kellerwände

8.2.2.1 AW 01 Kelleraußenwand B1/B2 (warm zu Erdreich)

Darstellung:



Aufbau:

| AW 01 Kelleraußenwand B1/B2 (warm zu Erdreich) | |
|------------------------------------------------------------|------------|
| Schicht | Dicke [mm] |
| 1. Erdreich | |
| 2. Noppenbahn mit integriertem Filtervlies (Gleitschicht) | |
| 3. XPS-G | 250 |
| 4. Klebemörtel/Bitumenkleber | bis 15 |
| 5. STB-Wand B1/B2 ("WU-Beton"; lt. statischem Erfordernis) | 300 |
| 6. Spachtelung | 2 |
| 7. | |

Ergänzende Hinweise:

Bauphysik:

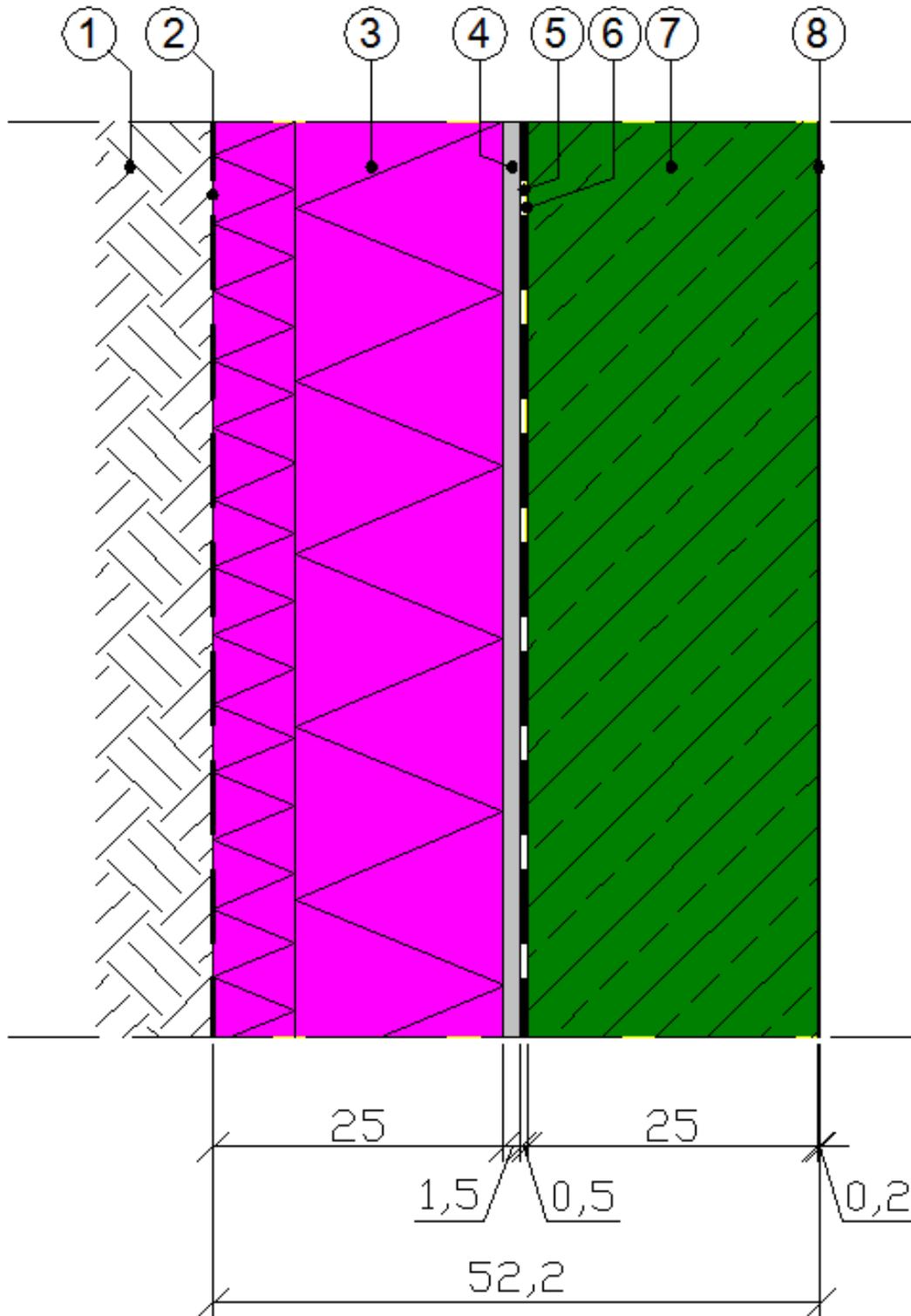
- Da der Aufbau mit Außendämmung ausgeführt wird, ist er aus bauphysikalischer Sicht als unproblematisch einzustufen.
- Die 2-lagige Verwendung von XPS-Platten ist prinzipiell möglich, wenn sichergestellt ist, dass sich zwischen den beiden Dämmschichten kein Wasserfilm bildet, der das Wasserdampfdiffusionsverhalten der einzelnen Dämmschichten behindert. Bei Dämmstoffdicken über 20cm aus XPS wird empfohlen vorgefertigte, werkseitig verbundene Produkte zu verwenden. Es sei darauf hingewiesen, dass gemäß derzeit noch gültiger ÖNORM B 6053 [ÖEN03, Punkt 3.3] (Produktnorm für extrudierte Polystyrolplatten) verklebte oder verschweißte Platten aus XPS als Lieferform ausgeschlossen werden. Bis zur Aktualisierung des österreichischen Normenwerks ist aber zumindest ein CE-Kennzeichen vom Hersteller vorzuweisen.
In der ab März 2009 gültigen ÖNORM EN 13164 [ÖEN09] ist bereits festgelegt, dass bei Verwendung mehrlagiger, werkseitig vollflächig verklebter XPS-Platten die innere Produktverklebung dauerhaft, spaltfrei, diffusionsoffen und beständig gegen Frost-Tauwechsel sein muss.

Baupraxis:

- Es ist durch eine geeignete Gleitschicht (z.B. Noppenbahn) sicherzustellen, dass die Dämmschicht nicht durch Setzungen und daraus entstehende Schubspannungen in der Klebefuge von der Wand abgelöst wird.
- Gemäß ÖNORM B 6353 [ÖEN04] ist bei drückendem Wasser darauf zu achten, dass ein Hinterfließen der Dämmung mit Wasser nicht möglich ist. Das bedeutet, die XPS-G-Platten sind vollflächig mit dem Untergrund zu verkleben. Weiters sind die entsprechenden Verlegeanleitungen der Hersteller zu berücksichtigen.
- Es wird empfohlen, die Deklaration für die Zulässigkeit der mehrlagigen Verlegung des Dämmstoffes im Perimeterbereich vom Hersteller einzuholen.

8.2.2.2 AW 02 Kelleraußenwand (warm zu Erdreich)

Darstellung:



Aufbau:

| AW 02 Kelleraußenwand (warm zu Erdreich) | |
|-----------------------------------------------------------------|------------|
| Schicht | Dicke [mm] |
| 1. Erdreich | |
| 2. Noppenbahn mit integriertem Filtervlies (Gleitschicht) | |
| 3. XPS-G | 250 |
| 4. Klebemörtel/Bitumenkleber | bis 15 |
| 5. F-Abdichtung 1 Lage E-KV-5 (beispielhaft für "Bodenfeuchte") | 5 |
| 6. Voranstrich | |
| 7. Beton-Wand (lt. statischem Erfordernis) | 250 |
| 8. Spachtelung | 2 |

Ergänzende Hinweise:

Bauphysik:

- Da der Aufbau mit Außendämmung ausgeführt wird, ist er aus bauphysikalischer Sicht als unproblematisch einzustufen.
- Die 2-lagige Verwendung von XPS-Platten ist prinzipiell möglich, wenn sichergestellt ist, dass sich zwischen den beiden Dämmschichten kein Wasserfilm bildet, der das Wasserdampfdiffusionsverhalten der einzelnen Dämmschichten behindert. Bei Dämmstoffdicken über 20cm aus XPS wird empfohlen vorgefertigte, werkseitig verbundene Produkte zu verwenden. Es sei darauf hingewiesen, dass gemäß derzeit noch gültiger ÖNORM B 6053 [OEN03, Punkt 3.3] (Produktnorm für extrudierte Polystyrolplatten) verklebte oder verschweißte Platten aus XPS als Lieferform ausgeschlossen werden. Bis zur Aktualisierung des österreichischen Normenwerks ist aber zumindest ein CE-Kennzeichen vom Hersteller vorzuweisen. In der ab März 2009 gültigen ÖNORM EN 13164 [OEN09] ist bereits festgelegt, dass bei Verwendung mehrlagiger, werkseitig vollflächig verklebter XPS-Platten die innere Produktverklebung dauerhaft, spaltfrei, diffusionsoffen und beständig gegen Frost-Tauwechsel sein muss.

Baupraxis:

- Die statischen Anforderungen hinsichtlich Erddruck bei tief ins Erdreich ragenden Kellerwänden sind im Einzelfall zu prüfen.
- Es ist durch eine geeignete Gleitschicht (z.B. Noppenbahn) sicherzustellen, dass die Dämmschicht nicht durch Setzungen und daraus entstehende Schubspannungen in der Klebefuge von der Wand abgelöst wird.
- Gemäß ÖNORM B 6353 [OEN04] ist bei drückendem Wasser darauf zu achten, dass ein Hinterfließen der Dämmung mit Wasser nicht möglich ist. Das bedeutet, die XPS-G-Platten sind vollflächig mit dem Untergrund zu verkleben. Weiters sind die entsprechenden Verlegeanleitungen der Hersteller zu berücksichtigen.
- Es wird empfohlen, die Deklaration für die Zulässigkeit der mehrlagigen Verlegung des Dämmstoffes im Perimeterbereich vom Hersteller einzuholen.
- Bei der Wahl der Feuchtigkeitsabdichtung ist die Art der Wassereinwirkung zu berücksichtigen. Im konkreten Fall wurde eine Abdichtung gegen „Bodenfeuchte“ angenommen (siehe [OEN02] bzw. [IBF08]).

Exkurs Feuchtigkeitsabdichtung bei verschiedenen Einsatzbeanspruchungen:
Mindestanforderungen / Empfehlung lt. [OEN02] bzw. [IBF08]:

- Abdichtung gegen **Bodenfeuchte** (Wand, Bodenplatte):
 - Mindestanforderung: 4mm (z.B. 1x E-KV-4)
 - Empfehlung: 5mm (z.B. 1x E-KV-5)

- Abdichtung gegen **nicht drückendes Wasser** (Wand, Bodenplatte):
 - Mindestanforderung: 9mm (z.B. 1x E-KV-4 + 1x E-KV-5)
 - Empfehlung: 10mm (z.B. 2x E-KV-5)

- Abdichtung gegen **drückendes Wasser bis 4m Eintauchtiefe** (Wand, Bodenplatte):
 - Mindestanforderung: 10mm (z.B. 2x E-KV-5)

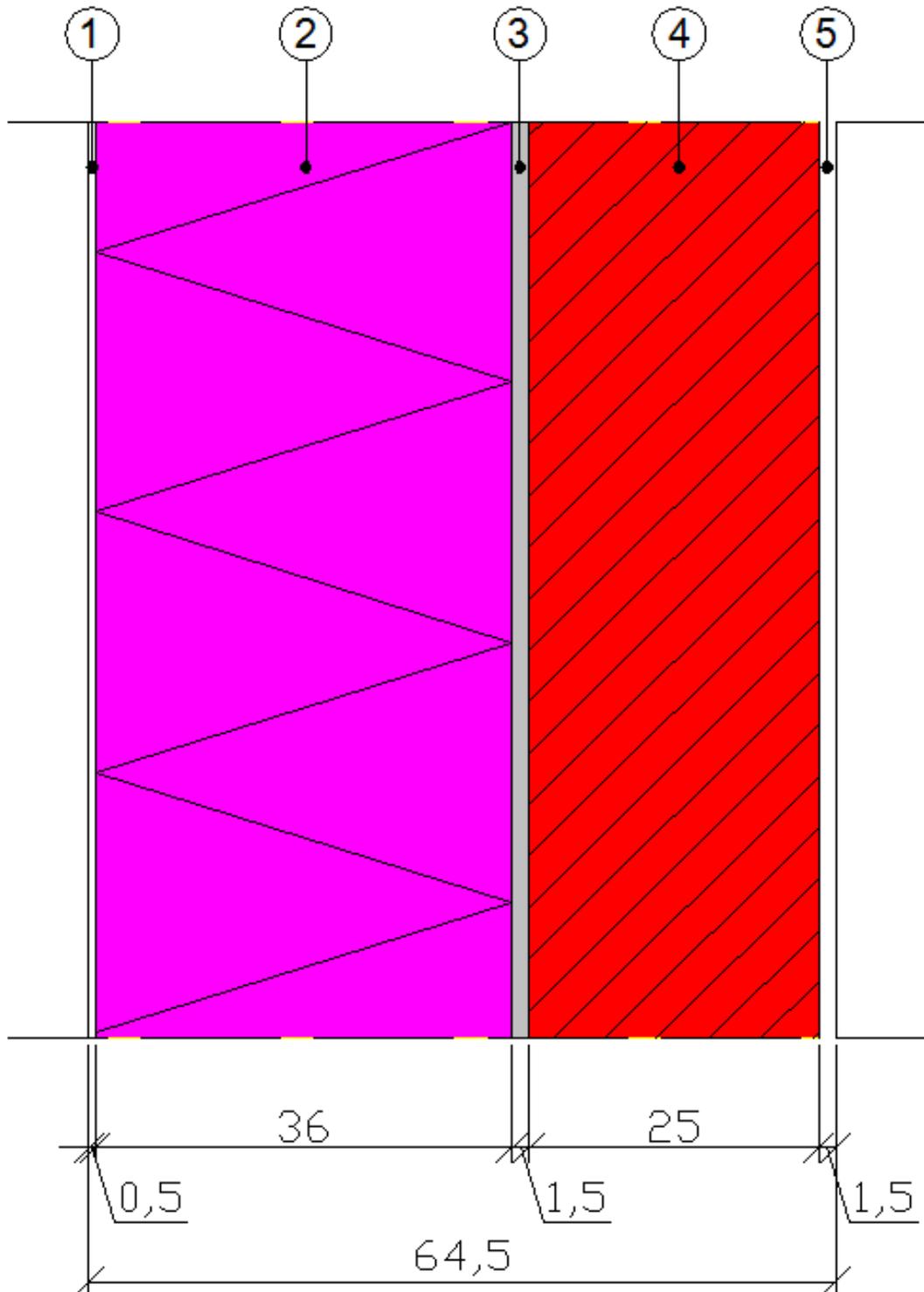
- Abdichtung gegen **drückendes Wasser ab 4m Eintauchtiefe** (Wand, Bodenplatte):
 - Mindestanforderung: 14mm (z.B. 3x E-KV-5)

Anm.: Die Mindestanforderung der gesamten Abdichtungsdicke wird in der Normung hinkünftig nur noch über die Summe der Dicken der mindest erforderlichen einzelnen Lagen definiert werden.

8.2.3 Außenwand

8.2.3.1 AW 03 Außenwand (warm zu Außenluft)

Darstellung:



Aufbau:

| AW 03 Außenwand (warm zu Außenluft) | |
|------------------------------------------------|------------|
| Schicht | Dicke [mm] |
| 1. Deckschicht | 5 |
| 2. EPS-F | 360 |
| 3. Klebemörtel | 15 |
| 4. Hochlochziegel (lt. statischem Erfordernis) | 250 |
| 5. Innenputz | 15 |
| 6. | |

Ergänzende Hinweise:

Bauphysik:

- Da der Innenputz im Mauerwerksbau die luftdichte Ebene darstellt, ist besonders auf die sorgfältige Ausführung zu achten. Außerdem ist der Putz bis zur Rohdecke herzustellen.

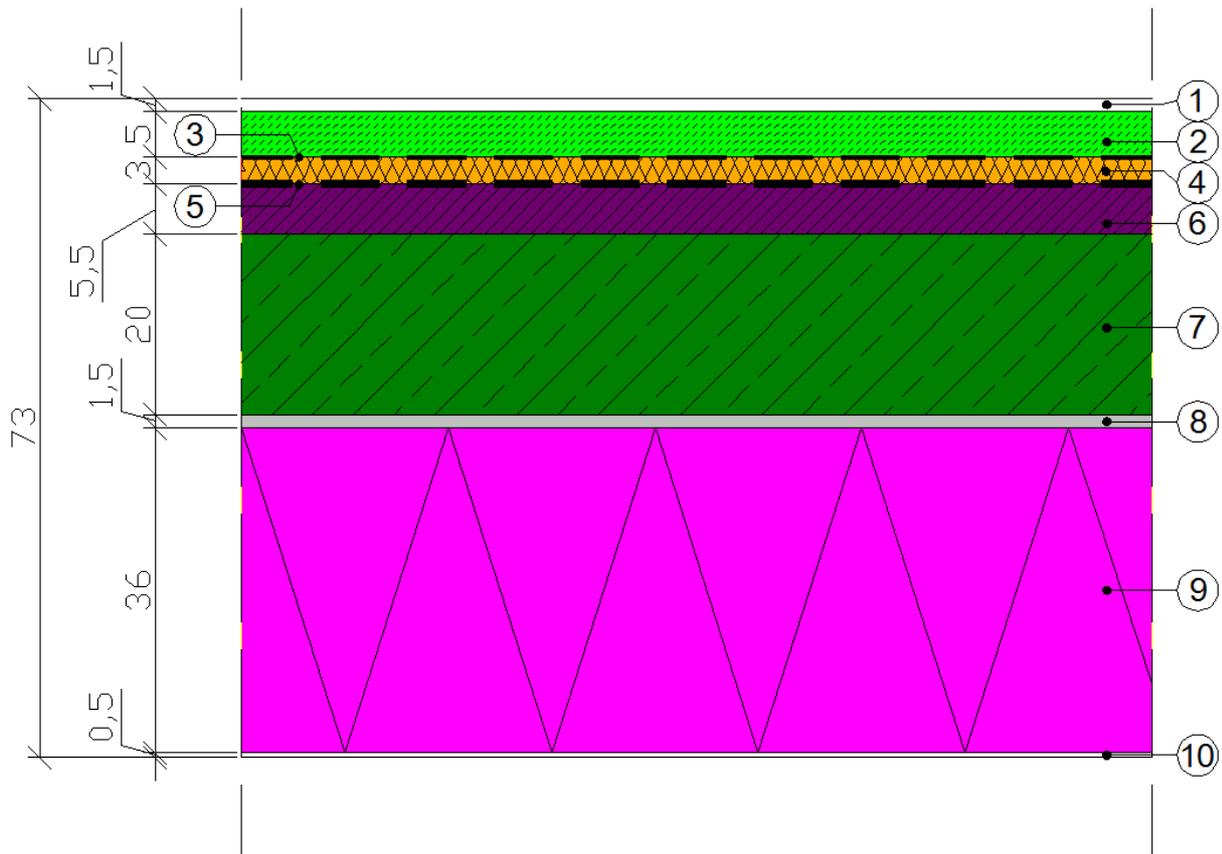
Baupraxis:

- Die Wahl des Dämmstoffs hat unter Berücksichtigung etwaiger Brandschutzvorschrift und der Nutzungen im Nahebereich der Dämmung zu erfolgen.
- Hinsichtlich Dübelung ist die ÖNORM B 6410 [OEN04a] zu berücksichtigen.
- Der Außenputz (Deckschicht des WDVS) ist je nach Dämmstoff und System gemäß ÖNORM B 6405 [OEN07b] auszuführen.

8.2.4 Decke über Außenluft

8.2.4.1 AD 01 Deckenuntersicht (warm zu Außenluft)

Darstellung:



Aufbau:

| AD 01 Deckenuntersicht (warm zu Außenluft) | |
|------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| Schicht | Dicke [mm] |
| 1. Fußbodenbelag | 15 |
| 2. Zementestrich E 225 | 50 |
| 3. PE-Folie | |
| 4. Trittschalldämmung EPS-T 33/30 | 30 |
| 5. Dampfbremse, $s_d \geq 120m$, Stöße verklebt oder verschweißt (z.B. PE-Folie 0,25mm) | |
| 6. gebundene Ausgleichsschüttung (Ausgleichs- und Installationsebene) | 55 |
| 7. STB-Decke (lt. statischem Erfordernis) | 200 |
| 8. Klebemörtel | 15 |
| 9. EPS-F | 360 |
| 10. Deckschicht | 5 |
| 11. | |

Ergänzende Hinweise:

Bauphysik:

- Die Ausführung mit Dämmung an der Außenseite ermöglicht einen wärmebrückenfreien Anschluss zur Außenwand.
- Die Dampfbremse zwischen gebundener Ausgleichsschüttung und Trittschalldämmung dient zum Schutz von Bodenbelägen aus Holz und weitgehend dampfdichten Bodenbelägen vor Feuchtigkeitsandrang zufolge der Trocknung der Decke. Diese Schicht ersetzt nicht die bei ungenügender Trocknung des Estrichs erforderlichen Maßnahmen!
- Wird Mineralwolle als Dämmstoff gewählt, ist die Dampfdiffusion, insbesondere unter der Berücksichtigung des Feuchteintrags aus der Rohdeckentrocknung, gesondert zu bewerten. Da Mineralwolle nicht als Feuchtepuffer wirkt und das anfallende Kondensat unter Umständen nicht rasch genug abdiffundieren kann, können feuchte Flecken an der Untersicht auftreten. Um derartige Schadensbilder zu vermeiden, ist besonderes Augenmerk auf die Diffusionsoffenheit des Außenputzsystems zu legen.

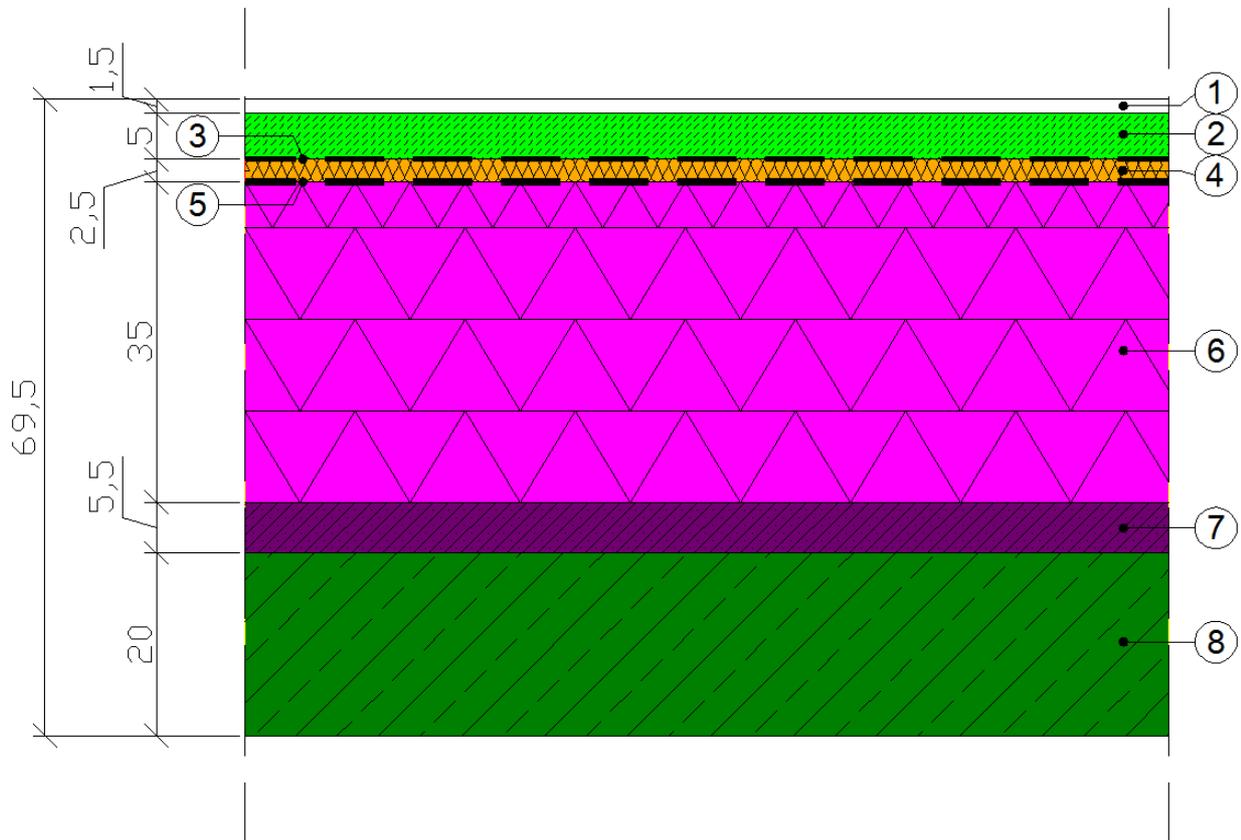
Baupraxis:

- Die Wahl des Dämmstoffs hat unter Berücksichtigung etwaiger Brandschutzvorschrift und der Nutzungen im Nahebereich der Dämmung zu erfolgen.
- Hinsichtlich Dübelung ist die ÖNORM B 6410 [OEN04a] zu berücksichtigen.
- Der Außenputz (Deckschicht des WDVS) ist je nach Dämmstoff und System gemäß ÖNORM B 6405 [OEN07b] auszuführen.

8.2.5 Kellerdecke

8.2.5.1 KD 01 Kellerdecke oberseitig gedämmt (warm zu kalt)

Darstellung:



Aufbau:

| KD 01 Kellerdecke oberseitig gedämmt (warm zu kalt) | |
|-------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| Schicht | Dicke [mm] |
| 1. Fußbodenbelag | 15 |
| 2. Zementestrich E 225 | 50 |
| 3. PE-Folie | |
| 4. Trittschalldämmung EPS-T 28/25 | 25 |
| 5. Dampfsperre, $sd \geq 200m$, Stöße verklebt oder verschweißt (z.B. 2xPE-Folie 0,20mm) | |
| 6. EPS-W20 (Installationsebene für wärmeführende Leitungen) | 350 |
| 7. gebundene Ausgleichsschüttung (Ausgleichs- und Installationsebene) | 55 |
| 8. STB-Decke (lt. statischem Erfordernis) | 200 |
| 9. | |
| 10. | |

Ergänzende Hinweise:

Bauphysik:

- Der vollkommen wärmebrückenfreie Anschluss der Außen- und tragenden Innenwände ist bei beiden Varianten – Dämmung auf und unter der Kellerdecke – nicht möglich.
- Da der Aufbau einer Innendämmung entspricht, ist eine Dampfsperre oberhalb der Dämmschicht erforderlich. Diese Schicht ist mit besonderer Sorgfalt herzustellen, da Fehlstellen in der Dampfsperre zu einer hohen Feuchteanreicherung im Aufbau führen können. Neben dem Schutz vor Kondensat im Bauteilinneren dient die Dampfsperrschicht dem Schutz von Bodenbelägen aus Holz und weitgehend dampfdichten Bodenbelägen vor Feuchtigkeitsandrang zufolge der Trocknung der Decke. Diese Schicht ersetzt nicht die bei ungenügender Trocknung des Estrichs erforderlichen Maßnahmen!
- Nichttragende Innenwände, die bis auf die Rohdecke geführt werden, sind möglichst wärmebrückenfrei herzustellen, um Schäden zufolge Dampfdiffusion zu vermeiden.

Baupraxis:

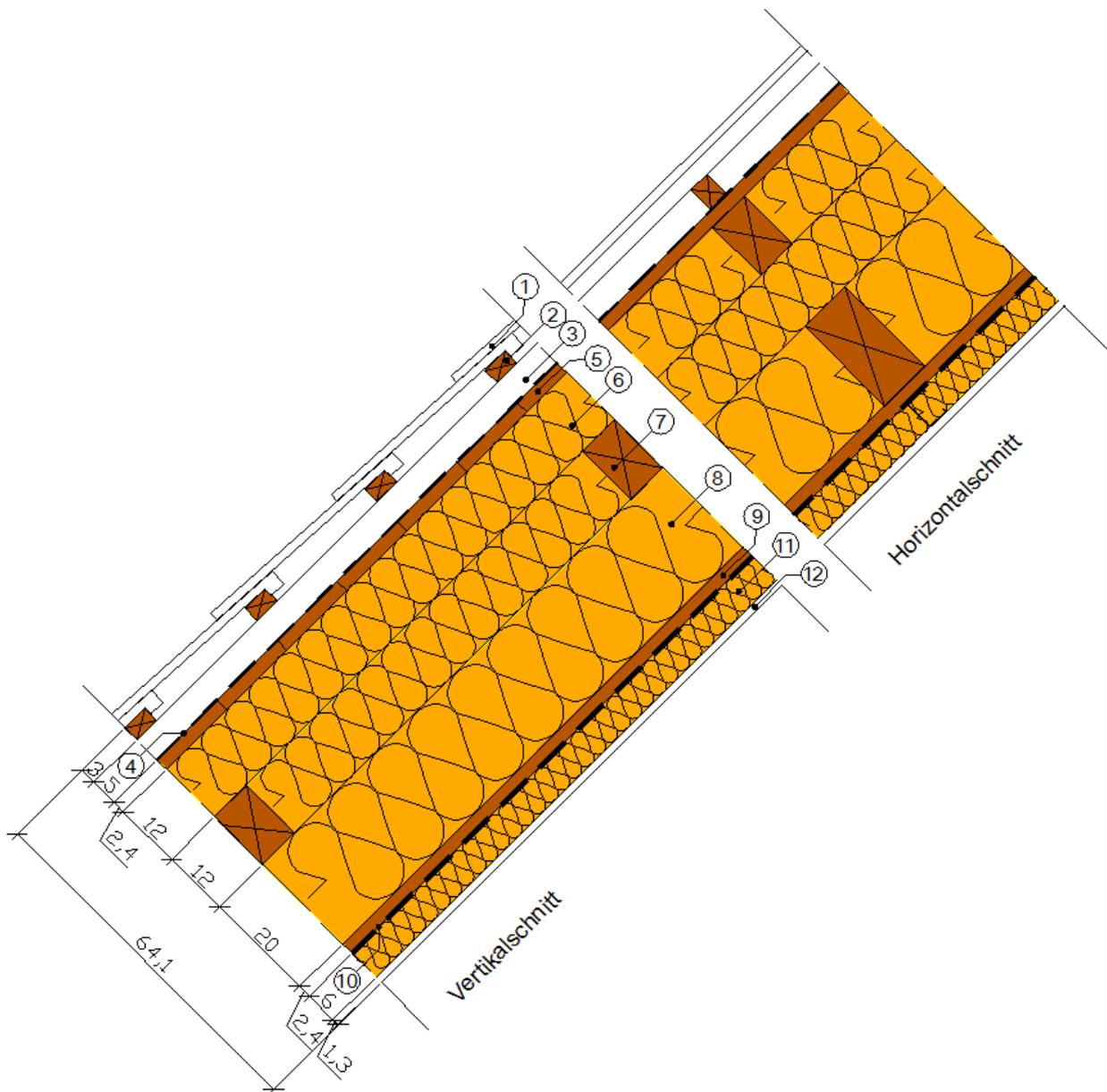
- Gemäß Protokollband Nr. 27 des PHI [FEI04a, S.145ff.] hat die hohe Dämmschicht im Fußbodenaufbau keine Auswirkung auf die erforderliche Dicke bzw. die Notwendigkeit einer Bewehrung des Estrichs. Das kann indirekt auch aus der DIN 18560-2 [DIN04, S.12] entnommen werden, in der definiert ist, dass die Zusammendrückbarkeit von geeigneten, druckbelastbaren Wärmedämmstoffen mit dem Wert 0 anzusetzen ist. Unter dieser Voraussetzung kann die Estrichdimensionierung gemäß ÖNORM B 2232 [OEN07e, S.26] erfolgen, da somit nur die Zusammendrückbarkeit der Trittschalldämmung und der Ausgleichsschicht berücksichtigt wird.
- Die Dampfsperre könnte auch zwischen Trittschalldämmung und Estrich liegen, da hier ohnehin eine Trennlage notwendig ist. Hiervon ist jedoch abzuraten, da in diesem Fall die Dampfsperre durch die Estrichlegearbeiten beschädigt werden könnte.
- Die Verlegung der Dämmung auf der Kellerdecke ist deutlich kostengünstiger als jene unter der Kellerdecke.
- Alternativ zur Dämmung auf der Kellerdecke kann die Dämmung auch unter der Kellerdecke angeordnet werden. Hierbei ist jedoch zu bedenken, dass die Ableitung der Kräfte zufolge des Erddrucks durch die Anforderung der möglichst wärmebrückenfreien

Ausführung und der damit verbundenen Notwendigkeit einer thermischen Trennung im Knoten „Außenwand/Kellerdecke“ nur erschwert möglich ist. Da die Wärmebrückenminimierung beispielsweise durch eine oder mehrere Lagen hochwärmedämmender Ziegel erfolgen müsste, kann die erdberührende STB-Wand den Erddruck nicht, wie ansonsten üblich, an die Kellerdecke und die Bodenplatte weiterleiten. Sind auch nicht ausreichend aussteifende Wände im KG vorhanden, kann diese Ausführung aus statischer Sicht nicht empfohlen werden. Eine derartige Ausführung ist im Einzelfall statisch zu bewerten.

8.2.6 Steildächer

8.2.6.1 DA 01 Holzsparren-Steildach (warm zu Außenluft)

Darstellung:



Aufbau:

| DA 01 Holzsparren-Steildach (warm zu Außenluft) | |
|----------------------------------------------------------------------------------|------------|
| Schicht | Dicke [mm] |
| 1. Dachdeckung | |
| 2. Lattung | 30 |
| 3. Hinterlüftung zw. Konterlattung (Höhe beispielhaft) | 50 |
| 4. diffusionsoffene Unterdachbahn, Stöße winddicht verklebt | |
| 5. Vollschalung | 24 |
| 6. MW-WL bzw. MW-W zw. Kanthölzern, längs zu Sparren verlegt (beispielhaft 8/12) | 120 |
| 7. MW-WL bzw. MW-W zw. Kanthölzern, quer zu Sparren verlegt (beispielhaft 8/12) | 120 |
| 8. MW-WL bzw. MW-W zw. Sparren (beispielhaft 20/10) | 200 |
| 9. Sparschalung | 24 |
| 10. Dampfbremse, Stöße verklebt | |
| 11. MW-WL bzw. MW-W zw. Lattung (Installationsebene) | 60 |
| 12. 1 Lage GKF-Platten | 13 |
| 13. | |

Ergänzende Hinweise:

Bauphysik:

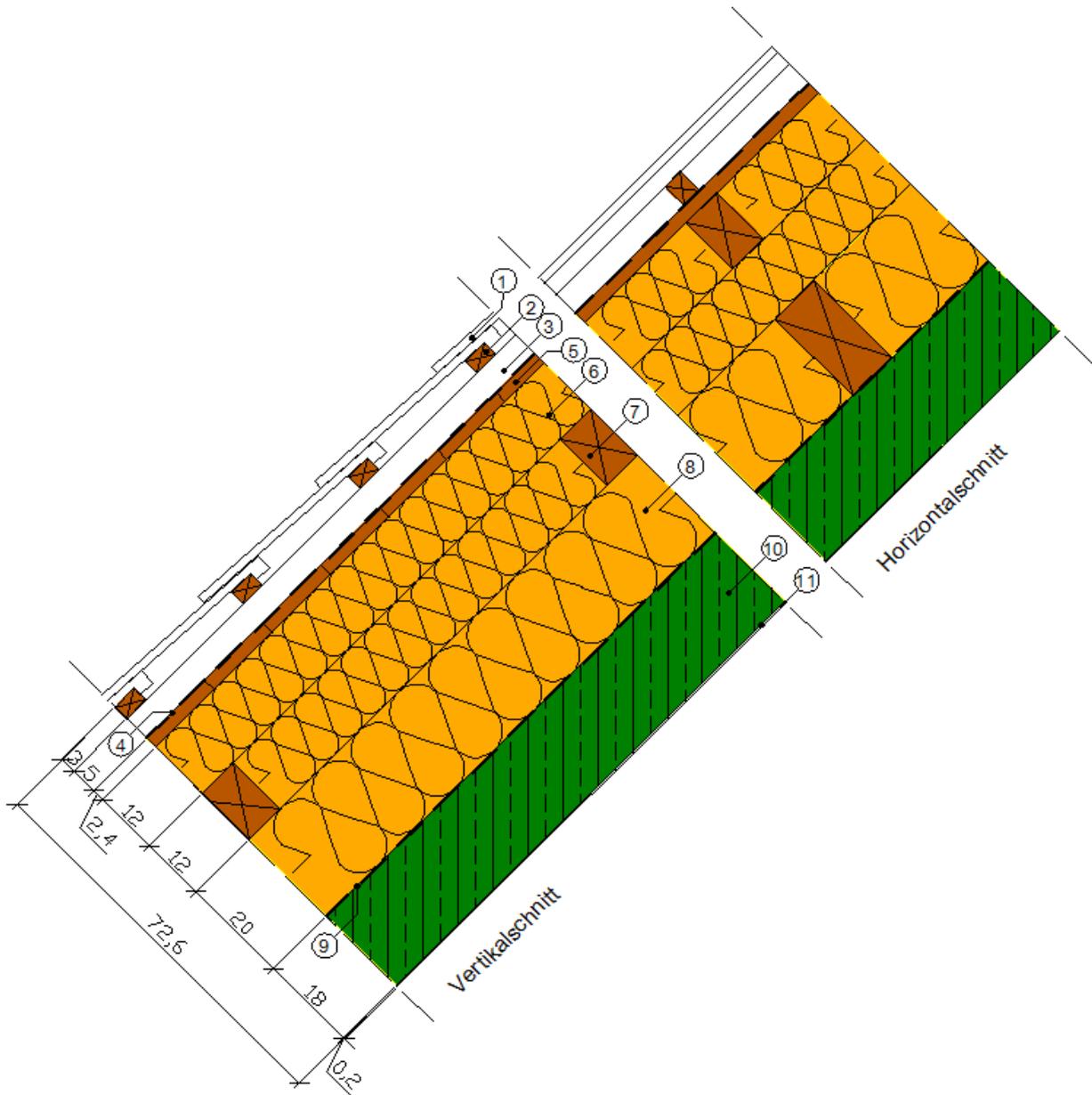
- Die Hinterlüftungshöhe ist hier nur beispielhaft angegeben. Bei Blecheindeckungen können deutlich größere Hinterlüftungshöhen erforderlich werden. Sie hängen stark von dem Diffusionswiderstand der Bauteile und vom Abstand zur nächsten Lüftungsöffnung ab. In der derzeit in Ausarbeitung befindlichen ÖNORM B 4119 „Planung und Ausführung von Unterdächern und Unterspannungen“ ist geplant, die Mindestwerte für Hinterlüftungen anzugeben.
- Es ist darauf zu achten, dass für das Unterdach diffusionsoffene Materialien verwendet werden, andernfalls ist die Konstruktion entsprechend zu adaptieren. Werden als Unterdach OSB-Platten verwendet, ist die Dampfbremse entsprechend dampfdichter auszuführen.
- Da die Dampfbremse gleichzeitig als luftdichte Ebene dient, sind die Stoßstellen sorgfältig zu verkleben. Werden OSB-Platten als Dampfbremse und luftdichte Ebene verwendet, sind auch deren Stoßstellen sorgfältig zu verkleben.
- Bei der Ausbildung der luftdichten Ebene ist besonderes Augenmerk auf die Luftdichtheit der Anschlüsse bei Durchdringungen und Materialwechseln zu legen.

Baupraxis:

- Die fachgerechte Ausführung der Windsperre und der sorgfältige Anschluss an die winddichte Ebene der Außenwand sind von besonderer Bedeutung. Wird die Dämmung hinterströmt, kann es zu sehr erheblichen Einbußen der Wärmeleitfähigkeit kommen, was einen deutlich erhöhten Energiebedarf zur Folge hätte. Dadurch kann sogar die Funktionstüchtigkeit des Passivhauses gefährdet werden.
- Die zweifache, kreuzweise Aufdopplung dient der Wärmebrückenminimierung, der statischen Stabilität (zusätzliche Aussteifung) und der Baupraxis, da somit die Schalung auf konventionelle Art horizontal aufgebracht werden kann.

8.2.6.2 DA 02 Stahlbeton-Steildach (warm zu Außenluft)

Darstellung:



Aufbau:

| DA 02 Stahlbeton-Steildach (warm zu Außenluft) | |
|----------------------------------------------------------------------------------|------------|
| Schicht | Dicke [mm] |
| 1. Dachdeckung | |
| 2. Lattung | 30 |
| 3. Hinterlüftung zw. Konterlattung (Höhe beispielhaft) | 50 |
| 4. diffusionsoffene Unterdachbahn, Stöße winddicht verklebt | |
| 5. Vollschalung | 24 |
| 6. MW-WL bzw. MW-W zw. Kanthölzern, längs zu Sparren verlegt (beispielhaft 8/12) | 120 |
| 7. MW-WL bzw. MW-W zw. Kanthölzern, quer zu Sparren verlegt (beispielhaft 8/12) | 120 |
| 8. MW-WL bzw. MW-W zw. Sparren (beispielhaft 20/10) | 200 |
| 9. PE-Folie | |
| 10. STB-Platte (Sargdeckel; lt. statischem Erfordernis) | 180 |
| 11. Spachtelung | 2 |

Ergänzende Hinweise:

Bauphysik:

- Die Hinterlüftungshöhe ist hier nur beispielhaft angegeben. Bei Blecheindeckungen können deutlich größere Hinterlüftungshöhen erforderlich werden. Sie hängen stark von dem Diffusionswiderstand der Bauteile und vom Abstand zur nächsten Lüftungsöffnung ab. Gegebenenfalls ist die Folie auf der STB-Decke als Dampfbremse auszubilden. In der derzeit in Ausarbeitung befindlichen ÖNORM B 4119 „Planung und Ausführung von Unterdächern und Unterspannungen“ ist geplant, die Mindestwerte für Hinterlüftungen anzugeben.
- Es ist darauf zu achten, dass für das Unterdach diffusionsoffene Materialien verwendet werden, andernfalls ist die Konstruktion entsprechend zu adaptieren. Werden als Unterdach OSB-Platten verwendet, ist die Dampfbremse entsprechend dampfdichter auszuführen.
- Die Folie auf der STB-Decke dient nur zum Schutz der Sparren vor übermäßiger Feuchte zufolge der Betontrocknung. Sie ist als Dampfbremse nicht erforderlich, da der STB bereits den entsprechenden sd-Wert aufweist.

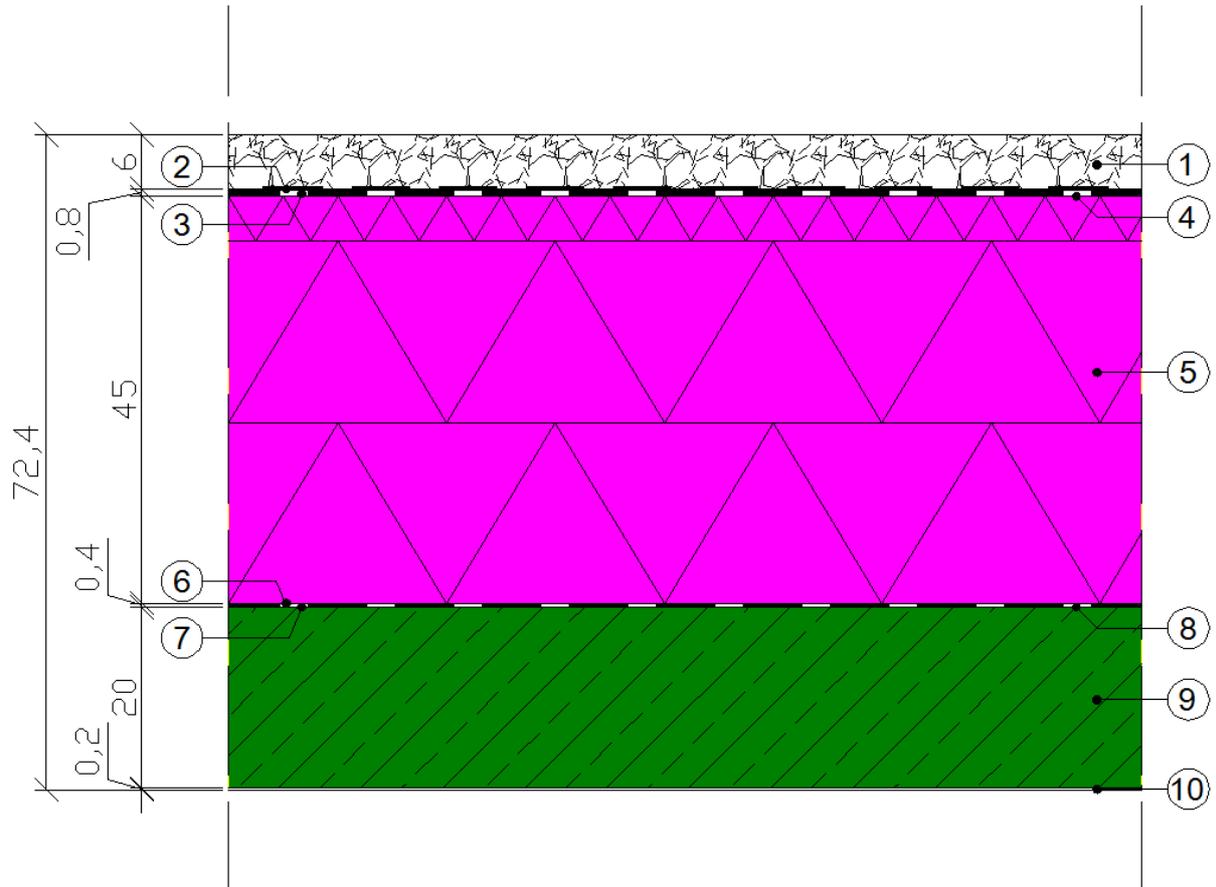
Baupraxis:

- Die fachgerechte Ausführung der Windsperrung und der sorgfältige Anschluss an die winddichte Ebene der Außenwand sind von besonderer Bedeutung. Wird die Dämmung hinterströmt, kann es zu sehr erheblichen Einbußen der Wärmeleitfähigkeit kommen, was einen deutlich erhöhten Energiebedarf zur Folge hätte. Dadurch kann sogar die Funktionstüchtigkeit des Passivhauses gefährdet werden.
- Die Anordnung der Wärmedämmung in drei Lagen dient der Wärmebrückenminimierung und der Baupraxis, da somit die Schalung auf konventionelle Art horizontal aufgebracht werden kann und die unterste Sparrenlage in Falllinie liegt, wodurch Niederschlagswasser während der Bauphase ungehindert abfließen kann.

8.2.7 Flachdächer

8.2.7.1 DA 03 Flachdach als Warmdach (warm zu Außenluft)

Darstellung:



Aufbau:

| DA 03 Flachdach als Warmdach (warm zu Außenluft) | |
|--------------------------------------------------------------------------------|------------|
| Schicht | Dicke [mm] |
| 1. Kies 16/32 (Dicke beispielhaft) | 60 |
| 2. Schutzvlies | |
| 3. F-Abdichtung 2 Lagen E-KV-4 (beispielhaft für Warmdach) | 8 |
| 4. Dampfdruckausgleichsschicht | |
| 5. EPS-W 25 Gefälledämmung | 450 |
| Dampfsperre, $sd \geq 1.500m$, Stöße verklebt oder verschweißt (z.B. Al-GV 45 | 4 |
| 6. = Bitu-Alu-Bahn) | |
| 7. Ausgleichsschicht | |
| 8. Voranstrich | |
| 9. STB-Decke (lt. statischem Erfordernis) | 200 |
| 10. Spachtelung | 2 |
| 11. | |

Ergänzende Hinweise:

Bauphysik:

- Da beim Warmdach Feuchtigkeit, die durch Fehlstellen in der Dampfsperrebene in die Konstruktion eindringt, nicht nach außen abtrocknen kann, ist die Dampfsperre mit besonderer Sorgfalt herzustellen. Hierbei ist besonderes Augenmerk auf die Stoßstellen und Anschlüsse zu legen.

Baupraxis:

- Die Dampfdruckausgleichsschicht hat den Zweck hohe örtliche Dampfdrücke unter der Abdichtung abzubauen. Dieser Dampfdruckanstieg wird durch Erwärmung der eingeschlossenen Feuchtigkeit verursacht. Ohne eine derartige Ebene kann es zu einer schädlichen Blasenbildung in der Dachabdichtung kommen, außerdem wird dadurch die gewisse Beweglichkeit der Dachhaut ermöglicht. Diese Ausgleichsschicht kann beispielsweise durch eine zusammenhängende Luftschicht mit sehr geringer Dicke unter der Abdichtung erreicht werden. Das wird beispielsweise durch lediglich punkt- oder streifenförmiges Aufkleben der ersten Lage der Dachabdichtung oder loses Verlegen bei gleichzeitiger Verhinderung der selbstständigen Verklebung (z.B. durch grobe Bekiesung auf der Unterseite der Bahn) erreicht.
- Bei der Auswahl des Dämmstoffes ist auf die Druckfestigkeit zu achten. Praxiserfahrungen haben gezeigt, dass zumindest EPS-W 25 verwendet werden sollte. EPS-W 20 ist nicht ausreichend formstabil, was zu einer erhöhten Gefahr der Beschädigung der Abdichtungsebene während der Bauphase, aber auch bei Revisionsarbeiten führt.
- Das Gefälle kann mittels Gefällebeton, Gefälleausbildung der STB-Decke oder Gefälledämmung ausgeführt werden. Kommt Gefälledämmung zur Anwendung, ist zu beachten, dass gemäß ÖNORM B 7220 [OEN02b] der Mindest-Wärmedurchgangswiderstand der Gefälle-Wärmedämmplatten an der dünnsten Stelle der Wärmedämmschicht höchstens um 15 % unterschritten werden darf.
- Zwischen Rohdecke und Dampfsperre kann die Anordnung einer Ausgleichsschicht sinnvoll sein. Diese Schicht nimmt geringfügige Bewegungen des Untergrundes (Rohdecke) auf, überbrückt kleinere Schwind- und Spannungsrisse und bietet Schutz gegen Rauigkeit und chemische Einwirkungen aus der Unterlage, wodurch Beschädigungen der Dampfsperre verhindert werden können. Eine derartige Schicht kann

beispielsweise durch loses Verlegen, punkt- oder streifenweises Verkleben der Dampfsperre, aber auch durch eine Lochglasvlies-Bitumenbahn oder durch eine Trennlage (z.B. PE-Folie, Natronkraftpapier) geschaffen werden.

▪ Exkurs Feuchtigkeitsabdichtung bei Warmdächern:

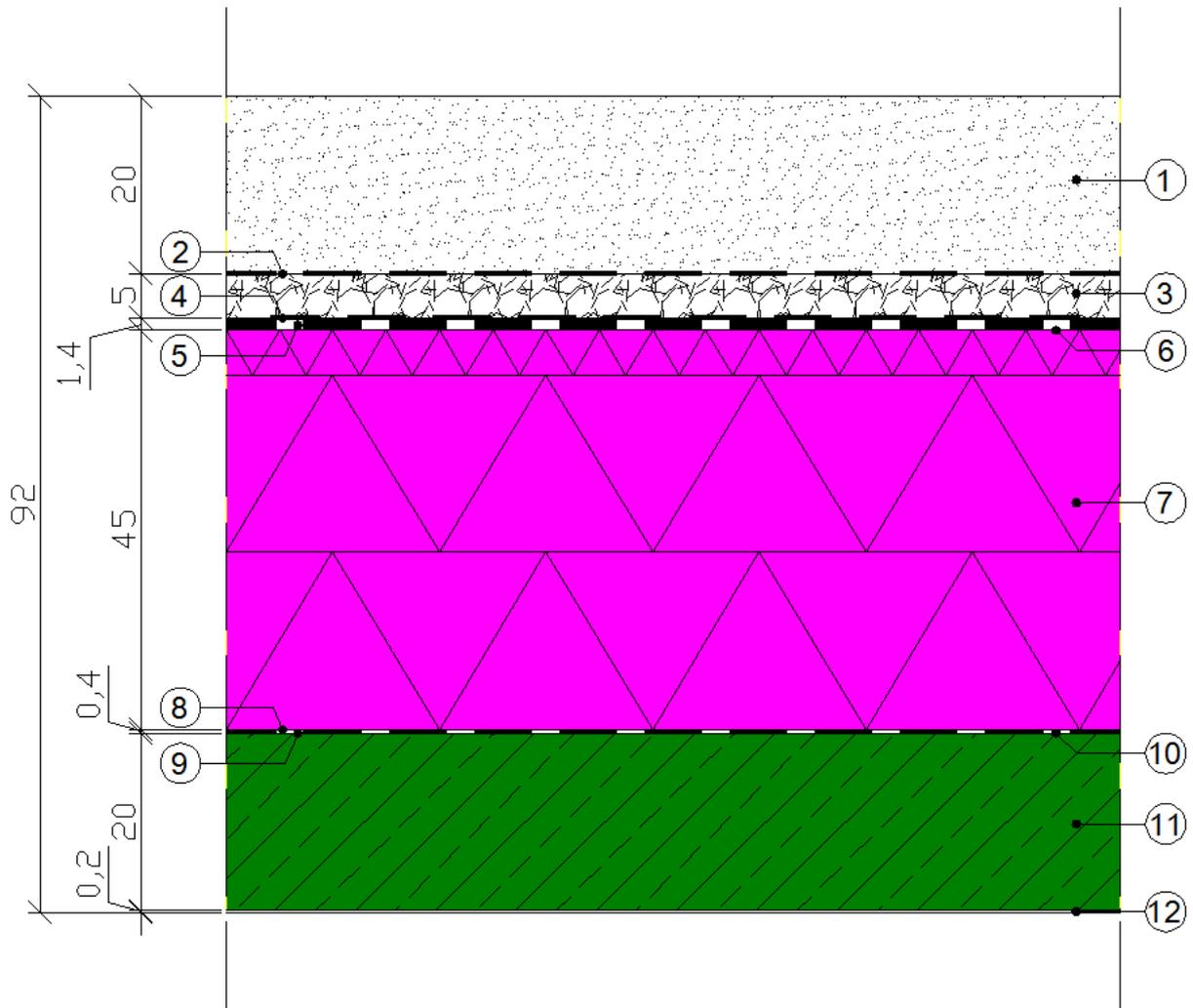
Mindestanforderungen lt. [OEN96]:

- Abdichtung bei Neigungen zwischen 1° bis 5° (rd. 1,8% bis rd. 8,8%):
Mindestens 2 Lagen; obere Lage aus Polymerbitumen-Dach- und Abdichtungsbahnen mit Kunststoffvlieseinlage; in Summe mind. 7mm (z.B. 2x E-KV-4)

Anm.: Die Mindestanforderung der gesamten Abdichtungsdicke wird in der Normung hinkünftig nur noch über die Summe der Dicken der mindest erforderlichen einzelnen Lagen definiert werden.

8.2.7.2 DA 04 Flachdach als Gründach (warm zu Außenluft)

Darstellung:



Aufbau:

| DA 04 Flachdach als Gründach (warm zu Außenluft) | |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| Schicht | Dicke [mm] |
| 1. Vegetationsschicht (Dicke beispielhaft) | 200 |
| 2. PP-Filtervlies | |
| 3. Dränschicht | 50 |
| 4. Schutz- und Trennschicht | |
| 5. F-Abdichtung 2 Lagen E-KV-5 durchwurzelungsfest gemäß FLL- bzw. LDA-Vefahren + 1 Lage E-KV-4 (beispielhaft für intensiv begrüntes Dach) | 14 |
| 6. Dampfdruckausgleichsschicht | |
| 7. EPS-W 30 Gefälledämmung | 450 |
| 8. Dampfsperre, $sd \geq 1.500m$, Stöße verklebt oder verschweißt (z.B. Al-GV 45 = Bitu-Alu-Bahn) | 4 |
| 9. Ausgleichsschicht | |
| 10. Voranstrich | |
| 11. STB-Decke (lt. statischem Erfordernis) | 200 |
| 12. Spachtelung | 2 |
| 13. | |
| 14. | |

Ergänzende Hinweise:

Bauphysik:

- Da beim Warmdach Feuchtigkeit, die durch Fehlstellen in der Dampfsperrebene in die Konstruktion eindringt, nicht nach außen abtrocknen kann, ist die Dampfsperre mit besonderer Sorgfalt herzustellen. Hierbei ist besonderes Augenmerk auf die Stoßstellen und Anschlüsse zu legen.

Baupraxis:

- Bei der Ausbildung von begrüntem Dächern sollten die Empfehlungen des Verbandes für Bauwerksbegrünung beachtet werden [GRUE09].
- Die Höhe der Vegetationsschicht ist auf den vorgesehenen Bewuchs abzustimmen.
- Die Dampfdruckausgleichsschicht hat den Zweck hohe örtliche Dampfdrücke unter der Abdichtung abzubauen. Dieser Dampfdruckanstieg wird durch Erwärmung der eingeschlossenen Feuchtigkeit verursacht. Ohne eine derartige Ebene kann es zu einer schädlichen Blasenbildung in der Dachabdichtung kommen, außerdem wird dadurch die gewisse Beweglichkeit der Dachhaut ermöglicht. Diese Ausgleichsschicht kann beispielsweise durch eine zusammenhängende Luftschicht mit sehr geringer Dicke unter der Abdichtung erreicht werden. Das wird beispielsweise durch lediglich punkt- oder streifenförmiges Aufkleben der ersten Lage der Dachabdichtung oder loses Verlegen bei gleichzeitiger Verhinderung der selbstständigen Verklebung (z.B. durch grobe Bekiesung auf der Unterseite der Bahn) erreicht.
- Bei der Auswahl des Dämmstoffes ist auf die Druckfestigkeit zu achten. Bei begrüntem Dächern kann je nach Höhe der Substratschicht beispielsweise EPS-W 25-30 zur Anwendung kommen.
- Das Gefälle kann mittels Gefällebeton, Gefälleausbildung der STB-Decke oder Gefälledämmung ausgeführt werden. Kommt Gefälledämmung zur Anwendung, ist zu beachten, dass gemäß ÖNORM B 7220 [OEN02b] der Mindest-Wärmedurchgangs-

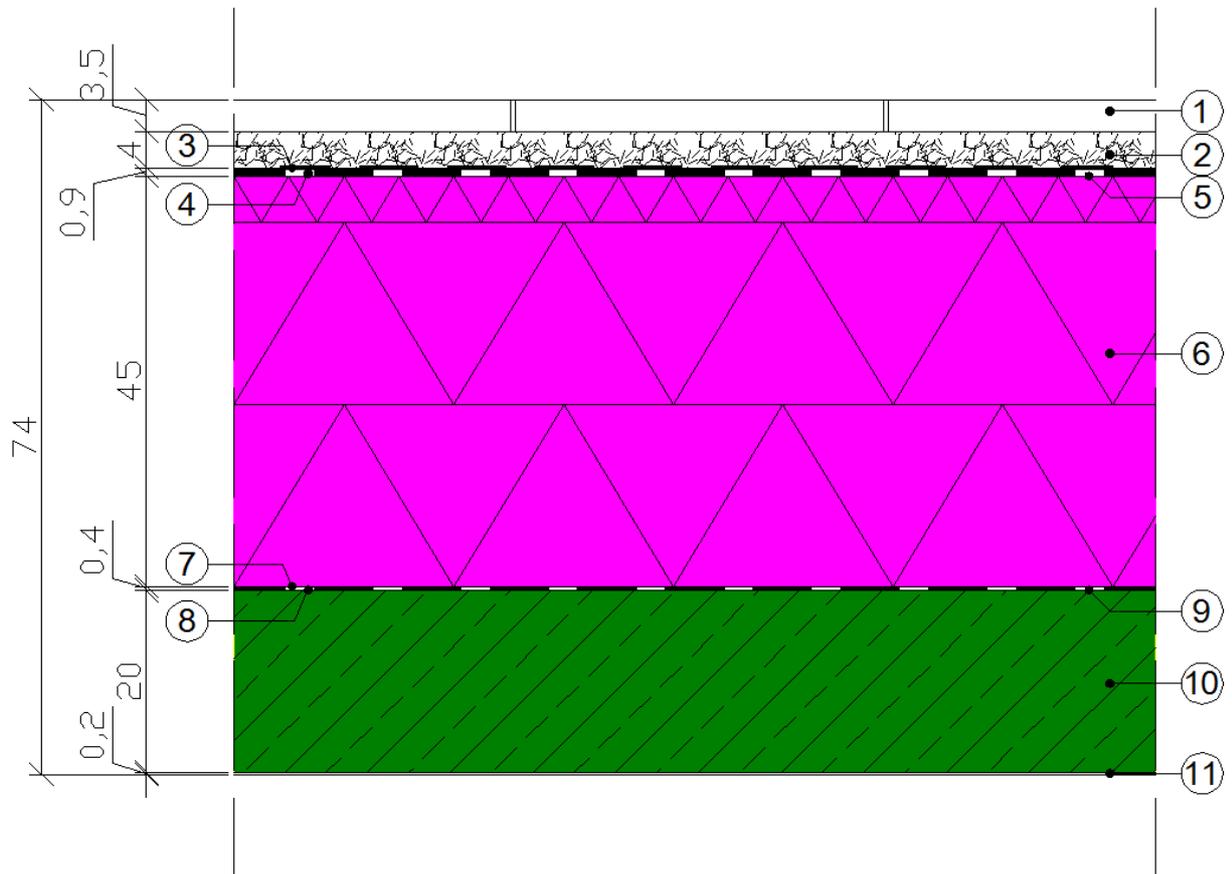
widerstand der Gefälle-Wärmedämmplatten an der dünnsten Stelle der Wärmedämmschicht höchstens um 15 % unterschritten werden darf.

- Zwischen Rohdecke und Dampfsperre kann die Anordnung einer Ausgleichsschicht sinnvoll sein. Diese Schicht nimmt geringfügige Bewegungen des Untergrundes (Rohdecke) auf, überbrückt kleinere Schwind- und Spannungsrisse und bietet Schutz gegen Rauigkeit und chemische Einwirkungen aus der Unterlage, wodurch Beschädigungen der Dampfsperre verhindert werden können. Eine derartige Schicht kann beispielsweise durch loses Verlegen, punkt- oder streifenweises Verkleben der Dampfsperre, aber auch durch eine Lochglasvlies-Bitumenbahn oder durch eine Trennlage (z.B. PE-Folie, Natronkraftpapier) geschaffen werden.
- Exkurs Feuchtigkeitsabdichtung bei Gründächern:
Mindestanforderungen lt. [OEN02a]:
 - Extensive Nutzung:
 - Mindestanforderung: Mindestens 2 Lagen; beide Lagen beispielsweise aus Polymerbitumen-Dach- und Abdichtungsbahnen mit Kunststoffvlieseinlage durchwurzelungsfest gemäß FLL- bzw. LDA-Verfahren; in Summe mind. 9mm
(z.B. 2x E-KV-5 durchwurzelungsfest)
 - Intensive Nutzung:
 - Mindestanforderung: Mindestens 3 Lagen; 2 oberen Lagen beispielsweise aus Polymerbitumen-Dach- und Abdichtungsbahnen mit Kunststoffvlieseinlage durchwurzelungsfest gemäß FLL- bzw. LDA-Verfahren; in Summe mind. 12mm
(z.B. 2x E-KV-5 durchwurzelungsfest + 1x E-KV-4)

Anm.: Die Mindestanforderung der gesamten Abdichtungsdicke wird in der Normung hinkünftig nur noch über die Summe der Dicken der mindest erforderlichen einzelnen Lagen definiert werden.

8.2.7.3 DA 05 Terrassendach als Warmdach (warm zu Außenluft)

Darstellung:



Aufbau:

| DA 05 Terrassendach als Warmdach (warm zu Außenluft) | |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| Schicht | Dicke [mm] |
| 1. Beton- oder Steinplatten | 35 |
| 2. Kiesbett 4/8 (oder Splitt) | 40 |
| 3. Schutzvlies | |
| 4. F-Abdichtung 1 Lage E-KV-4 + 1 Lage E-KV-5 (beispielhaft für Terrassendach) | 9 |
| 5. Dampfdruckausgleichsschicht | |
| 6. EPS-W 25 Gefälledämmung | 450 |
| 7. Dampfsperre, $s_d \geq 1.500\text{m}$, Stöße verklebt oder verschweißt (z.B. Al-GV 45 = Bitu-Alu-Bahn) | 4 |
| 8. Ausgleichsschicht | |
| 9. Voranstrich | |
| 10. STB-Decke (lt. statischem Erfordernis) | 200 |
| 11. Spachtelung | 2 |
| 12. | |
| 13. | |

Ergänzende Hinweise:

Bauphysik:

- Da beim Warmdach Feuchtigkeit, die durch Fehlstellen in der Dampfsperrebene in die Konstruktion eindringt, nicht nach außen abtrocknen kann, ist die Dampfsperre mit besonderer Sorgfalt herzustellen. Hierbei ist besonderes Augenmerk auf die Stoßstellen und Anschlüsse zu legen.

Baupraxis:

- Die Dampfdruckausgleichsschicht hat den Zweck hohe örtliche Dampfdrücke unter der Abdichtung abzubauen. Dieser Dampfdruckanstieg wird durch Erwärmung der eingeschlossenen Feuchtigkeit verursacht. Ohne eine derartige Ebene kann es zu einer schädlichen Blasenbildung in der Dachabdichtung kommen, außerdem wird dadurch die gewisse Beweglichkeit der Dachhaut ermöglicht. Diese Ausgleichsschicht kann beispielsweise durch eine zusammenhängende Luftschicht mit sehr geringer Dicke unter der Abdichtung erreicht werden. Das wird beispielsweise durch lediglich punkt- oder streifenförmiges Aufkleben der ersten Lage der Dachabdichtung oder loses Verlegen bei gleichzeitiger Verhinderung der selbstständigen Verklebung (z.B. durch grobe Bekiesung auf der Unterseite der Bahn) erreicht.
- Bei der Auswahl des Dämmstoffes ist auf die Druckfestigkeit zu achten. Praxiserfahrungen haben gezeigt, dass zumindest EPS-W 25 verwendet werden sollte. EPS-W 20 ist nicht ausreichend formstabil, was zu einer erhöhten Gefahr der Beschädigung der Abdichtungsebene führt.
- Das Gefälle kann mittels Gefällebeton, Gefälleausbildung der STB-Decke oder Gefälledämmung ausgeführt werden. Kommt Gefälledämmung zur Anwendung, ist zu beachten, dass gemäß ÖNORM B 7220 [OEN02b] der Mindest-Wärmedurchgangswiderstand der Gefälle-Wärmedämmplatten an der dünnsten Stelle der Wärmedämmschicht höchstens um 15 % unterschritten werden darf.
- Zwischen Rohdecke und Dampfsperre kann die Anordnung einer Ausgleichsschicht sinnvoll sein. Diese Schicht nimmt geringfügige Bewegungen des Untergrundes

(Rohdecke) auf, überbrückt kleinere Schwind- und Spannungsrisse und bietet Schutz gegen Rauigkeit und chemische Einwirkungen aus der Unterlage, wodurch Beschädigungen der Dampfsperre verhindert werden können. Eine derartige Schicht kann beispielsweise durch loses Verlegen, punkt- oder streifenweises Verkleben der Dampfsperre, aber auch durch eine Lochglasvlies-Bitumenbahn oder durch eine Trennlage (z.B. PE-Folie, Natronkraftpapier) geschaffen werden.

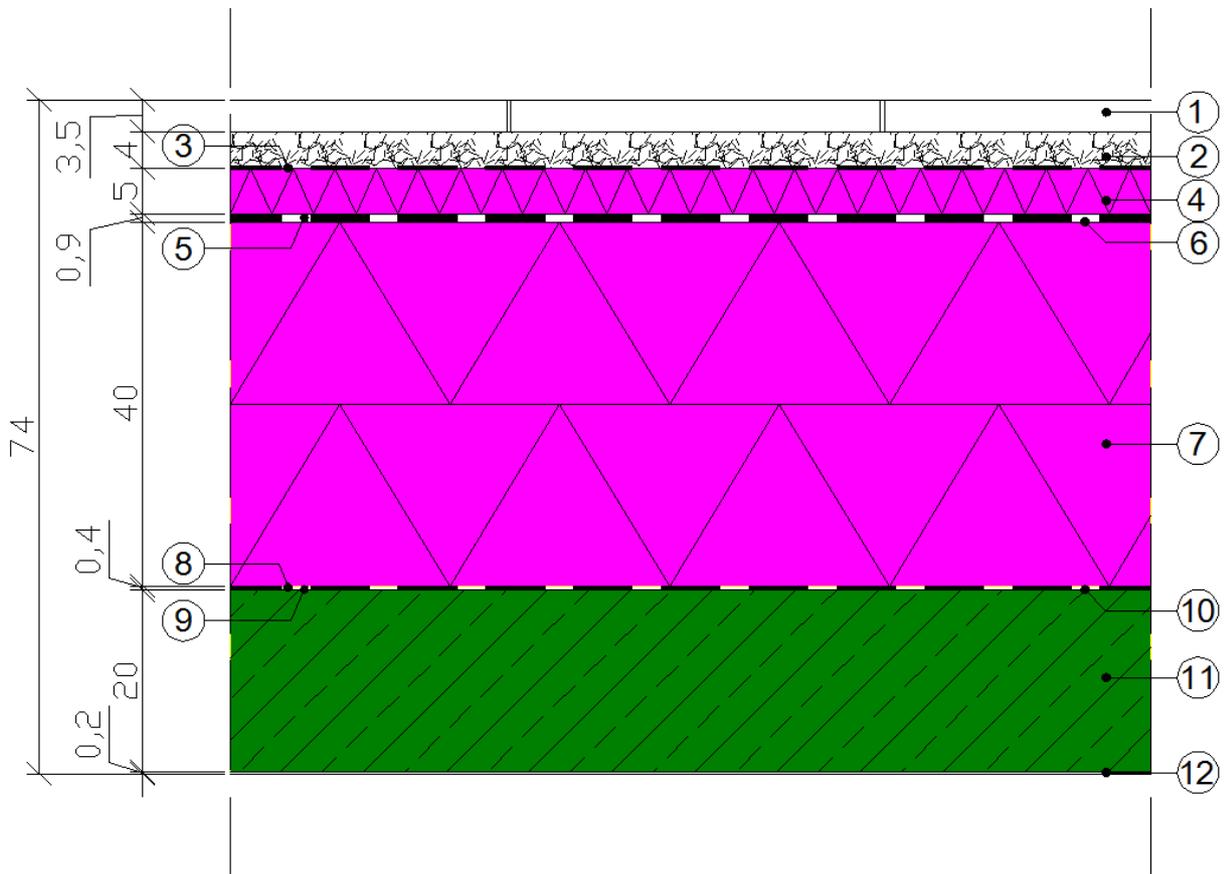
▪ Exkurs Feuchtigkeitsabdichtung bei Terrassendächern:
Mindestanforderungen lt. [OEN02a]:

- Mindestens 2 Lagen; beide Lagen beispielsweise aus Polymerbitumen-Dach- und Abdichtungsbahnen mit Kunststoffvlieseinlage; in Summe mind. 9mm (z.B. 1x E-KV-4 + 1x E-KV-5)

Anm.: Die Mindestanforderung der gesamten Abdichtungsdicke wird in der Normung hinkünftig nur noch über die Summe der Dicken der mindest erforderlichen einzelnen Lagen definiert werden.

8.2.7.4 DA 06 Terrassendach als Plusdach (warm zu Außenluft)

Darstellung:



Aufbau:

| DA 06 Terrassendach als Plusdach (warm zu Außenluft) | |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| Schicht | Dicke [mm] |
| 1. Beton- oder Steinplatten | 35 |
| 2. Kiesbett 4/8 (oder Splitt) | 40 |
| 3. Vlies | |
| 4. XPS-G | 50 |
| F-Abdichtung 1 Lage E-KV-4 + 1 Lage E-KV-5 (beispielhaft für Terrassendach) | 9 |
| 6. Dampfdruckausgleichsschicht | |
| 7. EPS-W 25 Gefälledämmung | 400 |
| Dampfsperre, $s_d \geq 1.500m$, Stöße verklebt oder verschweißt (z.B. Al-GV 45 = Bitu-Alu-Bahn) | 4 |
| 9. Ausgleichsschicht | |
| 10. Voranstrich | |
| 11. STB-Decke (lt. statischem Erfordernis) | 200 |
| 12. Spachtelung | 2 |
| 13. | |
| 14. | |

Ergänzende Hinweise:

Bauphysik:

- Da bei Dächern mit der Abdichtungslage über der Dämmebene Feuchtigkeit, die durch Fehlstellen in der Dampfsperrebene in die Konstruktion eindringt, nicht nach außen abtrocknen kann, ist die Dampfsperre mit besonderer Sorgfalt herzustellen. Hierbei ist besonderes Augenmerk auf die Stoßstellen und Anschlüsse zu legen.

Baupraxis:

- Die Bauweise als Plusdach (Dampfsperre – EPS-W – Abdichtung – XPS-G) hat den Vorteil, dass die Abdichtungsebene durch die Dämmschicht über der Abdichtung besser vor Beschädigungen geschützt werden kann. Das ist insbesondere bei begrünten und Terrassendächern von Bedeutung. Da hier die Abdichtungsebene durch den nachfolgenden Bauablauf und die Nutzung größeren Belastungen ausgesetzt ist.
- Es wird empfohlen, als Trennlage zwischen XPS-G und Kiesbett eine wasserableitende, diffusionsoffene und hochreißfeste Trennlage zu verwenden.
- Die Dampfdruckausgleichsschicht hat den Zweck hohe örtliche Dampfdrücke unter der Abdichtung abzubauen. Dieser Dampfdruckanstieg wird durch Erwärmung der eingeschlossenen Feuchtigkeit verursacht. Ohne eine derartige Ebene kann es zu einer schädlichen Blasenbildung in der Dachabdichtung kommen, außerdem wird dadurch die gewisse Beweglichkeit der Dachhaut ermöglicht. Diese Ausgleichsschicht kann beispielsweise durch eine zusammenhängende Luftschicht mit sehr geringer Dicke unter der Abdichtung erreicht werden. Das wird beispielsweise durch lediglich punkt- oder streifenförmiges Aufkleben der ersten Lage der Dachabdichtung oder loses Verlegen bei gleichzeitiger Verhinderung der selbstständigen Verklebung (z.B. durch grobe Bekiesung auf der Unterseite der Bahn) erreicht.
- Bei der Auswahl des Dämmstoffes ist auf die Druckfestigkeit zu achten. Praxiserfahrungen haben gezeigt, dass zumindest EPS-W 25 verwendet werden sollte. EPS-W 20 ist nicht

ausreichend formstabil, was zu einer erhöhten Gefahr der Beschädigung der Abdichtungsebene während der Bauphase, aber auch bei Revisionsarbeiten führt.

- Das Gefälle kann mittels Gefällebeton, Gefälleausbildung der STB-Decke oder Gefälledämmung ausgeführt werden. Kommt Gefälledämmung zur Anwendung, ist zu beachten, dass gemäß ÖNORM B 7220 [OEN02b] der Mindest-Wärmedurchgangswiderstand der Gefälle-Wärmedämmplatten an der dünnsten Stelle der Wärmedämmschicht höchstens um 15 % unterschritten werden darf.
- Zwischen Rohdecke und Dampfsperre kann die Anordnung einer Ausgleichsschicht sinnvoll sein. Diese Schicht nimmt geringfügige Bewegungen des Untergrundes (Rohdecke) auf, überbrückt kleinere Schwind- und Spannungsrisse und bietet Schutz gegen Rauigkeit und chemische Einwirkungen aus der Unterlage, wodurch Beschädigungen der Dampfsperre verhindert werden können. Eine derartige Schicht kann beispielsweise durch loses Verlegen, punkt- oder streifenweises Verkleben der Dampfsperre, aber auch durch eine Lochglasvlies-Bitumenbahn oder durch eine Trennlage (z.B. PE-Folie, Natronkraftpapier) geschaffen werden.
- Exkurs Feuchtigkeitsabdichtung bei Terrassendächern:
Mindestanforderungen lt. [OEN02a]:
 - Mindestens 2 Lagen; beide Lagen beispielsweise aus Polymerbitumen-Dach- und Abdichtungsbahnen mit Kunststoffvlieseinlage; in Summe mind. 9mm (z.B. 1x E-KV-4 + 1x E-KV-5)

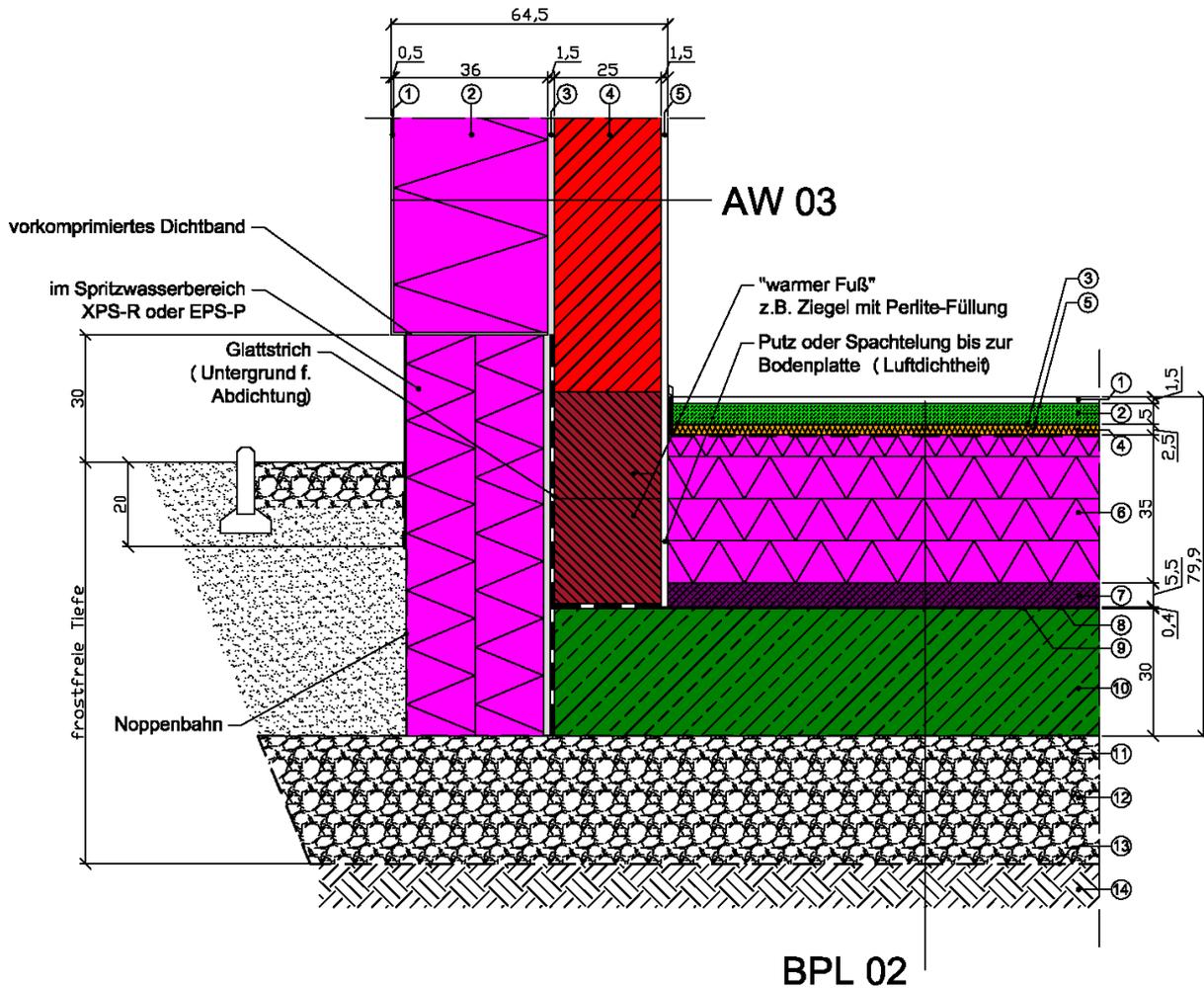
Anm.: Die Mindestanforderung der gesamten Abdichtungsdicke wird in der Normung hinkünftig nur noch über die Summe der Dicken der mindest erforderlichen einzelnen Lagen definiert werden.

8.3 Detailknoten

8.3.1 Bodenplatte - Außenwand

8.3.1.1 AW 03 - BPL 02

Darstellung:



Aufbauten:

| AW 03 Außenwand (warm zu Außenluft) | |
|------------------------------------------------|------------|
| Schicht | Dicke [mm] |
| 1. Deckschicht | 5 |
| 2. EPS-F | 360 |
| 3. Klebemörtel | 15 |
| 4. Hochlochziegel (lt. statischem Erfordernis) | 250 |
| 5. Innenputz | 15 |
| 6. | |

| BPL 02 Bodenplatte B1/B2 oberseitig gedämmt (warm zu Erdreich) | |
|-------------------------------------------------------------------------------|------------|
| Schicht | Dicke [mm] |
| 1. Fußbodenbelag | 15 |
| 2. Zementestrich E 225 | 50 |
| 3. PE-Folie | |
| 4. Trittschalldämmung EPS-T 28/25 | 25 |
| Dampfsperre, $sd \geq 1.500m$, Stöße verklebt oder verschweißt (z.B. | |
| 5. Aluverbundfolie - PET/Alu/PET oder PET/Alu/PE) | |
| 6. EPS-W20 (Installationsebene für wärmeleitende Leitungen) | 350 |
| 7. gebundene Ausgleichsschüttung (Ausgleichs- und Installationsebene) | 55 |
| 8. Dampfbremse, $sd \geq 120m$, Stöße verklebt oder verschweißt (z.B. GV 45) | 4 |
| 9. Voranstrich | |
| 10. STB-Bodenplatte B1/B2 ("WU-Beton"; lt. statischem Erfordernis) | 300 |
| 11. Baupapier | |
| 12. Rollierung (beispielhafte Dicke) | 150 |
| 13. PP-Filtervlies | |
| 14. Erdreich | |
| 15. | |

Ergänzende Hinweise:

Bauphysik:

- Der Innenputz stellt im Mauerwerksbau die luftdichte Ebene dar und ist darum bis zur Bodenplatte auszuführen. Alternativ kann der „warme Fuß“ auch gespachtelt werden.
- Die Dampfsperre ist bis über den Estrich hochzuführen, um auch den Diffusionsstrom in die Konstruktion über die Flanken bestmöglich zu unterbinden.

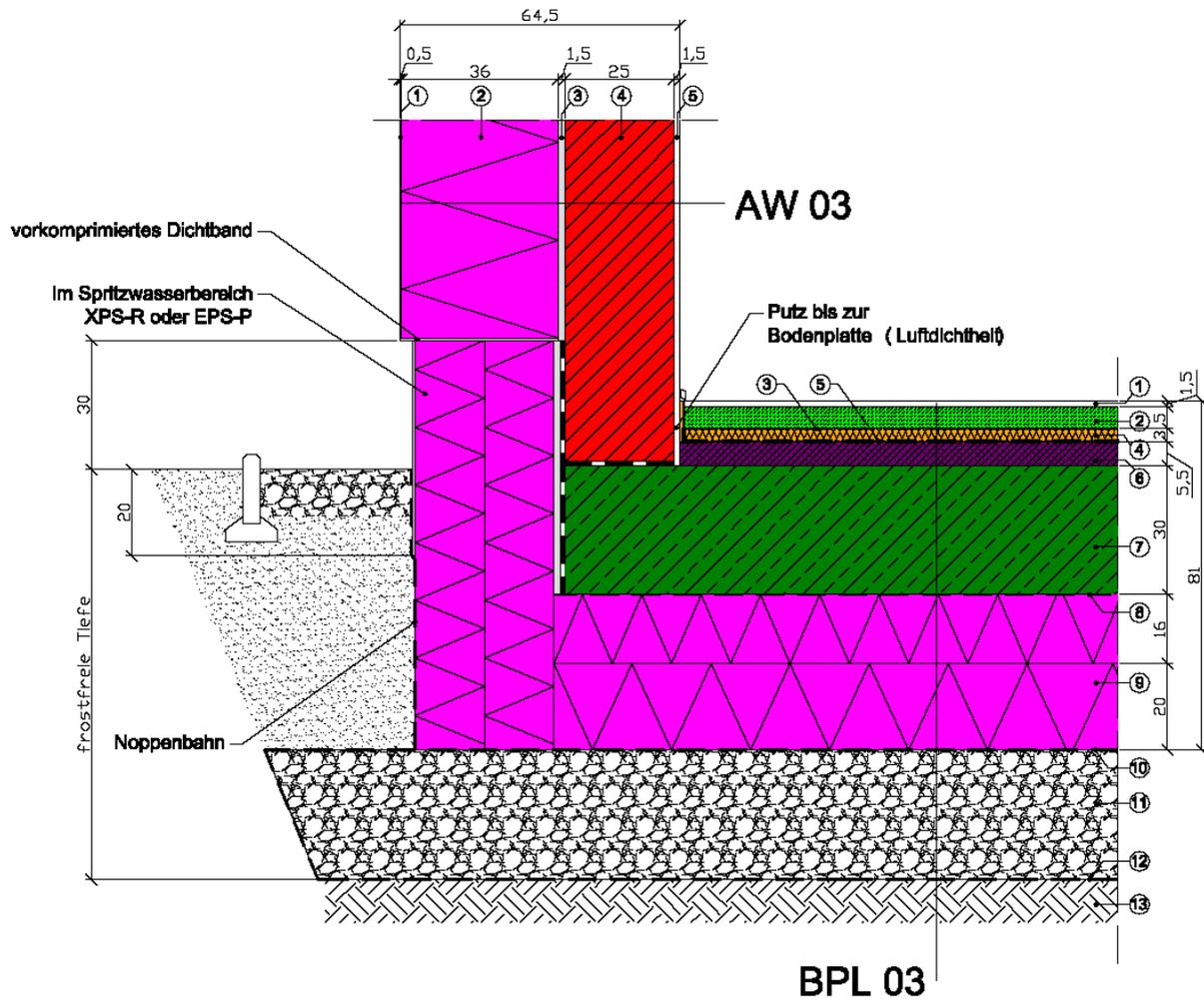
Baupraxis:

- Im Spritzwasserbereich ist ein geeignetes, verputzbares Dämmmaterial zu verwenden (z.B. XPS-R oder EPS-P). Im unverputzten Perimeterbereich kann XPS-G zur Anwendung kommen.
- Gemäß Empfehlung PH-Bauteilkatalog [WAL08] soll zwischen dem oberen Abschluss der Sockeldämmung und der anschließenden Außenwand-Wärmedämmung eine Abdichtung zur Verhinderung von kapillarer Wasserleitung aufgebracht werden.
- Der Außenputz ist gemäß Leitdetails der Gütegemeinschaft WDVS-Fachbetrieb [WDVS08] mindestens 20cm unter angrenzendes Niveau zu führen und mit einem Abdichtungsanstrich zu versehen.

- Um Frostlinsenbildung unter dem Randbereich der Bodenplatte zu verhindern, ist die Rollierung bis in eine frostfreie Tiefe zu führen (Frostkoffer). Alternativ kann auch eine Frostschräge ausgebildet werden. Es gilt jedoch zu beachten, dass Frostschrägen nicht durch nachträgliche Erdarbeiten im Randbereich des Gebäudes zerstört oder sogar entfernt werden dürfen. Das ist insbesondere bei schräger oder horizontaler Ausführung von Bedeutung.
- Es wird aus baupraktischen Gründen empfohlen, die Bodenplatte im Anschlussbereich der Außenwand ohne Überstand auszuführen. Somit werden Fehlerquellen beim Hochzug der Abdichtung minimiert.
- Etwaige Drainagen sind maximal bis zur Tiefe des gewachsenen Bodens zu führen. Es muss eine gesicherte Wasserableitung gewährleistet sein. Hangwasser und ähnliche Belastungsfälle sind gesondert zu bewerten.
- Beim Abdichtungstiefzug an der Stirnseite der Bodenplatte ist gemäß ÖNORM B 7209 [OEN02] das Abdichtungsende durch eine Klemmung zu sichern. Die Klemmung ist durch eine Überklebung mit Abdichtungsbahn-Kurzstücken oder durch eine Überspachtelung zu schützen.

8.3.1.2 AW 03 - BPL 03

Darstellung:



Aufbauten:

| AW 03 Außenwand (warm zu Außenluft) | |
|------------------------------------------------|------------|
| Schicht | Dicke [mm] |
| 1. Deckschicht | 5 |
| 2. EPS-F | 360 |
| 3. Klebemörtel | 15 |
| 4. Hochlochziegel (lt. statischem Erfordernis) | 250 |
| 5. Innenputz | 15 |
| 6. | |

| BPL 03 Bodenplatte B1/B2 unterseitig gedämmt (warm zu Erdreich) | |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| Schicht | Dicke [mm] |
| 1. Fußbodenbelag | 15 |
| 2. Zementestrich E 225 | 50 |
| 3. PE-Folie | |
| 4. Trittschalldämmung EPS-T 33/30 | 30 |
| 5. Dampfbrücke, sd $\geq 120\text{m}$, Stöße verklebt oder verschweißt (z.B. PE-Folie 0,25mm) | |
| 6. gebundene Ausgleichsschüttung (Ausgleichs- und Installationsebene) | 55 |
| 7. STB-Bodenplatte B1/B2 ("WU-Beton"; lt. statischem Erfordernis) | 300 |
| 8. PE-Folie, 2-lagig | |
| 9. XPS-G | 360 |
| 10. Rollierung (beispielhafte Dicke; optional Sauberkeitsschicht, ggf. auch auf kapillarbrechender Rollierung) | 150 |
| 11. PP-Filtervlies | |
| 12. Erdreich | |
| 13. | |
| 14. | |

Ergänzende Hinweise:

Bauphysik:

- Der Innenputz stellt im Mauerwerksbau die luftdichte Ebene dar und ist darum bis zur Bodenplatte auszuführen.
- Die Dampfbrücke ist bis über den Estrich hochzuführen, um Trittschalldämmung und Bodenbelag optimal vor schädigender Feuchtigkeit zufolge der Trocknung von Bodenplatte und gebundener Ausgleichsschüttung zu schützen.

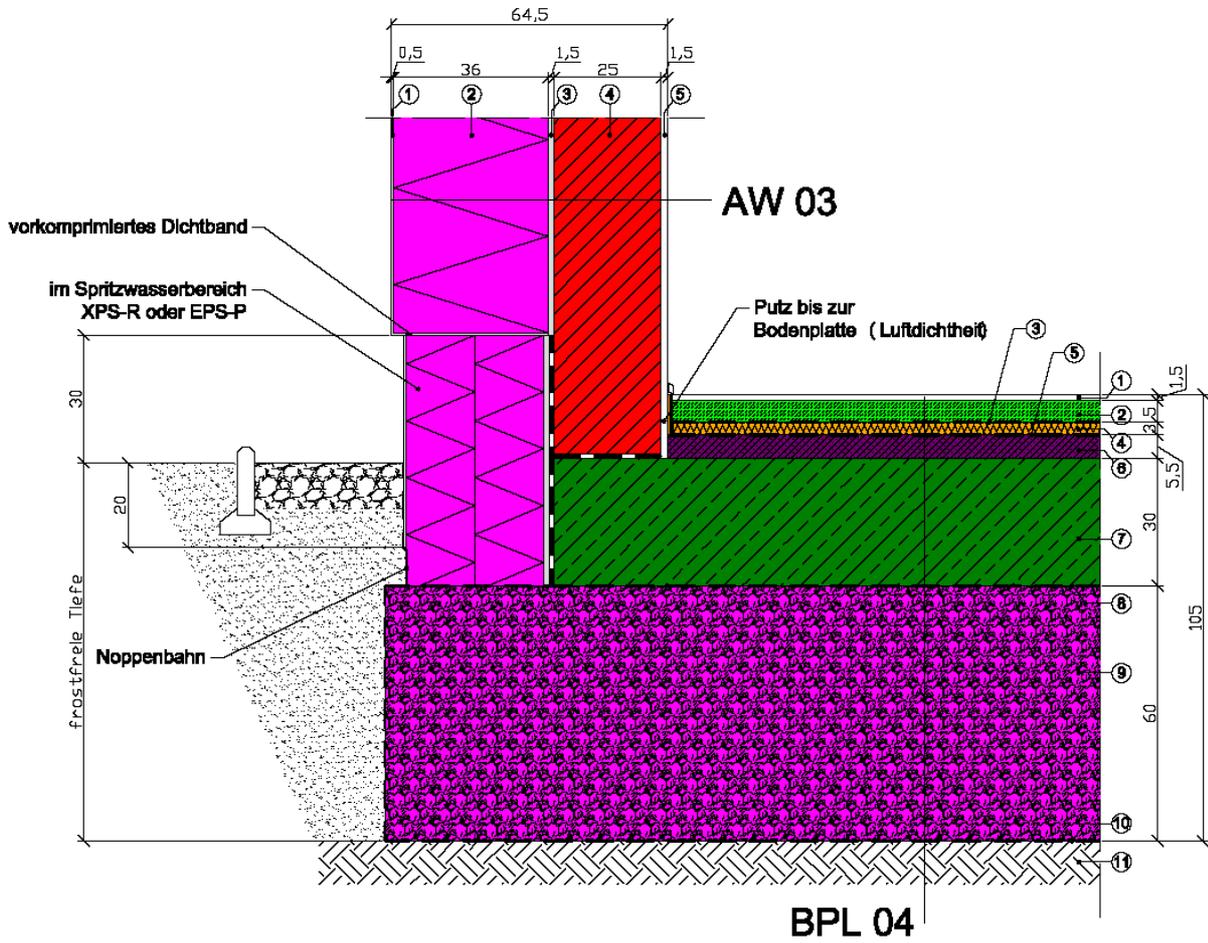
Baupraxis:

- Im Spritzwasserbereich ist ein geeignetes, verputzbares Dämmmaterial zu verwenden (z.B. XPS-R oder EPS-P). Im unverputzten Perimeterbereich kann XPS-G zur Anwendung kommen.
- Gemäß Empfehlung PH-Bauteilkatalog [WAL08] soll zwischen dem oberen Abschluss der Sockeldämmung und der anschließenden Außenwand-Wärmedämmung eine Abdichtung zur Verhinderung von kapillarer Wasserleitung aufgebracht werden.
- Der Außenputz ist gemäß Leitdetails der Gütegemeinschaft WDVS-Fachbetrieb [WDVS08] mindestens 20cm unter angrenzendes Niveau zu führen und mit einem Abdichtungsanstrich zu versehen.

- Um Frostlinsenbildung unter dem Randbereich der Bodenplatte zu verhindern, ist die Rollierung bis in eine frostfreie Tiefe zu führen (Frostkoffer). Alternativ kann auch eine Frostschräge ausgebildet werden. Es gilt jedoch zu beachten, dass Frostschrägen nicht durch nachträgliche Erdarbeiten im Randbereich des Gebäudes zerstört oder sogar entfernt werden dürfen. Das ist insbesondere bei schräger oder horizontaler Ausführung von Bedeutung.
- Es wird aus baupraktischen Gründen empfohlen, die Bodenplatte im Anschlussbereich der Außenwand ohne Überstand auszuführen. Somit werden Fehlerquellen beim Hochzug der Abdichtung minimiert.
- Etwaige Drainagen sind maximal bis zur Tiefe des gewachsenen Bodens zu führen. Es muss eine gesicherte Wasserableitung gewährleistet sein. Hangwasser und ähnliche Belastungsfälle sind gesondert zu bewerten.
- Beim Abdichtungstiefzug an der Stirnseite der Bodenplatte ist gemäß ÖNORM B 7209 [OEN02] das Abdichtungsende durch eine Klemmung zu sichern. Die Klemmung ist durch eine Überklebung mit Abdichtungsbahn-Kurzstücken oder durch eine Überspachtelung zu schützen.

8.3.1.3 AW 03 - BPL 04

Darstellung:



Aufbauten:

| AW 03 Außenwand (warm zu Außenluft) | |
|------------------------------------------------|------------|
| Schicht | Dicke [mm] |
| 1. Deckschicht | 5 |
| 2. EPS-F | 360 |
| 3. Klebemörtel | 15 |
| 4. Hochlochziegel (lt. statischem Erfordernis) | 250 |
| 5. Innenputz | 15 |
| 6. | |

| BPL 04 Bodenplatte B1/B2 auf Glasschaumgranulat (warm zu Erdreich) | |
|-----------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| Schicht | Dicke [mm] |
| 1. Fußbodenbelag | 15 |
| 2. Zementestrich E 225 | 50 |
| 3. PE-Folie | |
| 4. Trittschalldämmung EPS-T 33/30 | 30 |
| 5. Dampfbremse, $sd \geq 120m$, Stöße verklebt oder verschweißt (z.B. PE-Folie 0,25mm) | |
| 6. gebundene Ausgleichsschüttung (Ausgleichs- und Installationsebene) | 55 |
| 7. STB-Bodenplatte B1/B2 ("WU-Beton"; lt. statischem Erfordernis) | 300 |
| 8. PE-Folie | |
| 9. Glasschaumgranulat | 600 |
| 10. PP-Filtervlies | |
| 11. Erdreich | |
| 12. | |
| 13. | |

Ergänzende Hinweise:

Bauphysik:

- Der Innenputz stellt im Mauerwerksbau die luftdichte Ebene dar und ist darum bis zur Bodenplatte auszuführen.
- Die Dampfbremse ist bis über den Estrich hochzuführen, um Trittschalldämmung und Bodenbelag optimal vor schädigender Feuchtigkeit zufolge der Trocknung von Bodenplatte und gebundener Ausgleichsschüttung zu schützen.

Baupraxis:

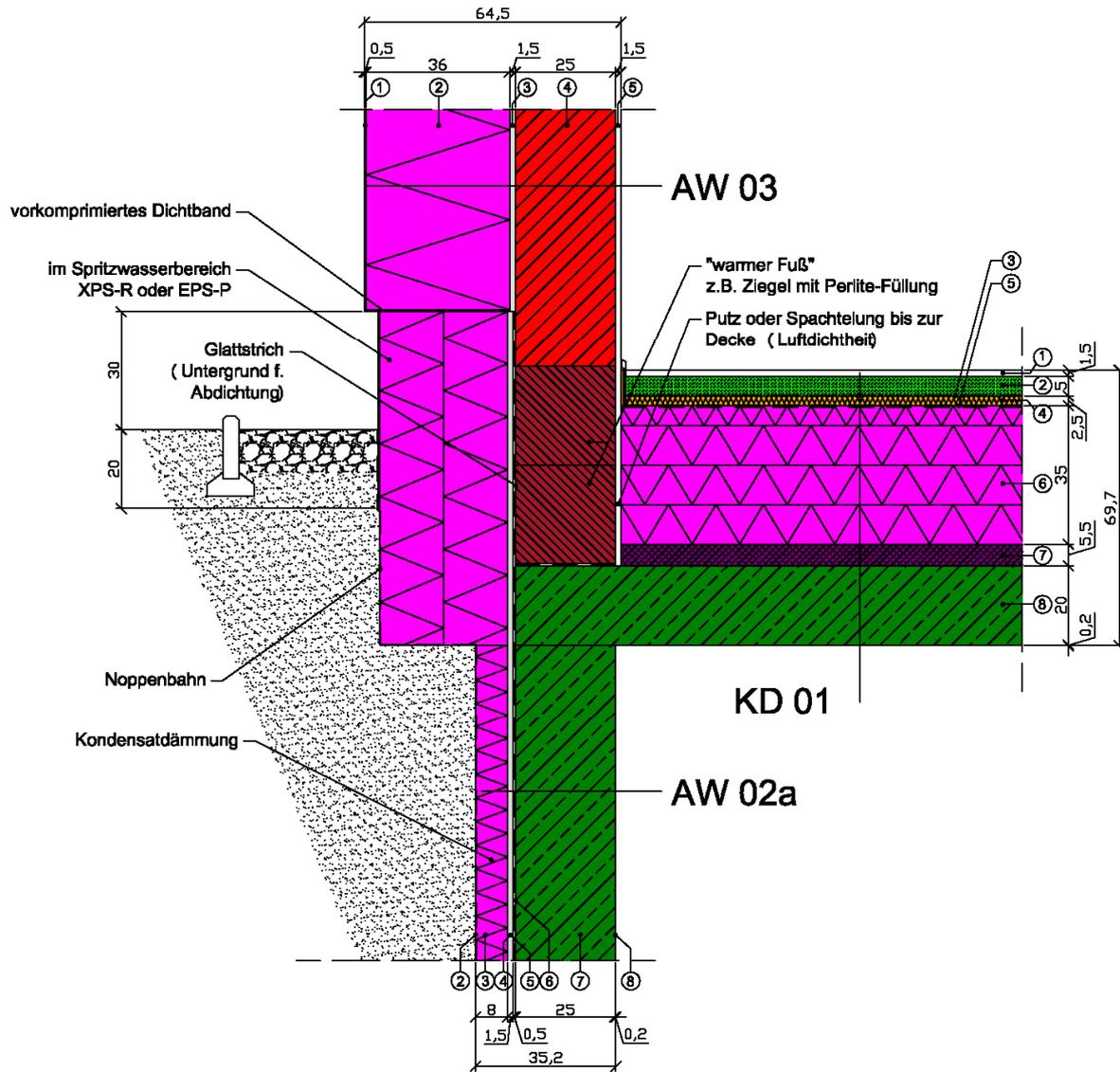
- Im Spritzwasserbereich ist ein geeignetes, verputzbares Dämmmaterial zu verwenden (z.B. XPS-R oder EPS-P). Im unverputzten Perimeterbereich kann XPS-G zur Anwendung kommen.
- Gemäß Empfehlung PH-Bauteilkatalog [WAL08] soll zwischen dem oberen Abschluss der Sockeldämmung und der anschließenden Außenwand-Wärmedämmung eine Abdichtung zur Verhinderung von kapillarer Wasserleitung aufgebracht werden.
- Der Außenputz ist gemäß Leitdetails der Gütegemeinschaft WDVS-Fachbetrieb [WDVS08] mindestens 20cm unter angrenzendes Niveau zu führen und mit einem Abdichtungsanstrich zu versehen.

- Um Frostlinsenbildung unter dem Randbereich der Bodenplatte zu verhindern, ist die Glasschaumgranulatschicht bis in eine frostfreie Tiefe zu führen (Frostkoffer). Alternativ kann auch eine Frostschräge ausgebildet werden. Es gilt jedoch zu beachten, dass Frostschrägen nicht durch nachträgliche Erdarbeiten im Randbereich des Gebäudes zerstört oder sogar entfernt werden dürfen. Das ist insbesondere bei schräger oder horizontaler Ausführung von Bedeutung.
- Es wird aus baupraktischen Gründen empfohlen, die Bodenplatte im Anschlussbereich der Außenwand ohne Überstand auszuführen. Somit werden Fehlerquellen beim Hochzug der Abdichtung minimiert.
- Etwaige Drainagen sind maximal bis zur Tiefe des gewachsenen Bodens zu führen. Es muss eine gesicherte Wasserableitung gewährleistet sein. Hangwasser und ähnliche Belastungsfälle sind gesondert zu bewerten.
- Beim Abdichtungstiefzug an der Stirnseite der Bodenplatte ist gemäß ÖNORM B 7209 [OEN02] das Abdichtungsende durch eine Klemmung zu sichern. Die Klemmung ist durch eine Überklebung mit Abdichtungsbahn-Kurzstücken oder durch eine Überspachtelung zu schützen.

8.3.2 Kellerdecke - Außenwand

8.3.2.1 AW 03 - KD 01 - AW 02a (Keller kalt)

Darstellung:



Aufbauten:

| AW 03 Außenwand (warm zu Außenluft) | |
|------------------------------------------------|------------|
| Schicht | Dicke [mm] |
| 1. Deckschicht | 5 |
| 2. EPS-F | 360 |
| 3. Klebemörtel | 15 |
| 4. Hochlochziegel (lt. statischem Erfordernis) | 250 |
| 5. Innenputz | 15 |
| 6. | |

| KD 01 Kellerdecke oberseitig gedämmt (warm zu kalt) | |
|-------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| Schicht | Dicke [mm] |
| 1. Fußbodenbelag | 15 |
| 2. Zementestrich E 225 | 50 |
| 3. PE-Folie | |
| 4. Trittschalldämmung EPS-T 28/25 | 25 |
| 5. Dampfsperre, $sd \geq 200m$, Stöße verklebt oder verschweißt (z.B. 2xPE-Folie 0,20mm) | |
| 6. EPS-W20 (Installationsebene für wärmeleitende Leitungen) | 350 |
| 7. gebundene Ausgleichsschüttung (Ausgleichs- und Installationsebene) | 55 |
| 8. STB-Decke (lt. statischem Erfordernis) | 200 |
| 9. | |
| 10. | |

| AW 02a Kelleraußenwand (kalt zu Erdreich) | |
|-----------------------------------------------------------------|------------|
| Schicht | Dicke [mm] |
| 1. Erdreich | |
| 2. Noppenbahn mit integriertem Filtervlies (Gleitschicht) | |
| 3. XPS-G (Kondensatdämmung; beispielhafte Dicke) | 80 |
| 4. Klebemörtel/Bitumenkleber | bis 15 |
| 5. F-Abdichtung 1 Lage E-KV-5 (beispielhaft für "Bodenfeuchte") | 5 |
| 6. Voranstrich | |
| 7. Beton-Wand (lt. statischem Erfordernis) | 250 |
| 8. Spachtelung | 2 |

Ergänzende Hinweise:

Bauphysik:

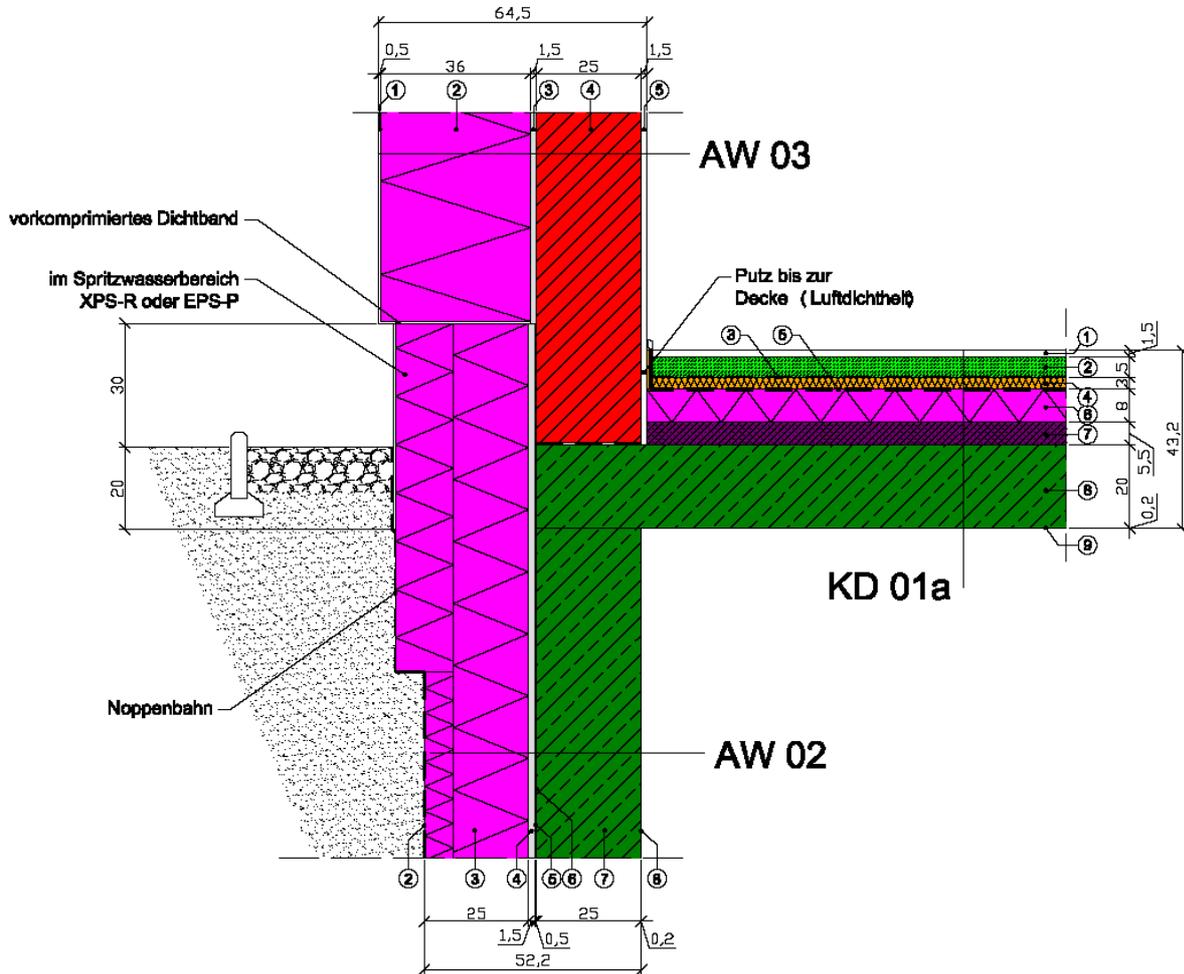
- Der Innenputz stellt im Mauerwerksbau die luftdichte Ebene dar und ist darum bis zur Rohdecke auszuführen. Alternativ kann der „warme Fuß“ auch gespachtelt werden.
- Die Dampfsperre ist bis über den Estrich hochzuführen, um Trittschalldämmung und Bodenbelag optimal vor schädigender Feuchtigkeit zufolge der Trocknung von Geschosdecke und gebundener Ausgleichsschüttung zu schützen, sowie auch den Diffusionsstrom in die Konstruktion über die Flanken bestmöglich zu unterbinden.

Baupraxis:

- Im Spritzwasserbereich ist ein geeignetes, verputzbares Dämmmaterial zu verwenden (z.B. XPS-R oder EPS-P). Im unverputzten Perimeterbereich kann XPS-G zur Anwendung kommen.
- Gemäß Empfehlung PH-Bauteilkatalog [WAL08] soll zwischen dem oberen Abschluss der Sockeldämmung und der anschließenden Außenwand-Wärmedämmung eine Abdichtung zur Verhinderung von kapillarer Wasserleitung aufgebracht werden.
- Der Außenputz ist gemäß Leitdetails der Gütegemeinschaft WDVS-Fachbetrieb [WDVS08] mindestens 20cm unter angrenzendes Niveau zu führen und mit einem Abdichtungsanstrich zu versehen.

8.3.2.2 AW 03 - KD 01a - AW 02 (Keller warm)

Darstellung:



Aufbauten:

| AW 03 Außenwand (warm zu Außenluft) | |
|------------------------------------------------|------------|
| Schicht | Dicke [mm] |
| 1. Deckschicht | 5 |
| 2. EPS-F | 360 |
| 3. Klebemörtel | 15 |
| 4. Hochlochziegel (lt. statischem Erfordernis) | 250 |
| 5. Innenputz | 15 |
| 6. | |

| KD 01a Kellerdecke oberseitig gedämmt (warm zu warm) | |
|-----------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| Schicht | Dicke [mm] |
| 1. Fußbodenbelag | 15 |
| 2. Zementestrich E 225 | 50 |
| 3. PE-Folie | |
| 4. Trittschalldämmung EPS-T 33/30 | 30 |
| 5. Dampfbremse, $sd \geq 120m$, Stöße verklebt oder verschweißt (z.B. PE-Folie 0,25mm) | |
| 6. EPS-W20 | 80 |
| 7. gebundene Ausgleichsschüttung (Ausgleichs- und Installationsebene) | 55 |
| 8. STB-Decke (lt. statischem Erfordernis) | 200 |
| 9. Spachtelung | 2 |
| 10. | |

| AW 02 Kelleraußenwand (warm zu Erdreich) | |
|-----------------------------------------------------------------|------------|
| Schicht | Dicke [mm] |
| 1. Erdreich | |
| 2. Noppenbahn mit integriertem Filtervlies (Gleitschicht) | |
| 3. XPS-G | 250 |
| 4. Klebemörtel/Bitumenkleber | bis 15 |
| 5. F-Abdichtung 1 Lage E-KV-5 (beispielhaft für "Bodenfeuchte") | 5 |
| 6. Voranstrich | |
| 7. Beton-Wand (lt. statischem Erfordernis) | 250 |
| 8. Spachtelung | 2 |

Ergänzende Hinweise:

Bauphysik:

- Der Innenputz stellt im Mauerwerksbau die luftdichte Ebene dar und ist darum bis zur Rohdecke auszuführen. Alternativ kann der „warme Fuß“ auch gespachtelt werden.
- Die Dampfbremse ist bis über den Estrich hochzuführen, um Trittschalldämmung und Bodenbelag optimal vor schädigender Feuchtigkeit zufolge der Trocknung von Geschosdecke und gebundener Ausgleichsschüttung zu schützen, sowie auch den Diffusionsstrom in die Konstruktion über die Flanken bestmöglich zu unterbinden.

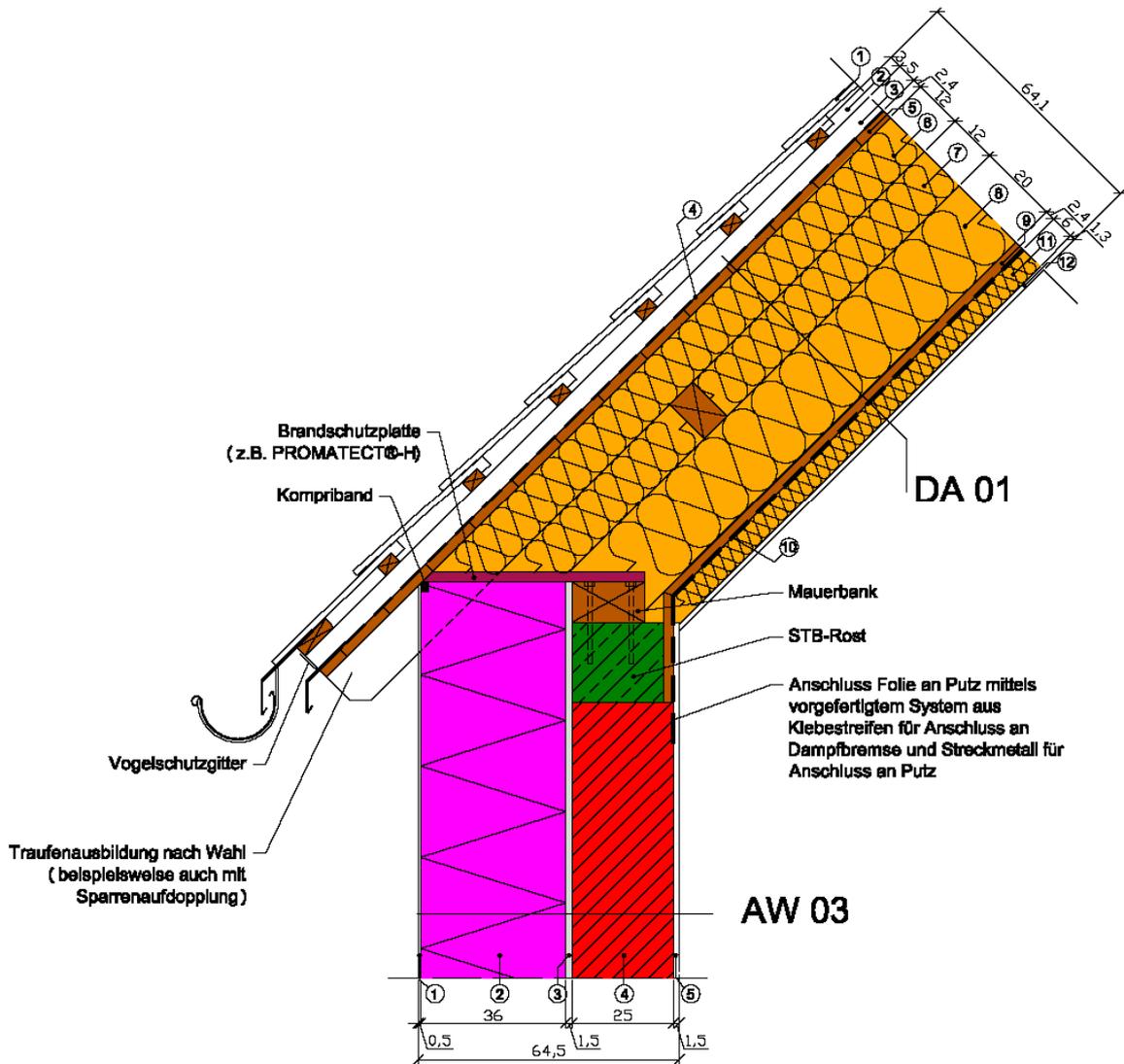
Baupraxis:

- Im Spritzwasserbereich ist ein geeignetes, verputzbares Dämmmaterial zu verwenden (z.B. XPS-R oder EPS-P). Im unverputzten Perimeterbereich kann XPS-G zur Anwendung kommen.
- Gemäß Empfehlung PH-Bauteilkatalog [WAL08] soll zwischen dem oberen Abschluss der Sockeldämmung und der anschließenden Außenwand-Wärmedämmung eine Abdichtung zur Verhinderung von kapillarer Wasserleitung aufgebracht werden.
- Der Außenputz ist gemäß Leitdetails der Gütegemeinschaft WDVS-Fachbetrieb [WDVS08] mindestens 20cm unter angrenzendes Niveau zu führen und mit einem Abdichtungsanstrich zu versehen.

8.3.3 Steildach - Außenwand

8.3.3.1 AW 03 - DA 01

Darstellung:



Aufbauten:

| AW 03 Außenwand (warm zu Außenluft) | |
|------------------------------------------------|------------|
| Schicht | Dicke [mm] |
| 1. Deckschicht | 5 |
| 2. EPS-F | 360 |
| 3. Klebemörtel | 15 |
| 4. Hochlochziegel (lt. statischem Erfordernis) | 250 |
| 5. Innenputz | 15 |
| 6. | |

| DA 01 Holzsparren-Steildach (warm zu Außenluft) | |
|----------------------------------------------------------------------------------|------------|
| Schicht | Dicke [mm] |
| 1. Dachdeckung | |
| 2. Lattung | 30 |
| 3. Hinterlüftung zw. Konterlattung (Höhe beispielhaft) | 50 |
| 4. diffusionsoffene Unterdachbahn, Stöße winddicht verklebt | |
| 5. Vollschalung | 24 |
| 6. MW-WL bzw. MW-W zw. Kanthölzern, längs zu Sparren verlegt (beispielhaft 8/12) | 120 |
| 7. MW-WL bzw. MW-W zw. Kanthölzern, quer zu Sparren verlegt (beispielhaft 8/12) | 120 |
| 8. MW-WL bzw. MW-W zw. Sparren (beispielhaft 20/10) | 200 |
| 9. Sparschalung | 24 |
| 10. Dampfbremse, Stöße verklebt | |
| 11. MW-WL bzw. MW-W zw. Lattung (Installationsebene) | 60 |
| 12. 1 Lage GKF-Platten | 13 |
| 13. | |

Ergänzende Hinweise:

Bauphysik:

- Die Dampfbremse des Steildachs ist mit einer geeigneten Maßnahme mit dem Innenputz zu verbinden (z.B. vorgefertigtes System mit Klebestreifen zum Anschluss an die Folie und Streckmetall für den Anschluss zum Putz).
- Der winddichte Anschluss der Außenwand an das Dach wird durch ein Kompriband zwischen Außenwanddämmung und Schalung sichergestellt.
- Aufgrund der Wärmebrückenwirkung ist es von Vorteil die Sparren nicht zur Traufe zu führen.

Baupraxis:

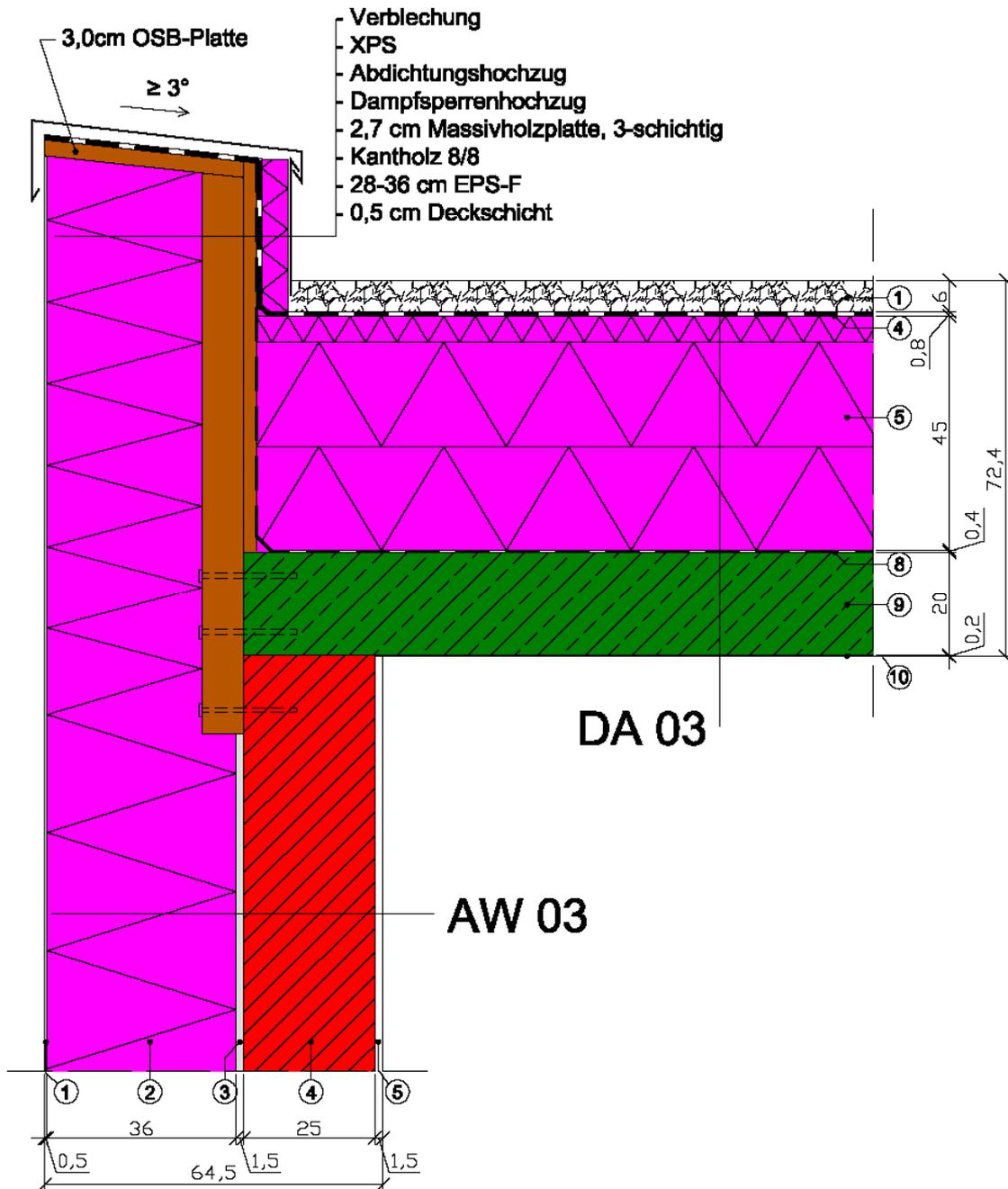
- Wird das Steildach konventionell mit Sparren errichtet, ist es baupraktisch günstiger die Aufdopplung für die zusätzliche Dämmung in zwei Lagen an der Oberseite der Sparren herzustellen. Würde die Zusatzdämmung mit nur einer Lage auf den Sparren (quer zu diesen) montiert werden, müsste die Schalung in der Falllinie montiert werden, was aus baupraktischen Überlegungen nicht zu empfehlen ist. Alternativ kann die Aufdopplung auch innen, also unter den Sparren, vorgenommen werden.

- Die Brandschutzplatte dient der weitestgehenden Verhinderung der Brand- und Rauchausbreitung zwischen Fassade und Dach. Je nach Dachneigung und Geometrie ist auch eine vertikale Anordnung denkbar.

8.3.4 Flachdach - Außenwand

8.3.4.1 AW 03 - DA 03

Darstellung:



Aufbauten:

| AW 03 Außenwand (warm zu Außenluft) | |
|------------------------------------------------|------------|
| Schicht | Dicke [mm] |
| 1. Deckschicht | 5 |
| 2. EPS-F | 360 |
| 3. Klebemörtel | 15 |
| 4. Hochlochziegel (lt. statischem Erfordernis) | 250 |
| 5. Innenputz | 15 |
| 6. | |

| DA 03 Flachdach als Warmdach (warm zu Außenluft) | |
|----------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| Schicht | Dicke [mm] |
| 1. Kies 16/32 (Dicke beispielhaft) | 60 |
| 2. Schutzvlies | |
| 3. F-Abdichtung 2 Lagen E-KV-4 (beispielhaft für Warmdach) | 8 |
| 4. Dampfdruckausgleichsschicht | |
| 5. EPS-W 25 Gefälledämmung | 450 |
| Dampfsperre, $s_d \geq 1.500\text{m}$, Stöße verklebt oder verschweißt (z.B. Al-GV 45 | 4 |
| 6. = Bitu-Alu-Bahn) | |
| 7. Ausgleichsschicht | |
| 8. Voranstrich | |
| 9. STB-Decke (lt. statischem Erfordernis) | 200 |
| 10. Spachtelung | 2 |
| 11. | |

Ergänzende Hinweise:

Bauphysik:

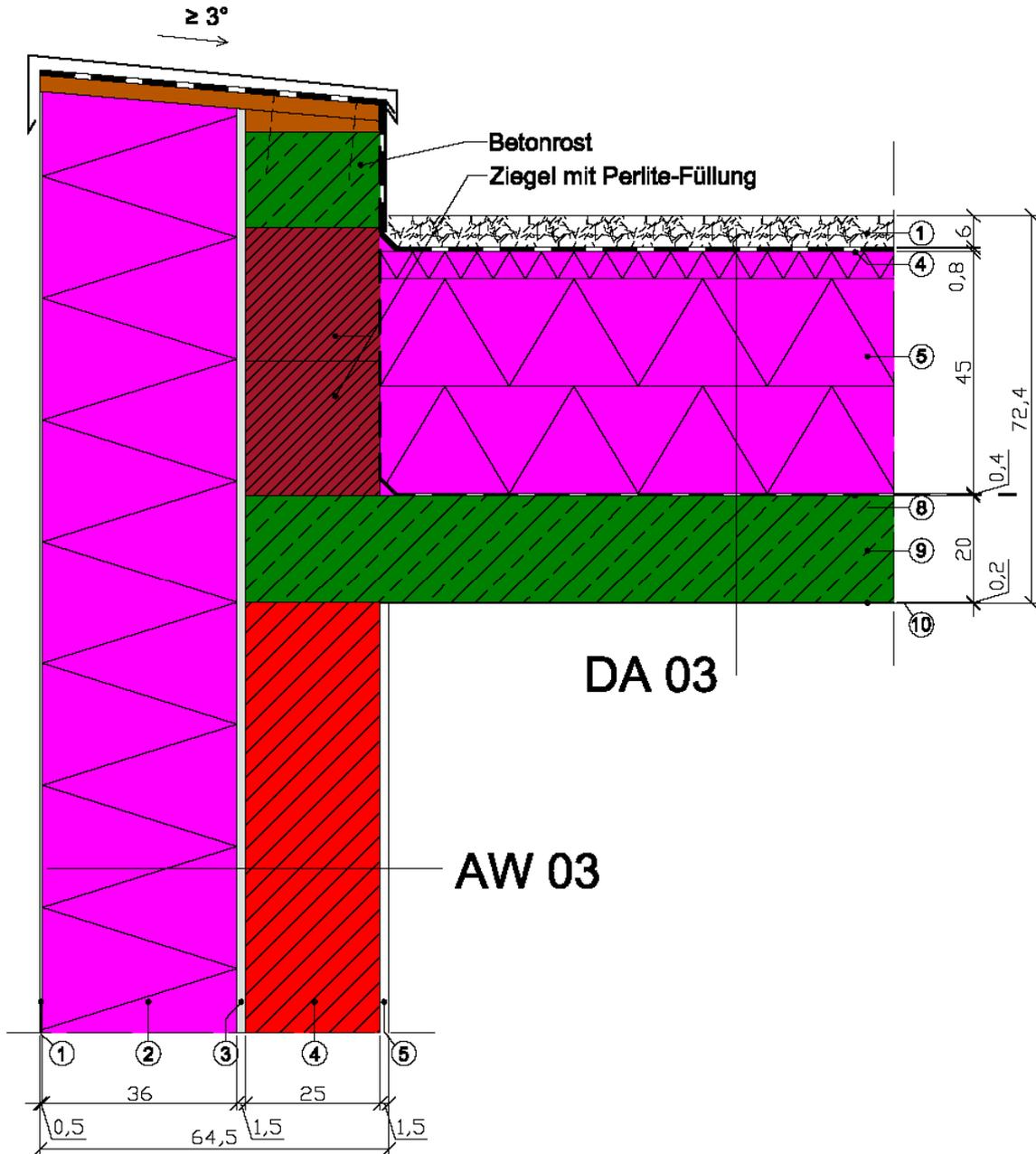
- Die Dampfsperre des Warmdachs ist weit genug hochzuführen und mit der Abdichtung zu überdecken, um die Diffusion über die Flanke zu verhindern.

Baupraxis:

- Die statische Stabilität der Attika wird durch ein an Rohdecke und Mauerwerk befestigtes Kantholz gewährleistet. Auf dem Kantholz wird eine Mehrschichtplatte befestigt, die als Untergrund für den Abdichtungs- und Dampfsperrenhochzug dient.

8.3.4.2 AW 03 - DA 03 - Variante massiv

Darstellung:



Aufbauten:

| AW 03 Außenwand (warm zu Außenluft) | |
|------------------------------------------------|------------|
| Schicht | Dicke [mm] |
| 1. Deckschicht | 5 |
| 2. EPS-F | 360 |
| 3. Klebemörtel | 15 |
| 4. Hochlochziegel (lt. statischem Erfordernis) | 250 |
| 5. Innenputz | 15 |
| 6. | |

| DA 03 Flachdach als Warmdach (warm zu Außenluft) | |
|---------------------------------------------------------------------------------|------------|
| Schicht | Dicke [mm] |
| 1. Kies 16/32 (Dicke beispielhaft) | 60 |
| 2. Schutzvlies | |
| 3. F-Abdichtung 2 Lagen E-KV-4 (beispielhaft für Warmdach) | 8 |
| 4. Dampfdruckausgleichsschicht | |
| 5. EPS-W 25 Gefälledämmung | 450 |
| Dampfsperre, $s_d \geq 1.500m$, Stöße verklebt oder verschweißt (z.B. Al-GV 45 | |
| 6. = Bitu-Alu-Bahn) | 4 |
| 7. Ausgleichsschicht | |
| 8. Voranstrich | |
| 9. STB-Decke (lt. statischem Erfordernis) | 200 |
| 10. Spachtelung | 2 |
| 11. | |

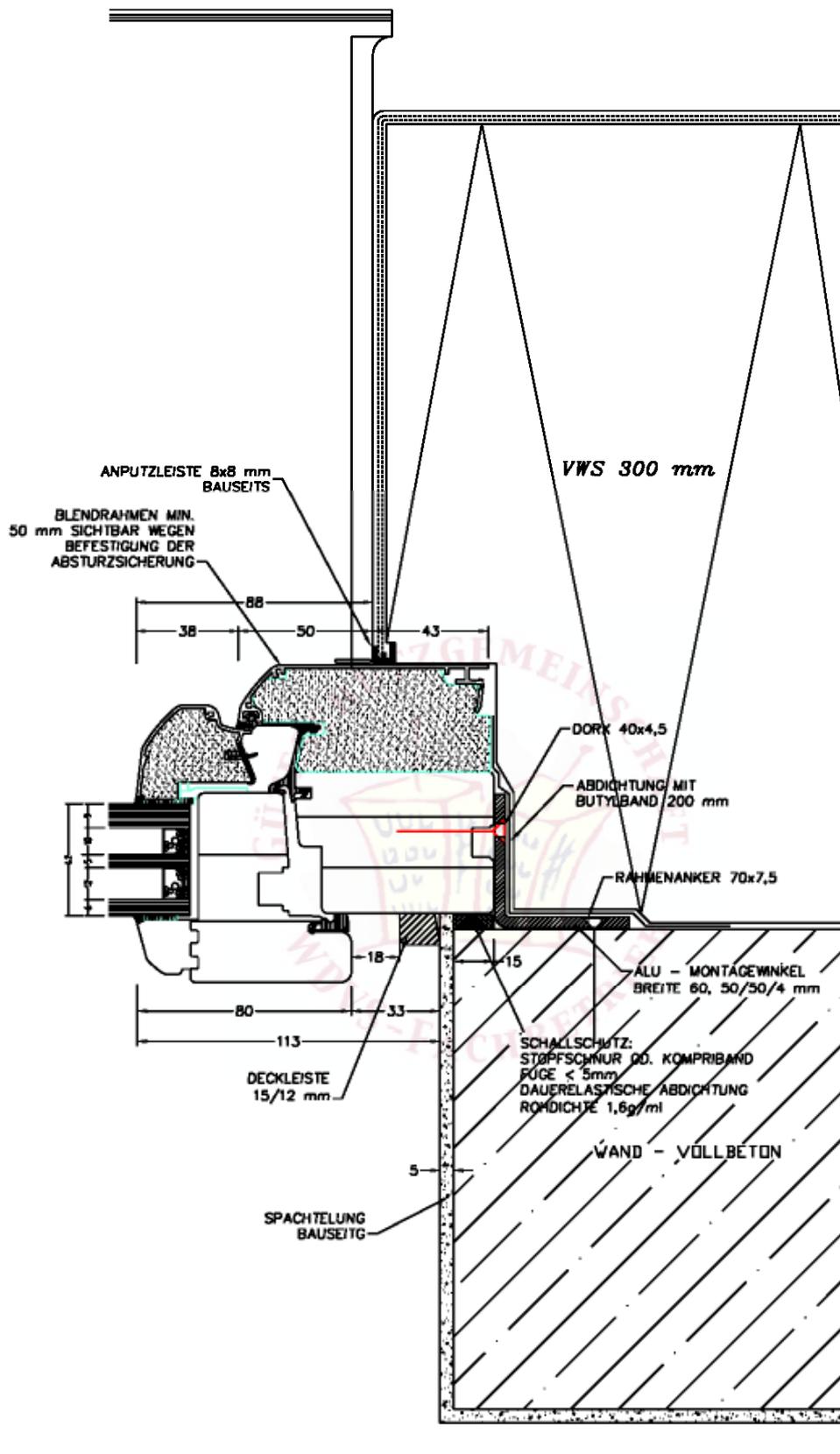
Ergänzende Hinweise:

Bauphysik:

- Die Dampfsperre des Warmdachs ist weit genug hochzuführen und mit der Abdichtung zu überdecken, um die Diffusion über die Flanke zu verhindern.

Baupraxis:

- Das hoch wärmedämmende Attika-Mauerwerk wird durch einen umlaufenden STB-Rost stabilisiert.



Passivhaus-Fensteranschluss Waagschnitt [Quelle: Schöberl & Pöll OEG, Internorm]

Ergänzende Hinweise:

Bauphysik:

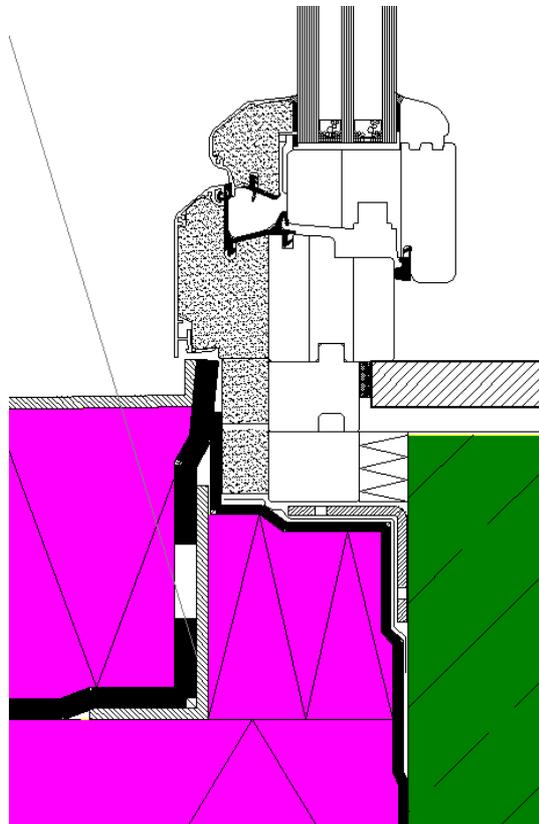
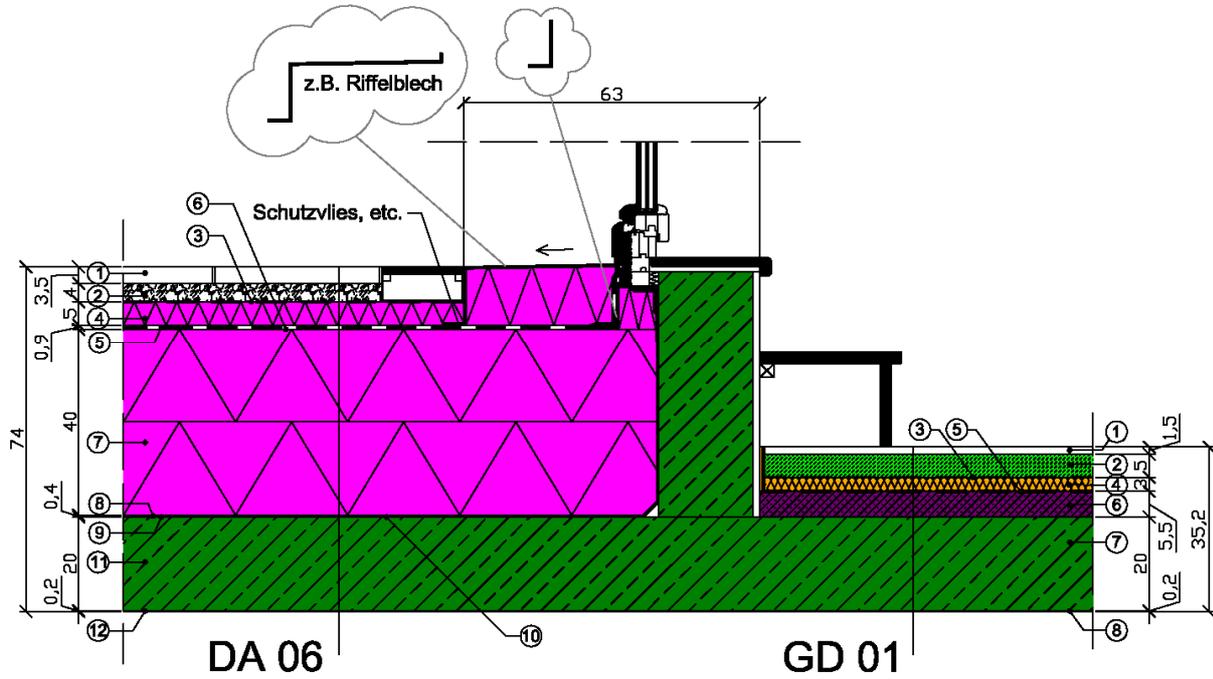
- Der wärmebrückenärmste und daher bauphysikalisch günstigste Fenstereinbau ist jener in der Dämmebene. Dabei wird der Fensterstock geringfügig größer als die Rohbauöffnung hergestellt, um einen schalltechnisch korrekten Einbau gewährleisten zu können.
- Die Überdämmung des Fensterstockes hat ebenfalls einen hohen Einfluss auf den Wärmebrückenzuschlag für den Fenstereinbau (Ψ_{Einbau}). Es wird empfohlen, die Überdämmung so groß als möglich auszuführen. Die dadurch verursachte höhere Laibungs-Verschattung kann ggf. durch eine Abschrägung der Dämmung kompensiert werden.
- Bei Holz-Alu-Fenstern hat auch die Ausbildung der Alu-Deckschale einen hohen Einfluss auf den Wärmebrückenzuschlag für den Fenstereinbau. Wird die Alu-Deckschale auch im überdämmten Bereich ausgeführt, bewirkt die sehr hohe Wärmeleitfähigkeit des Aluminiums eine deutliche Verschlechterung der Einbau-Wärmebrücke. Aus diesem Grund ist es anzustreben die Alu-Deckschale nicht länger als erforderlich auszuführen, was jedoch, begründet durch den Fertigungsprozess, derzeit noch nicht von allen Fensterherstellern angeboten werden kann.

Baupraxis:

- Der luftdichte Anschluss des Fensters ist auf den Wandbildner abzustimmen:
 - Im Stahlbetonbau stellt der STB selbst die luftdichte Ebene dar. Somit erfolgt die luftdichte Abklebung üblicherweise von außen. Das Fenster wird dabei mittels Flachstahlwinkeln am STB befestigt. Es ist empfehlenswert Winkel ohne Steifen zu verwenden, da ansonsten die luftdichte Abklebung von außen nicht ordnungsgemäß möglich ist. Vor dem Abkleben ist ein Primer zur Vorbehandlung des Untergrundes (Staubbindung) aufzutragen. Nur so kann die Dauerhaftigkeit der Luftdichtheit sichergestellt werden.
 - Da Mauerwerk aufgrund der notwendigen Fugen nicht als luftdicht angesehen werden kann, übernimmt in diesem Fall der Innenputz diese Funktion. Das bedeutet, es ist ein luftdichter Anschluss zwischen Fenster und Innenputz herzustellen. In diesem Fall werden üblicherweise spezielle luftdichte Klebebänder an der Stockaußenseite befestigt, die dann nach Einbau des Fensters an die innere Laibungsfläche geführt werden und im Zuge der Innenputzarbeiten luftdicht einzuputzen sind. Da das Klebeband nicht direkt überputzt werden kann, ist in diesem Bereich ein Putzträger erforderlich.

8.3.6 Terrassentüranschluss

Darstellung:



Aufbauten:

| DA 06 Terrassendach als Plusdach (warm zu Außenluft) | |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| Schicht | Dicke [mm] |
| 1. Beton- oder Steinplatten | 35 |
| 2. Kiesbett 4/8 (oder Splitt) | 40 |
| 3. Vlies | |
| 4. XPS-G | 50 |
| 5. F-Abdichtung 1 Lage E-KV-4 + 1 Lage E-KV-5 (beispielhaft für Terrassendach) | 9 |
| 6. Dampfdruckausgleichsschicht | |
| 7. EPS-W 25 Gefälledämmung, i.M. | 400 |
| 8. Dampfsperre, $sd \geq 1.500m$, Stöße verklebt oder verschweißt (z.B. Al-GV 45 = Bitu-Alu-Bahn) | 4 |
| 9. Ausgleichsschicht | |
| 10. Voranstrich | |
| 11. STB-Decke (lt. statischem Erfordernis) | 200 |
| 12. Spachtelung | 2 |
| 13. | |
| 14. | |

| GD 01 Geschossdecke (warm zu warm) | |
|-----------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| Schicht | Dicke [mm] |
| 1. Fußbodenbelag | 15 |
| 2. Zementestrich E 225 | 50 |
| 3. PE-Folie | |
| 4. Trittschalldämmung EPS-T 33/30 | 30 |
| 5. Dampfbremse, $sd \geq 120m$, Stöße verklebt oder verschweißt (z.B. PE-Folie 0,25mm) | |
| 6. gebundene Ausgleichsschüttung (Ausgleichs- und Installationsebene) | 55 |
| 7. STB-Decke (lt. statischem Erfordernis) | 200 |
| 8. Spachtelung | 2 |
| 9. | |
| 10. | |

Ergänzende Hinweise:

Bauphysik:

- Analog dem Fenstereinbau ist auch beim unteren Terrassentür-Abschluss eine möglichst hohe Überdämmung anzustreben.
- Es ist besonderes Augenmerk auf den luftdichten Anschluss des Profils zu legen.

Baupraxis:

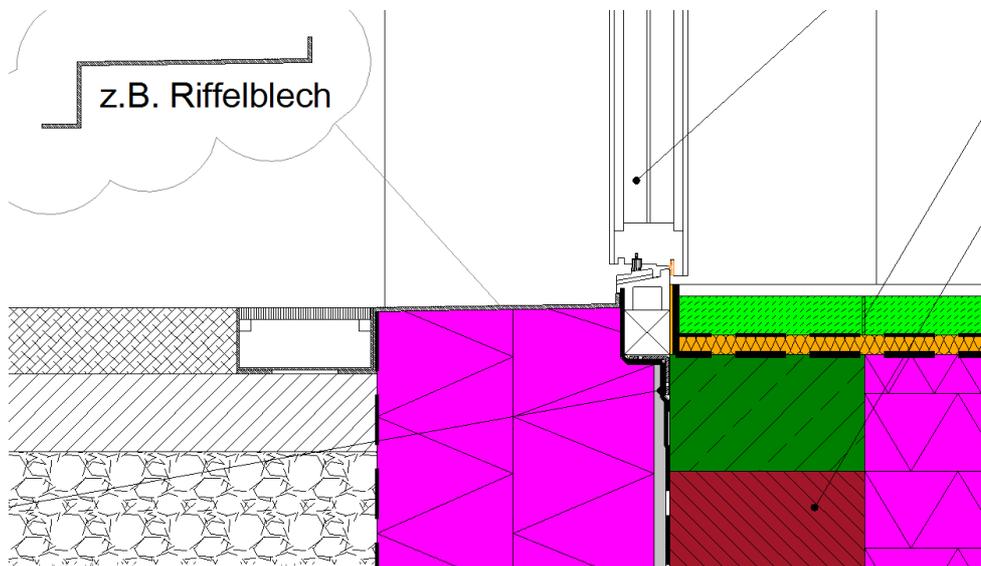
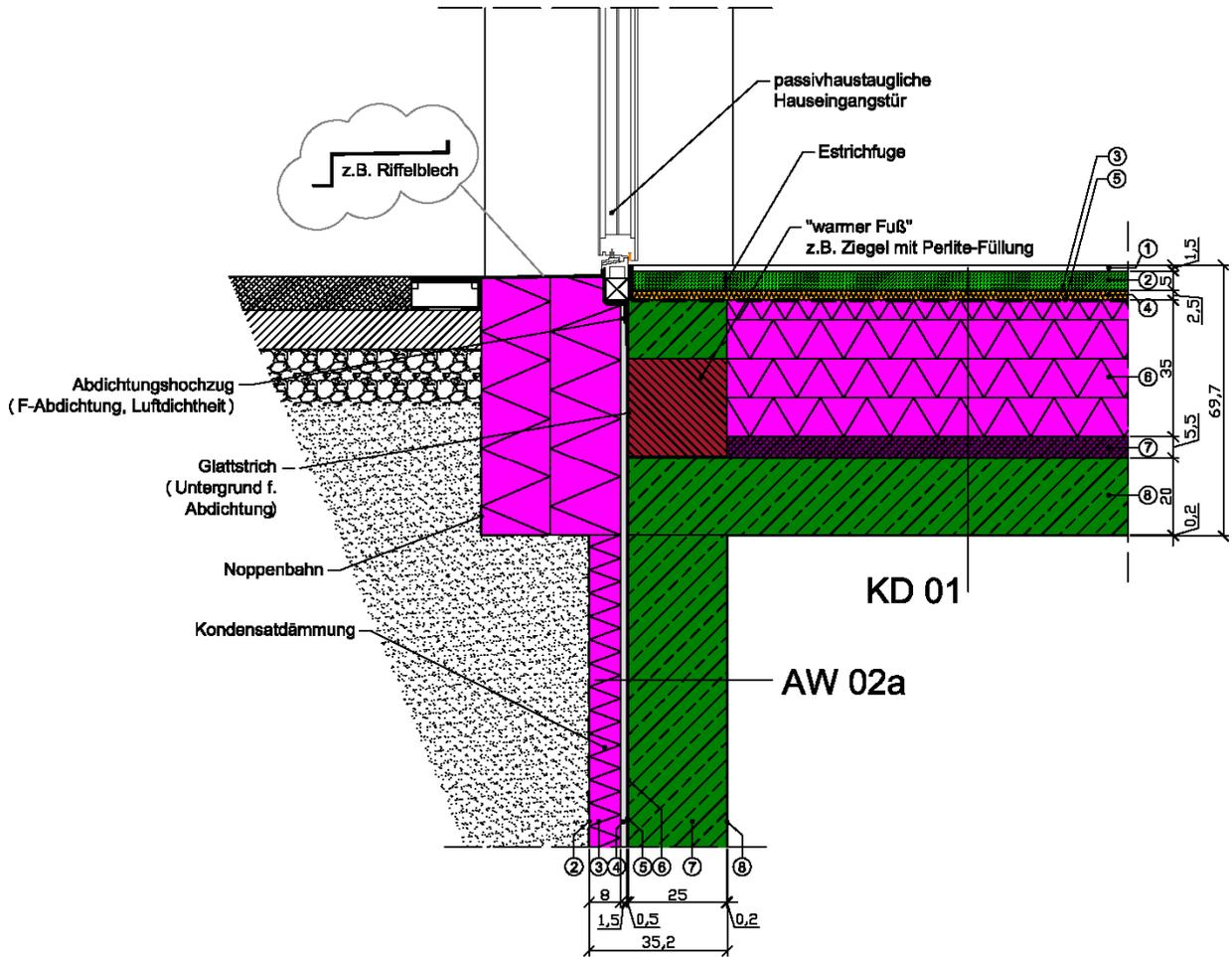
- Der niveaugleiche Austritt vom Wohnraum auf die Terrasse als Forderung der Barrierefreiheit ist im Niedrigstenergie- und Passivhausbau, aufgrund der hohen Dämmstoffdicken bei Verwendung konventioneller Produkte, in aller Regel nicht möglich. Alternativ dazu kann die Verwendung von Vakuumdämmung geprüft werden. Gemäß OIB-Richtlinie 4 „Nutzungssicherheit und Barrierefreiheit“ [OIB07a, S. 4] sind

Balkon- und Terrassentüren explizit von der Forderung der maximalen Schwellen- und Türanschlagshöhe von 2cm ausgenommen.

- Gemäß ÖNORM B 7220 [OEN02b, S. 30] ist eine Mindest-Abdichtungshochzugshöhe von ca. 0,5 cm über Niveau (Geh- oder Fahrbelag bzw. Gitterrost) ausreichend, wenn:
 - die Hochzugsbahnen mechanisch an den Untergrund (Türstock) geklemmt werden,
 - auf der Außenseite der Türschwelle eine Gitterrostabdeckung mit einer Breite von mindestens 20 cm und seitlichem Überstand über die lichte Weite der Türschwelle von jeweils ca. 30 cm eingebaut wird und für eine rasche Ableitung des anfallenden Niederschlages Vorsorge getroffen wird, sowie
 - eine auskragende Dachkonstruktion, z.B. Glasdach, deren Auskragung für die ortsüblich zu berücksichtigenden Regenspenden so ausgelegt ist, dass bei normalen Witterungsbedingungen kein Wasseranfall, z.B. Schlagregen, im Türschwellerbereich vorkommt, vorgesehen wird.
- Die Abdeckung der Überdämmung des unteren Terrassentür-Abschlusses kann beispielsweise mit einem begehbaren Riffelblech erfolgen. Lagert das Riffelblech auf der Abdichtungsebene, ist eine ausreichende Aufstandfläche zu gewährleisten und ggf. eine zusätzliche Schutzschicht unterzulegen.
- Alternativ zum dargestellten massiven Sockel ist auch eine luftdicht überklebte Stockverlängerung denkbar.

8.3.7 Hauseingangstüranschluss

Darstellung:



Aufbauten:

| KD 01 Kellerdecke oberseitig gedämmt (warm zu kalt) | |
|-------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| Schicht | Dicke [mm] |
| 1. Fußbodenbelag | 15 |
| 2. Zementestrich E 225 | 50 |
| 3. PE-Folie | |
| 4. Trittschalldämmung EPS-T 28/25 | 25 |
| 5. Dampfsperre, $sd \geq 200m$, Stöße verklebt oder verschweißt (z.B. 2xPE-Folie 0,20mm) | |
| 6. EPS-W20 (Installationsebene für wärmeleitende Leitungen) | 350 |
| 7. gebundene Ausgleichsschüttung (Ausgleichs- und Installationsebene) | 55 |
| 8. STB-Decke (lt. statischem Erfordernis) | 200 |
| 9. | |
| 10. | |

| AW 02a Kelleraußenwand (kalt zu Erdreich) | |
|-----------------------------------------------------------------|------------|
| Schicht | Dicke [mm] |
| 1. Erdreich | |
| 2. Noppenbahn mit integriertem Filtervlies (Gleitschicht) | |
| 3. XPS-G (Kondensatdämmung; beispielhafte Dicke) | 80 |
| 4. Klebemörtel/Bitumenkleber | bis 15 |
| 5. F-Abdichtung 1 Lage E-KV-5 (beispielhaft für "Bodenfeuchte") | 5 |
| 6. Voranstrich | |
| 7. Beton-Wand (lt. statischem Erfordernis) | 250 |
| 8. Spachtelung | 2 |

Ergänzende Hinweise:

Bauphysik:

- Analog dem Fenstereinbau ist auch beim unteren Hauseingangstür-Abschluss eine möglichst hohe Überdämmung anzustreben.
- Es ist besonderes Augenmerk auf den luftdichten Anschluss des Profils zu legen.

Baupraxis:

- Gemäß ÖNORM B 7220 [ÖEN02b, S. 30] ist eine Mindest-Abdichtungshochzugshöhe von ca. 0,5 cm über Niveau (Geh- oder Fahrbelag bzw. Gitterrost) ausreichend, wenn:
 - die Hochzugsbahnen mechanisch an den Untergrund (Türstock) geklemmt werden,
 - auf der Außenseite der Türschwelle eine Gitterrostabdeckung mit einer Breite von mindestens 20 cm und seitlichem Überstand über die lichte Weite der Türschwelle von jeweils ca. 30 cm eingebaut wird und für eine rasche Ableitung des anfallenden Niederschlages Vorsorge getroffen wird, sowie
 - eine auskragende Dachkonstruktion, z.B. Glasdach, deren Auskragung für die ortsüblich zu berücksichtigenden Regenspenden so ausgelegt ist, dass bei normalen Witterungsbedingungen kein Wasseranfall, z.B. Schlagregen, im Türschwellenbereich vorkommt, vorgesehen wird.
- Die Abdeckung der Überdämmung des unteren Hauseingangstür-Abschlusses kann beispielsweise mit einem begehbaren Riffelblech erfolgen. Es ist darauf zu achten, dass

das Riffelblech derart gelagert ist, dass die Lasten durch das Betreten des Blechs abgeleitet werden können.

9 Passivhaus geeignete Komponenten

Für folgende Komponenten kann beim PHI die Zertifizierung zur „Passivhaus geeignete Komponente“ (siehe Musterzertifikate unten) beantragt werden:

- 1) **Fensterrahmen**
- 2) **Kompaktgeräte**
- 3) **Lüftungsanlagen**
- 4) **Wand- und Bausysteme**
- 5) **Haustüren**
- 6) **Verglasungen**

Beim Einsatz von nicht Passivhaus geeigneten Komponenten ist ein Einzelnachweis gemäß den nachfolgenden Kriterien unabdingbar.

ad 1)

Anforderungen - Zertifizierung von Fensterrahmen:

Erforderliche Daten für die Beurteilung der Eignung von Fensterrahmen als Passivhaus geeignete Komponente:

1. Schnittzeichnung des Fensterrahmens einschl. eingebauter Dreischeiben-Wärmeschutzverglasung im Maßstab 1:1.

2. Berechnung der Kenngrößen U_f und Ψ gemäß DIN EN 10077 nach der Zeichnung unter 1. mit einem validen zweidimensionalen Wärmestromberechnungsprogramm. Das PHI behält sich vor, die Berechnung überprüfen zu lassen. Gerechnet werden soll im gespiegelten Anschluß „Fenster an Fenster“. Die minimale Innenoberflächentemperatur (außen -10°C ; Innenluft 20°C) ist anzugeben. Randbedingungen: außen -10°C , $1/\alpha_a = 0,04 \text{ m}^2\text{K/W}$; innen 20°C ; $1/\alpha_i = 0,13 \text{ m}^2\text{K/W}$. Die Wärmeleitfähigkeiten der verwendeten Materialien sind nach DIN 4108 oder nach Prüfzeugnissen zu bestimmen. Die Wärmeleitfähigkeit von Hohlräumen im Rahmen ist nach prEN 10077-2 zu berechnen. Es ist eine Dreischeiben-Wärmeschutzverglasung mit $U_g = 0,7 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ einzusetzen. Der Randverbund ist zu beschreiben und mit zu berechnen. Gegebenenfalls kann die Verwendung eines bestimmten Randverbundes zur Auflage gemacht werden. Sind die Schnitte durch den Rahmen an verschiedenen Seiten unterschiedlich, so ist die Berechnung für alle vorkommenden Schnitte durchzuführen.

3. Berechnung des Wärmebrückenverlustkoeffizienten Ψ_{Einbau} für mindestens drei Passivhaus-Einbausituationen (WDVS, Schalungsstein, Holzbau) mit einem validen zweidimensionalen Wärmestromberechnungsprogramm. Das PHI behält sich vor, die Berechnung überprüfen zu lassen. Ψ_{Einbau} ist wie folgt zu bestimmen: Es wird der gesamte Wärmeverlust des Fensters in der Außenwand (mindestens 20 cm freie Verglasung, mindestens 100 cm freie Außenwand) berechnet: $Q_{\text{ges.,Einbau}}$. Dann ist:

$$\Psi_{\text{Einbau}} = Q_{\text{ges.,Einbau}} / \Delta T - (U_{\text{Wand}} \cdot A_{\text{Wand}} + U_g \cdot A_g + U_f \cdot A_f + l_g \cdot \Psi_g).$$

Darin bedeuten: ΔT die Temperaturdifferenz zwischen innen und außen, U_{Wand} den Wärmedurchgangskoeffizienten der Außenwand, A_{Wand} die Fläche der Außenwand bis zum Beginn des Fensterrahmens (einschließlich eventueller Befestigungsmittel), A_g und A_f die Fläche der Verglasung bzw. des Fensterrahmens und l_g die Länge des Glasrandes im Berechnungsmodell. Sind die Art des Einbaus oder die Schnitte durch den Rahmen an

verschiedenen Seiten unterschiedlich, so ist die Berechnung für alle vorkommenden Fälle durchzuführen.

[FEI08]

Musterzertifikat:

Zertifikat

gültig bis 31.12.2003

**Passivhaus
geeignete
Komponente: Fensterrahmen**

Hersteller: ...

Produktname: ...

Folgende Kriterien wurden für die Zuerkennung des Zertifikates geprüft:

Passivhaus-Behaglichkeitskriterium:

Unter Standardbedingungen (Verglasung mit $U_g = 0,7 \text{ W/(m}^2\text{K)}$, Fensterbreite 1,23 m, Fensterhöhe 1,48 m) erfüllt der Fenster-U-Wert die Bedingung:

$U_W = \dots \leq 0,80 \text{ W/(m}^2\text{K)}$

Rahmenkennwerte:

| Rahmen | Randverbund | Swisspacer |
|------------------------------|-------------|------------|
| U_f [W/(m ² K)] | ... | ... |
| Breite [mm] | ... | ... |

Passivhaus spezifische Auflagen:

Beim hier vorliegenden Rahmen ist die Passivhaus-Eignung nur gegeben, wenn ein wärmedämmender Randverbund verwendet wird. Die Prüfung wurde mit dem "Swisspacer" durchgeführt. Alternativ kann auch ein TPS-Randverbund oder ein Thermix-Abstandhalter verwendet werden.

Passivhaus-Einbausituationen:

Einschließlich Einbauwärmehbrücken erfüllt das Fenster

$U_{W, eingebaut} \leq 0,85 \text{ W/(m}^2\text{K)}$

wenn die in der Anlage dokumentierten Einbaudetails des Fensters in Passivhaus geeignete Wandaufbauten (Wärmedämmverbundsystem, Holzbofassade und Betonschalungsstein) eingehalten werden.

Das Zertifikat ist wie folgt zu verwenden:

**PASSIV
HAUS
geeignete
KOMPONENTE**

Dr. Wolfgang Feist

Fensterrahmen:

$U_f = \dots \text{ W/(m}^2\text{K)}$

$\Psi'_g = \dots \text{ W/(mK)}$

Breite = ... mm

**Passivhaus
Institut**

Dr. Wolfgang Feist

Rheinstraße 44/46

D-64283 Darmstadt

[FEI08]

ad 2)

Anforderungen - Zertifizierung von Kompaktgeräten:

Zertifikatskriterien zur energetischen und schalltechnischen Beurteilung von Wärmepumpen-Kompaktgeräten für die Zertifizierung als "Passivhaus geeignete Komponente":

Gültigkeit und Anwendung

Nachfolgende Kriterien beschreiben die Grenzwerte, Bedingungen und Anforderungen für die Zertifizierung von Kompaktgeräten mit elektrischen Kleinstwärmepumpen zur kombinierten Bereitstellung von Heizwärme, Trinkwarmwasser und Lüftung. Der Nachweis erfolgt auf Grundlage von Messungen und Prüfungen entsprechend dem jeweils aktuellen Prüfreglement.

Kriterien und Anforderungen

1. Behaglichkeitskriterium

Die Zulufttemperatur muss auch im reinen Lüftungsbetrieb $16,5\text{ °C}$ überschreiten, also auch dann, wenn keine Heizanforderung vorliegt. Diese Temperatur muss auch bei einer Außenlufttemperatur von -10 °C erreicht werden.

2. Effizienz-Kriterium Wärme (Bestimmung des effektiven Wärmebereitstellungsgrades) der passiven Wärmerückgewinnung

Der effektive trockene Wärmebereitstellungsgrad¹ mit balancierten Massenströmen auf der Außen-/ Fortluftseite muss mindestens 75 % betragen.

3. Effizienz-Kriterium Strom

Unter den Randbedingungen des Prüfrelements ist eine Stromeffizienz für den reinen Lüftungsbetrieb von $0,45\text{ Wh/m}^3$ einzuhalten.

4. Dichtheit

Die Leckvolumenströme dürfen nicht größer als 3 % des mittleren Volumenstromes des Einsatzbereiches des Wärmepumpen-Kompaktgerätes sein.

5. Effizienz der Wärmepumpe im Heiz- und Warmwasserbetrieb

Die Kenndaten (COP-Werte und Leistungsdaten für Heizung, Warmwasser und Bereitschaft sowie Wärmeverluste Speicher, Warmwasser bzw. Heizungsvorrang) bei den Prüfpunkten gem. Prüfreglement werden für Warmwasser-, Heizungs- und Bereitschaftsbetrieb bestimmt und im Zertifikat ausgewiesen. Diese bilden die Grundlage für die Berechnung der Primärenergiebilanz im PHPP (ab Version 2007). Grenzwert für die Effizienz ist ein **Primärenergiebedarf** für Heizung, Warmwasser, Lüftung und Hilfsstrom von **55 kWh pro Quadratmeter Energiebezugsfläche**. Der Nachweis (mit PHPP, Klimadaten Standard, personenspezifische Wohnfläche 35 m^2) erfolgt dabei für Passivhäuser mit einer Heizlast von 12 W/m^2 , einem Heizwärmebedarf von $15\text{ kWh/m}^2\text{a}$ und einer spezifischen Wärmenachfrage des Warmwassersystems von $18\text{ kWh/(m}^2\text{a)}$. Überschreitet das Gerät den Primärenergiegrenzwert von $55\text{ kWh/(m}^2\text{a)}$ in bestimmten Volumenstrombereichen, so wird der Einsatzbereich entsprechend eingeschränkt (siehe Grafik als Beispiel).

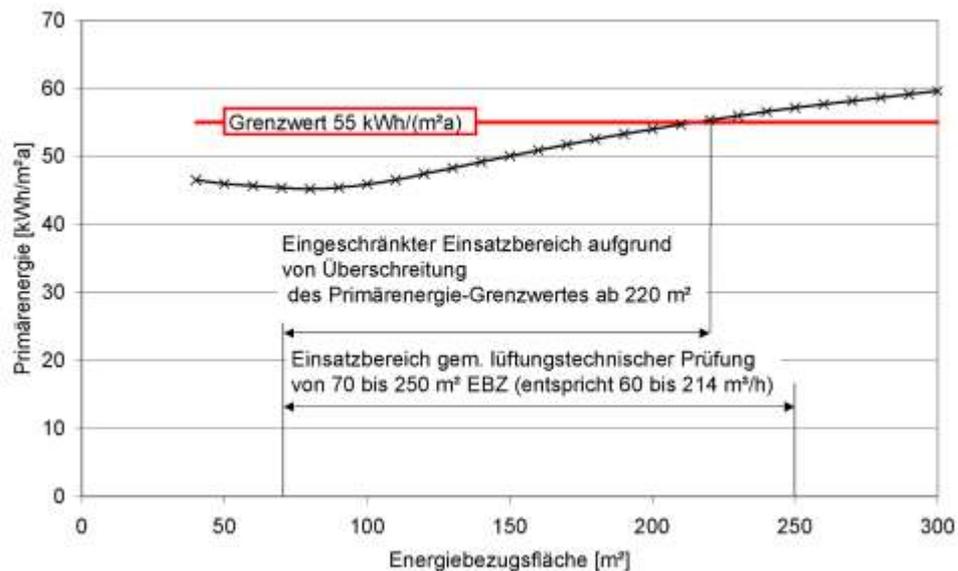


Abbildung 38: Einschränkung des Einsatzbereichs von PH-Kompaktgeräten bei Überschreitung des Grenzwertes für den Primärenergiebedarf von 55 kWh/(m²a) [FEI08], [PFL08]

Die Umrechnung zwischen Energiebezugsfläche EBZ und Volumenstrom erfolgt über den Faktor $30 \text{ m}^3/(\text{h Person}) / 35 \text{ m}^2/\text{Person} = 0,857 \text{ m}^3/(\text{hm}^2)$.

6. Schallschutz

Da Kompaktgeräte mit Wärmepumpen im Vergleich zu reinen Lüftungsgeräten im Betrieb in der Regel höhere Schallleistungen insbesondere im tieffrequenten Bereich (unter 100 Hz) emittieren, ist die Angabe der vollständigen Frequenzspektren der Gehäuseabstrahlung erforderlich. Die Einhaltung der Anhaltswerte nach DIN 45680 muss mit einem Aufstellraum mit massiven Trennwänden (110 mm KS oder schalltechnisch äquiv.) möglich sein.

7. Anforderungen für folgende Punkte sind identisch mit denen für reine Lüftungsgeräte

- Abgleich und Regelung
- Raumlufthygiene/ Filter
- Frostschutzschaltung
- Standbyverbrauch

[FEI08]

Musterzertifikat:

Zertifikat

gültig bis 31.12.20XX

**Passivhaus
geeignete
Komponente:** **Wärmepumpen-Kompaktgerät**

Hersteller: ...

Produktname: ...

Folgende Kriterien wurden für die Zuerkennung des Zertifikates geprüft:
(Vollständige Anforderungen und Nachweise sind der Anlage zu diesem Zertifikat zu entnehmen.)

Passivhaus-Behaglichkeitskriterium: Min. Zulufttemperatur 18,5°C bei -10 °C Außenlufttemperatur erreicht.

Effizienz-Kriterium (Wärmerückgewinnung): Effektiver Wärmebereitstellungsgrad ... %

Effizienz-Kriterium (Strom): max. 0,45 W/(m³/h) geförderter Zuluftvolumenstrom

Dichtheit: Interne Leckagen max. 3 %; externe Leckagen max. 3 %

Abgleich und Regelbarkeit, Filter, Frostschutzschaltung: geprüft

Schallschutz: Terzbandanalyse für Schallabstrahlung (Gehäuse und Gerätestutzen) ab 25 Hz

Erdwärmeübertrager: Für dieses Gerät ist ein Erdwärmeübertrager mit einer Mindestaustrittstemperatur von ... °C vorzusehen.

Heizung

| | Prüfpunkt 1 | Prüfpunkt 2 | Prüfpunkt 3 | Prüfpunkt 4 |
|------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| Außenlufttemperatur | -7 °C | 2 °C | 7 °C | |
| thermische Leistung WP | | | | |
| COP Heizung | | | | |

Warmwasser

| | -7 °C | 2 °C | 7 °C | 20 °C |
|----------------------------------------------|-------|------|------|-------|
| Außenlufttemperatur | -7 °C | 2 °C | 7 °C | 20 °C |
| thermische Leistung WP WW Speicheraufheizung | | | | |
| thermische Leistung WP WW Speichernachladung | | | | |
| COP WW Speicheraufheizung | | | | |
| COP WW Speichernachladung | | | | |

Speicher spez. Wärmeverluste W/K mittlere Speichertemp. °C
Speicher inkl. Anschlüsse im Bereitschaftsbetrieb

Regelung (Vorrangschaltung): Warmwasservorrang / Heizungs-vorrang

Maximale Zulufttemperatur im Heizlastfall: °C

Fortluftbeimischung (falls vorhanden): Volumenstrom der Beimischung m³/h

Passivhaus
Institut
Dr. Wolfgang Feist
Rheinstraße 44/46
D-64283 Darmstadt

**PASSIV
HAUS
geeignete
KOMPONENTE**
Dr. Wolfgang Feist

Wärmepumpen-Kompaktgerät
Einsatzbereich von ... bis ...
Primärenergie ges.*
... kWh/(m²a)
*Heizung, Warmwasser, Lüftung und Hilfsstrom;
Randbedingungen siehe Anlage zum Zertifikat

[FEI08]

ad 3)

Anforderungen - Zertifizierung von Lüftungsanlagen:

Kriterien für die Beurteilung der Eignung von Lüftungsanlagen als Passivhaus geeignete Komponente:

1. Passivhaus - Behaglichkeitskriterium

Eine minimale Zulufttemperatur von 16,5°C wird vom Gerät ohne zusätzliche Einrichtungen auch bei einer Außenlufttemperatur von -10°C erreicht.

2. Effizienz - Kriterium (Wärme)

Der effektive trockene Wärmebereitstellungsgrad wird am Laborprüfstand mit balancierten Massenströmen auf der Außen-/ Fortluftseite gemessen. Die Randbedingungen für die Messung sind den Unterlagen zum Prüfverfahren zu entnehmen.

$$\eta_{\text{WRG},t,\text{eff}} = ((\vartheta_{\text{Ab}} - \vartheta_{\text{Fo}}) + P_{\text{el}} / m \cdot c_p) / (\vartheta_{\text{Ab}} - \vartheta_{\text{Au}})$$

Mit $\eta_{\text{WRG},t,\text{eff}}$ lässt sich die (trockene) Lüftungsheizlast (Systemgrenze Haus) nach der Formel $V_{\text{zul}} \cdot (1 - \eta_{\text{WRG},t,\text{eff}}) \cdot 0,34 \cdot \Delta\vartheta$ (vermehrt um die Infiltration) berechnen. Die Wärmebereitstellungsgrade sind in dem Fall, dass im Wärmeübertrager Kondensation auftritt, i.a. höher. Dies wird hier zunächst bewusst nicht berücksichtigt.

Für das untersuchte Gerät ergab sich ein Wert von

$$\eta_{\text{WRG},t,\text{eff}} = \dots \%$$

3. Effizienz-Kriterium (Strom)

Am Prüfstand wurde bei einer externen Pressung von 100 Pa (jeweils 50 Pa druck- bzw. saugseitig) an der oberen Grenze des Einsatzbereichs die gesamte elektrische Leistungsaufnahme des Gerätes inklusive Steuerung jedoch ohne Frostschutzheizung gemessen.

Für das untersuchte Gerät ergab sich ein Wert von

... Wh/m³ bei ... m³/h

4. Dichtheit und Dämmung:

Die Dichtheitsprüfung ist vor Beginn der thermodynamischen Prüfung entsprechend den DIBt-Richtlinien sowohl für Unter- als auch Überdruck durchzuführen. Die so ermittelten Leckvolumenströme dürfen nicht größer als 3% des mittleren Volumenstromes des Einsatzbereiches des Wohnungslüftungsgerätes sein.

Gem. Messungen nach DIBt-Richtlinien ergaben sich für das untersuchte Gerät folgende Werte:

Interne Leckagen: ... %

Externe Leckagen: ... %

Die Anforderungen an die Dichtheit werden damit erfüllt.

5. Abgleich und Regelbarkeit

Für Außen- und Fortluftmassenstrom (bei Aufstellung des Gerätes innerhalb der wärmeisolierten Gebäudehülle) bzw. Zuluft- und Abluft-Massenstrom (bei Aufstellung des Gerätes außerhalb der wärmeisolierten Gebäudehülle) wird werkseitig die Balanceeinstellung vorgenommen. Durch die Filterüberwachung in Kombination mit den geregelten Ventilatoren wird eine Disbalance von maximal 10% dauerhaft unterschritten. Der notwendige Filterwechsel ist für den Benutzer am Display leicht erkennbar. Folgende Stellmöglichkeiten muss der Nutzer mindestens haben:

- Aus- und Einschalten der Anlage, wobei eine evtl. Standby-Leistung unter 1 Watt (elektrisch) liegen soll. Nach Stromausfall muss die Lüftungsanlage ohne Nutzereingriff automatisch wieder im Normalbetrieb oder im zuvor eingestellten Betriebszustand weiterfahren.
Bei dem untersuchten Gerät lag die Nennleistung der elektronischen Steuerung nach Messung bei ... W
- Synchronisiertes Einstellen von Zu- und Abluftventilator auf Grundlüftung (=70-80%); Standardlüftung (=100%) und erhöhte Lüftung (=130%) mit eindeutiger Ablesbarkeit des eingestellten Zustandes.
Im Labor bei 180 m³/h Normalvolumenstrom erfolgreich geprüft

6. Schallschutz

Der Schalldruckpegel im Aufstellraum ist auf 35 dB(A) (bei äquivalenten Raumabsorptionsflächen von 4 m²) zu begrenzen. Es muss eine Einbau-Anleitung mitgegeben werden, wie der Schallpegel in Wohnräumen unter 25 dB(A) und in Funktionsräumen unter 30 dB(A) gehalten werden kann.

(Anm. d. Autoren: Vielfach werden die Werte 23 dB(A) in Schlaf- und Kinderzimmer, 25 dB(A) in Wohnräumen und Küchen und 27 dB(A) in Ablufträumen als Grenzwerte angegeben. Bei diesen Werten handelt es sich um $L_{AF,max,nT}$ -Werte. Sollten höhere Anforderungen (z.B. ≤ 20 dB) gefordert werden, sind diese gesondert mit dem Auftraggeber abzustimmen.)

Bei einem Volumenstrom von 170 m³/h wurde ein Schalldruckpegel von ... dB(A) gemessen. Der Grenzwert für den Schallschutz im Aufstellraum wurde damit deutlich überschritten. Das Gerät muss folglich in einem separaten Technikraum aufgestellt werden. Zur Einhaltung der Schallpegel in den Wohn- und Funktionsräumen werden vom Hersteller die Schalldämpfer SLFM und SLFA empfohlen.

7. Raumlufthygiene

Das Zentralgerät einschließlich Wärmeübertrager ist einfach zu inspizieren und zu reinigen. Der Filterwechsel kann vom Betreiber (kein Fachpersonal) selbst durchgeführt werden, diesbezügliche Beschreibung und Bezugsquellen für die Filter sind im Handbuch zu dokumentieren. Folgende Filterqualitäten sind zum Verschmutzungsschutz mindestens vorzusehen:

- Außenluftfilter mindestens F7, Anordnung frontständig
- Abluftfilter mindestens G4

Die Filterüberwachung erfolgt durch Druckdifferenzmessung an den Filtern (Meldung ab 80 Pa Differenzdruck) und wenn der halbjährliche Filterwechsel um mehr als 4 Wochen überschritten wurde. Wird das Gerät im Sommer nicht betrieben, soll der Filter vor der Wiederinbetriebnahme gewechselt werden. Der Gerätehersteller hat entweder durch Gerätebestandteile oder durch obligatorisch beigefügtes Zubehör dafür Sorge zu tragen, dass

die Raumlufthygiene nach dem neuesten Erkenntnisstand sichergestellt wird.

8. Frostschutzschaltung

Durch geeignete Maßnahmen ist sicherzustellen, dass auch bei winterlichen Extremtemperaturen (-15°) sowohl ein Zufrieren des Wärmeüberträgers als auch das Einfrieren eines hydraulischen Nachheizregisters ausgeschlossen werden kann. Beim ungestörten Frostschutzbetrieb muss die reguläre Funktion des Gerätes dauernd sichergestellt sein (eine Außenluftunterbrechungsschaltung kommt in Passivhaus geeigneten Anlagen nicht in Frage, weil die dabei durch erzwungene Infiltration auftretenden Heizlasten unzulässig hoch werden). Beim Einsatz eines Pumpenwarmwasser-Nachheizregisters muss durch eine geeignete Frostschutzschaltung dieses Nachheizregister vor Frostschäden geschützt werden. Dabei müssen auch der mögliche Ausfall von Vorheizregister und Abluftventilator berücksichtigt sein.

Das Gerät verfügt über eine eingebaute Frostschutzheizung nach dem Außenluftventilator, die Regelung erfolgt über die Fortlufttemperatur. Bei Betrieb mit Erdwärmetauscher sind keine besonderen Einstellungen erforderlich. Als Zubehör wird ein hydraulisches Nachheizregister mit Frostschutzschaltung angeboten. Bei Unterschreiten einer Mindestlufttemperatur vor dem Heizregister wird das Lüftungsgerät abgeschaltet.

[FEI08]

| | | | | |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <h1>Zertifikat</h1> <p>gültig bis 31.12.2003</p> <p>Passivhaus geeignete Komponente: Wärmerückgewinnungsgerät</p> <p>Hersteller: ...</p> <p>Produktname: ...</p> <p>Folgende Kriterien wurden für die Zuerkennung des Zertifikates geprüft:</p> <ol style="list-style-type: none">1) Passivhaus-Behaglichkeitskriterium: Eine minimale Zulufttemperatur von 16,5°C wird bei -10 °C Außenlufttemperatur erreicht. Begründung: In Passivhäusern sind keine Heizflächen an Außenbauteilen erforderlich. Um unbehaglichen Kaltlufteneinfall zu vermeiden, muß die Zulufttemperatur begrenzt werden.2) Effizienz-Kriterium (Wärme): Der effektive trockene Wärmebereitstellungsgrad muß mit balancierten Massenströmen bei Außentemperaturen zwischen -15 und 10°C und trockener Abluft (21°C) höher als $\eta_{WBG,eff} \geq 75\%$ sein (hier: %).3) Effizienz-Kriterium (Strom): Die gesamte spezifische elektrische Leistungsaufnahme des Gerätes darf in den für Passivhäuser vorgesehenen Betriebszuständen (bei Auslegungs-Massenstrom) 0,45 W/(m³/h) geförderter Zuluftvolumenstrom nicht überschreiten (hier W/(m³h)).4) Dichtheit: Der interne Leckluftstrom und der externe Leckluftstrom dürfen jeweils 3% des Nenn-Abluftstromes nicht übersteigen. (Anforderungen und Nachweise sind der Anlage zu diesem Zertifikat zu entnehmen)5) Dämmung: Die Wärmeabgabe/Wärmeaufnahme über das Gehäuse des Gerätes muß begrenzt sein; d.h. Dämmung als Gesamt-Transmissionskoeffizient 5 W/K (bei einem Gerät für eine Wohnung d.h. 120 m³/h Nennvolumenstrom; (hier W/K).6) Abgleich und Regelbarkeit: (Anforderungen und Nachweise sind der Anlage zu diesem Zertifikat zu entnehmen)7) Schallschutz: Schalldruckpegel im Aufstellraum < 35 dB(A) bei äquivalenten Raumabsorptionsflächen von 4 m². Schallpegel in Wohnräumen unter 25 dB(A), in Funktionsräumen unter 30 dB(A). (Erläuterungen und Nachweise sind der Anlage zu diesem Zertifikat zu entnehmen)8) Raumlufthygiene: (Anforderungen und Nachweise sind der Anlage zu diesem Zertifikat zu entnehmen)9) Frostschutzschaltung: (Anforderungen und Nachweise sind der Anlage zu diesem Zertifikat zu entnehmen) <p>Das Zertifikat ist wie folgt zu verwenden:</p> <table><tr><td>PASSIV HAUS geeignete KOMponente Dr. Wolfgang Feist</td><td></td><td>Wärmerückgewinnung: Wärmebereitstellungsgrad (effektiv): ... % Elektroeffizienz: ... Wh/m³</td></tr></table> | PASSIV HAUS geeignete KOMponente Dr. Wolfgang Feist |  | Wärmerückgewinnung: Wärmebereitstellungsgrad (effektiv): ... % Elektroeffizienz: ... Wh/m³ | <p>Passivhaus Institut Dr. Wolfgang Feist Rheinstraße 44/46 D-64283 Darmstadt</p>  |
| PASSIV HAUS geeignete KOMponente Dr. Wolfgang Feist |  | Wärmerückgewinnung: Wärmebereitstellungsgrad (effektiv): ... % Elektroeffizienz: ... Wh/m³ | | |

ad 4)

Anforderungen - Zertifizierung von Wand- und Bausystemen:

Erforderliche Daten für die Beurteilung der Eignung von Wand- und Bausystemen als Passivhaus geeignete Komponente:

1. Ausgangswerte:

Innentemperatur (T_i): 20 °C

Außentemperatur (T_e): 0 °C

Kellertemperatur (T_c): 10 °C

Bodentemperatur (T_g): 10 °C

Wärmeübergangswiderstand innen (R_{si}): 0.13 m²K/W

Wärmeübergangswiderstand außen (R_{se}): 0.04 m²K/W

Wärmeübergangswiderstand Keller (R_{sc}): 0.17 m²K/W

Wärmeübergangswiderstand Boden (R_{sg}): 0 m²K/W

2. Bezugsmaße:

Außenmaßbezug

3. reguläre Bauteile:

$f \cdot U_{opak} \leq 0,15 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ mit f: Temperaturreduktionsfaktor

4. Anschlussdetails: Die Kriterien für die Zuerkennung sind:

- Wärmebrückenfreiheit im Passivhaus
 $\Psi_{\text{außen}}$ kleiner gleich 0,01 W/(mK) für alle regulären* Anschlussdetails
- Oberflächentemperaturen bei allen Anschlussdetails > 17°C

* reguläre Anschlussdetails:

- Differenz Innenkante - Außenkante
- Außenwand-Bodenplatte
- Außenwand-Kellerdecke
- Außenwand-Innenwand
- Austritt
- Außenwand-Dach
- Giebelwand-Dach
- Dachfirst
- Außenwand-Geschoßdecke
- Trennwand-/Innenwand-Kellerdecke (tragend) (hier darf $\Psi_{\text{außen}}$ größer gleich 0,01 W/(mK) sein)
- Trennwand-/Innenwand-Kellerdecke (nicht tragend) (hier darf $\Psi_{\text{außen}}$ größer gleich 0,01 W/(mK) sein)
- ggf. Rollladenkasten (hier darf $\Psi_{\text{außen}}$ größer gleich 0,01 W/(mK) sein)

5. Fenstereinbau: Die Kriterien für die Zuerkennung sind:

Ein (realer oder fiktiver) typischer Passivhausrahmen, der an der Grenze der Zertifizierbarkeit liegt ($U_w \leq 0,80 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ mit $U_g = 0,7 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$, z.B. Rahmenbreite 130 mm, $U_{\text{Frame}} = 0,78 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$, $\Psi_{\text{Glasrand}} = 0,03 \text{ W}/(\text{mK})$), wird in das betreffende Bausystem eingesetzt. U_w des eingebauten Normfensters (1,23 m breit, 1,48 m hoch) darf sich durch den Einbau höchstens um 0,05 W/(m²K) vergrößern.

6. Durchdringungen:

Die Kriterien für die Zuerkennung sind:
Sind punktförmige Durchdringungen Teil des zu zertifizierenden Bausystems, ist zu unterscheiden:

- Dübel oder andere in der Fläche regelmäßig auftretende Befestigungselemente sind auf den Gesamt-U-Wert des Wandsystems umzurechnen, dieser muß weiterhin unter $0,15 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ liegen,
- regelmäßig auftretende Höcker (z.B. im Fundament bzw. Wandfußbereich, Balkonbefestigungen etc.) sind auf längenbezogene Wärmebrücken umzurechnen, der so berechnete äquivalente Ψ -Wert muß weiterhin bei Außenwand und Bodenplatte unter $0,01 \text{ W}/(\text{mK})$ liegen. Bei Innen- und Trennwand darf der äquivalente Ψ -Wert auch über $0,01 \text{ W}/(\text{mK})$ liegen,
- Bei allen Konstruktionsdetails ist die Tauwasserfreiheit zu überprüfen!

7. Luftdichtheit:

Alle Anschlüsse müssen dauerhaft luftdicht ausgeführt werden. Die luftdichte Ebene muß im Ausführungsplan eindeutig (z.B. mit rotem Stift) erkennbar und die praktische Ausführung eindeutig erklärt sein.

[FEI08]

Musterzertifikat:

Zertifikat

gültig bis 31.12.2003

**Passivhaus
geeignete
Komponente: Wärmebrückenfreier Anschluß**

Hersteller: ...

Produktname: ...

Folgende Kriterien wurden für die Zuerkennung des Zertifikates geprüft:

Wärmebrückenfreiheit im Passivhaus:

$\Psi_{\text{außen}} \leq 0,01 \text{ W/(mK)}$ für alle regulären Anschlußdetails

U_{W} , eingebautes Normfenster (1,23 m breit, 1,48 m hoch) $\leq 0,85 \text{ W/(m}^2\text{K)}$

Innenoberflächentemperaturen über 17°C (bei $\dot{\theta}_s = -10^\circ\text{C}$ und $\dot{\theta}_i = 20^\circ\text{C}$)

Luftdichtheit aller Regelbauteile und aller Anschlußdetails

zertifizierte Details gemäß Anlagen:

...

...

...

Das Zertifikat ist wie folgt zu verwenden:



*Passivhaus
Institut
Dr. Wolfgang Feist
Rheinstraße 44/46
D-64283 Darmstadt*



*geprüfter
Anschluß*

**PASSIV
HAUS
geeignete
KOMPONENTE
Dr. Wolfgang Feist**

[FEI08]

ad 5)

Anforderungen - Zertifizierung von Haustüren:

Erforderliche Daten für die Beurteilung der Eignung von Haustüren als Passivhaus geeignete Komponente:

1. Schnittzeichnungen der Haustür, möglichst als Datei im DXF/DWG-Format. Alle vorkommenden Schnitte sind vorzulegen. Schnittzeichnungen der seitlichen/oberen Einbausituationen (s.u.) und der Schwelle.
2. Berechnung des U-Werts der Tür in einer Größe von 1,10 m Breite und 2,20 m Höhe (Außenmaße der Türzarge). Alle konstruktiven Merkmale der Tür (Aufbau, Beschläge etc.) und des Einbaus müssen in der Berechnung berücksichtigt werden. Punktförmig auftretende Merkmale bleiben unberücksichtigt, wenn ihr Einfluss auf den Gesamtwärmestrom als gering angenommen werden kann. Der Schnitt ist an der typischen Stelle zu berechnen. Bei Türen mit homogenen Füllungen ist der U-Wert der Füllung anzugeben. Mit dieser Füllung ist die Kenngröße U_f analog DIN EN 10077 nach den Zeichnungen unter 1. mit einem nach EN 10211 validierten zweidimensionalen Wärmestromberechnungsprogramm zu berechnen. Enthält die Tür Verglasungen oder homogene Füllungen, so sind U- und g-Wert der Verglasung (bzw. der U-Wert der Füllung) anzugeben. Die Kenngrößen gemäß DIN EN 10077 sind in diesem Fall nach den Zeichnungen unter 1. mit einem nach EN 10211 validierten zweidimensionalen Wärmestromberechnungsprogramm zu berechnen. Der Randverbund ist zu beschreiben und mit zu berechnen. Gegebenenfalls kann die Verwendung eines bestimmten Randverbundes zur Auflage gemacht werden. Sind die Schnitte durch den Rahmen an verschiedenen Seiten unterschiedlich, so ist die Berechnung für alle vorkommenden Schnitte durchzuführen. Besitzt die Tür weder homogene Füllung noch Verglasung, so ist der U-Wert unter Berücksichtigung der mehrdimensionalen Wärmeströme zu berechnen. In diesem Fall kann eine dreidimensionale Wärmestromberechnung notwendig werden. Gerechnet werden soll zunächst im gespiegelten Anschluß „Tür an Tür“. Die Wärmeleitfähigkeiten der verwendeten Materialien sind nach DIN EN 10077, DIN 4108 oder nach Prüfzeugnissen zu bestimmen. Bei der Verwendung von gemessenen Wärmeleitfähigkeiten sind die Zuschläge entsprechend DIN 52612 zu berücksichtigen. Für die Wärmeleitfähigkeit von Verglasungen sind Bundesanzeigerwerte zu verwenden. Die Wärmeleitfähigkeit von Hohlräumen im Rahmen ist nach prEN 10077-2 zu berechnen, in begründeten Fällen, z.B. bei Oberflächen niedriger Emissivität, kann davon abgewichen werden. Die minimale Innenoberflächentemperatur ist anzugeben. Randbedingungen der Berechnung: außen -10 °C, innen 20 °C; Wärmeübergangswiderstände entsprechend prEN 10077-2. Das PHI behält sich eine Überprüfung der Berechnung vor.
3. Berechnung des Wärmebrückenverlustkoeffizienten Ψ_{Einbau} für mindestens drei Passivhaus-Einbausituationen (WDVS, Schalungsstein, Holzbau jeweils mit U-Wert unter 0,15 W/(m²K)) mit einem validen zweidimensionalen Wärmestromberechnungsprogramm. Sind die Art des Einbaus oder die Schnitte durch den Rahmen an verschiedenen Seiten unterschiedlich, so ist die Berechnung für alle vorkommenden Fälle durchzuführen. Das PHI behält sich eine Überprüfung der Berechnung vor.

[FEI08]

Zertifikat

gültig bis 31.12.2003

**Passivhaus
geeignete
Komponente: Haustür**

Hersteller: ...

Produktname: ...

*Passivhaus
Institut
Dr. Wolfgang Feist
Rheinstraße 44/46
D-64283 Darmstadt*



Folgende Kriterien wurden für die Zuerkennung des Zertifikates geprüft:

Wärmeverluste der eingebauten Haustür:

Die Tür (Prüfgröße: 1,10 m * 2,20 m) erreicht im eingebauten Zustand einen U-Wert von

$$U_{D, eingebaut} \leq \dots \text{ W/(m}^2\text{K)} \leq 0,80 \text{ W/(m}^2\text{K)}$$

wenn die in der Anlage dokumentierten Einbaudetails der Haustür in Passivhaus geeignete Wandaufbauten (Wärmedämmverbundsystem, Holzbaufassade und Betonschalungsstein) eingehalten werden. Der angegebene U-Wert enthält die Einbau-Wärmebrücken. Ohne Einbau beträgt der U-Wert 0,54 W/(m²K).

Luftdichtheit:

Auch bei niedrigen Außentemperaturen und unter Sonneneinstrahlung (Prüfklima d und e nach EN 1121) wurde die Luftdichtheitsklasse 3 (bezogen auf die Fugenlänge) nach EN 12207 erreicht:

$$\dot{V} \leq \dots \text{ m}^3\text{/(hm)} \leq 2,25 \text{ m}^3\text{/(hm) bei 100 Pa}$$

Der angegebene Wert wird aufgrund der vorliegenden Messergebnisse erreicht unter den nachfolgend angegebenen Randbedingungen: 1.) Laborbedingungen. 2.) Prüfklima d: Innen 23 °C, 30 % r.F., außen -15 °C. 3.) Prüfklima e: Innen 20-30 °C, außen 50-60 °C durch Strahlung. 4.) Prüfklima c: Innen 23 °C, 30 % r. F., außen 3 °C, 85 % r.F.

Passivhaus spezifische Auflagen:

Eine eventuell vorhandene Verglasung darf bei einem U-Wert von 0,7 W/(m²K) einen Anteil von 40% nicht übersteigen.

Das Zertifikat ist wie folgt zu verwenden:

**PASSIV
HAUS
geeignete
KOMPONENTE
Dr. Wolfgang Feist**



Haustür:

$$U_D = \dots \text{ W/(m}^2\text{K)}$$
$$\dot{V}_{100Pa} \leq \dots \text{ m}^3\text{/(hm)}$$

ad 6)

Anforderungen - Zertifizierung von Verglasungen:

Erforderliche Daten für die Beurteilung der Eignung von Verglasungen als Passivhaus geeignete Komponente:

1. Passivhaus-Behaglichkeitskriterium:

U_g (EN 673) kleiner oder gleich $0,80 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ [1]

Begründung: In Passivhäusern sind bei normaler Raumhöhe keine Heizflächen an Außenbauteilen erforderlich. Um Diskomfort durch Strahlungswärmeentzug und durch Kaltluftabfall zu vermeiden, muß der Wärmedurchgangskoeffizient der Verglasung nach oben begrenzt werden.

2. Passivhaus - Energiekriterium:

$g \cdot 1,6 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ größer oder gleich U_g [2]

Begründung: Glasflächen in wenig verschatteten Südfassaden müssen auch in der im Passivhaus eingeschränkten Heizzeit (November - Februar) noch einen Netto-Wärmegewinn erzielen können. Achtung: Bei Formel [2] handelt es sich um eine komponentenbezogene Grobabschätzung, welche die Energiebilanz im Haus nur im Spezialfall widerspiegelt. Im konkreten Gebäude muß die Energiebilanz mit dem "Passivhaus Projektierungs Paket" oder thermischer Gebäudesimulation nachgewiesen werden.

3. Passivhaus bezogene Auflagen:

Für die Funktion innerhalb eines Passivhauses ist die Verglasung in einen "Passivhaus geeigneten Fensterrahmen" einzubauen.

Anmerkung:

mit Einführung der Energieeinsparverordnung haben sich auch die Berechnungsverfahren für Fenster und Verglasungen geändert. Demnach ist die g -Wert-Berechnung nach EN 410 durchzuführen.

Der U_g -Wert ist nach EN 673 zu berechnen.

Hinweis:

EN 673 verlangt eine Rundung des Ergebnisses auf eine Dezimale. Diese Rundung ist jedoch für hochwärmedämmende Verglasungen nicht angemessen, da dadurch Ungenauigkeiten im Berechnungsergebnis der Wärmeverluste von bis zu $\pm 20\%$ entstehen können. Im Rahmen der Passivhaus-Zertifizierung von Verglasungen wird deshalb der U_g -Wert auf zwei Stellen nach dem Komma angegeben!

[FEI08]

Musterzertifikat:

Zertifikat

gültig bis 31.12.2003

**Passivhaus
geeignete
Komponente: Verglasung**

Hersteller: ...

Produktname: ...

Folgende Kriterien wurden für die Zuerkennung des Zertifikates geprüft:

Passivhaus-Behaglichkeitskriterium:

$$U_g (BAZ) = \dots \text{ W/(m}^2\text{K)} \leq 0,8 \text{ W/(m}^2\text{K)} \quad [1]$$

Begründung: In Passivhäusern sind bei normaler Raumhöhe keine Heizflächen an Außenbauteilen erforderlich. Um Diskomfort durch Strahlungswärmeentzug und durch Kaltluftabfall zu vermeiden, muß der Wärmedurchgangskoeffizient der Verglasung nach oben begrenzt werden.

Passivhaus - Energiekriterium:

$$U_g - 1,6 \text{ W/(m}^2\text{K)} \cdot g = \dots - 1,6 \cdot \dots \% \leq 0 \quad [2]$$

Begründung: Glasflächen in wenig verschatteten Südfassaden müssen auch in der im Passivhaus eingeschränkten Heizzeit (November - Februar) noch einen Netto-Wärmegewinn erzielen können.

Achtung: Bei Formel [2] handelt es sich um eine komponentenbezogene Grobabschätzung, welche die Energiebilanz im Haus nur im Spezialfall widerspiegelt. Im konkreten Gebäude muß die Energiebilanz mit dem „Passivhaus Projektierungs Paket“ oder thermischer Gebäudesimulation nachgewiesen werden. Der nach Formel [2] im linken Term stehende Wert darf nicht neben dem Passivhaus-Prädikat verwendet werden.

Passivhaus bezogene Auflagen:

Für die Funktion innerhalb eines Passivhauses ist die Verglasung in einen „Passivhaus geeigneten Fensterrahmen“ einzubauen.

Das Zertifikat ist wie folgt zu verwenden:



*Passivhaus
Institut
Dr. Wolfgang Feist
Rheinstraße 44/46
D-64283 Darmstadt*

**PASSIV
HAUS
geeignete
KOMPONENTE**

Dr. Wolfgang Feist



Verglasung:

$U_g = \dots \text{ W/(m}^2\text{K)}$

$g = \dots \%$

[FEI08]

Abkürzungsverzeichnis

| | |
|------------------|----------------------------------------------------------------------|
| BGF | Brutto-Grundfläche |
| BGF _h | beheizte Brutto-Grundfläche |
| COP | Coeffizient of Performance |
| DiBt | Deutsches Institut für Bautechnik |
| EA | Energieausweise |
| EBF | Energiebezugsfläche |
| EWT | Erdreichwärmetauscher |
| GKB | Gipskarton-Bauplatte |
| GKF | Gipskarton-Feuerschutzplatte |
| HL | Heizlast |
| HT | Haustechnik |
| HWB | Heizwärmebedarf |
| JAZ | Jahres-Arbeitszahl |
| KWL | Kontrollierte Wohnraumlüftung |
| MWK | Mauerwerk |
| OIB | Österreichisches Institut für Bautechnik |
| ÖPNV | Öffentlicher Personennahverkehr |
| PH | Passivhaus |
| PHI | Passivhaus Institut Dr. Wolfgang Feist – Darmstadt |
| PHPP | Passivhaus Projektierungs Paket (2007) |
| PV | Photovoltaik |
| RLT | Raumluftechnik |
| STB | Stahlbeton |
| TGA | Technische Gebäudeausrüstung (Haustechnik) |
| TVOC | total organic volatile compounds (= flüchtige organische Substanzen) |
| VOC | organic volatile compounds (= flüchtige organische Substanzen) |
| WB | Wärmebrücke |
| WBO | Wiener Bauordnung |
| WBTv | Wiener Bautechnikverordnung |
| WDVS | Wärmedämmverbundsystem |
| WNF | Wohnnutzfläche |
| WNFL | Wohnnutzfläche |
| WRG | Wärmerückgewinnung |
| WW | Warmwasser |

Abbildungsverzeichnis

| | | |
|---------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Abbildung 1: | Vergleich Wasser - Luft als Energieträger [J. Fechner, 17&4] | 7 |
| Abbildung 2: | Einfluss des Wärmeschutzes auf die Oberflächentemperaturen und somit auf die empfundene Raumtemperatur [H. Krapmeier, Energieinstitut Vorarlberg] in [HOL07] | 9 |
| Abbildung 3: | Nachweisblatt einer beispielhaften Berechnung mit dem PHPP 2007 [Quelle: Beispiel aus dem Software-Paket PHPP 2007]..... | 29 |
| Abbildung 4: | Geometrie typischer Einfamilienhäuser [eigene Abbildung]..... | 49 |
| Abbildung 5: | Geometrie typischer Mehrfamilienhäuser [Schöberl&Pöll OEG] | 49 |
| Abbildung 6: | Spezifische Verluste, Gewinne und Heizwärmebedarf in kWh/m ² Monat [Schöberl&Pöll OEG erstellt mit dem PHPP2007]..... | 53 |
| Abbildung 7: | Dämpfung der Tagesspitzen der Umgebungstemperatur durch einen Erdreichwärmetauscher [FEI06]..... | 63 |
| Abbildung 8: | Lage des Lüftungsgerätes innerhalb oder außerhalb der „warmen Hülle“ [Ausgangsbasis für Abb.: FEI07] | 65 |
| Abbildung 9: | Systemdarstellung eines Passivhauses mit PH-Kompaktgerät [Quelle: Fa. Viessmann] | 68 |
| Abbildung 10: | Mögliche Bedienelemente zur Regelung der Luftmengen und der Raumtemperatur | 69 |
| Abbildung 11: | Erdwärmetauscher [Quelle: H. Huber, arsenal research] | 70 |
| Abbildung 12: | Funktionsschema einer Wärmepumpe [FEI07a]..... | 72 |
| Abbildung 13: | Systemdarstellung eines PH-Kompaktgerätes [FEI07a]..... | 74 |
| Abbildung 14: | Beispielhafter Auszug der am Markt erhältlichen PH-Kompaktgeräte [FEI07a] | 76 |
| Abbildung 15: | Die luftdichte Gebäudehülle [FEI05a] | 90 |
| Abbildung 16: | Negativbeispiel – Kabelführung hinter der Dampfbremse [TRA08] | 91 |
| Abbildung 17: | Luftdichtheitsmanschetten für Rohr- und Kabeldurchführungen verschiedenster Größen [EIS08] in [TRA08] | 91 |
| Abbildung 18: | Problemfall: Die von innen nach außen durchströmte Fuge [FEI05a] | 92 |
| Abbildung 19: | Negativbeispiel I – absolut mangelhafter Anschluss der Dampfbremse (luftdichte Ebene) an das angrenzende Mauerwerk [TRA08] | 93 |
| Abbildung 20: | Negativbeispiel II – absolut mangelhafter Anschluss der Dampfbremse (luftdichte Ebene) an das angrenzende Mauerwerk [TRA08]..... | 94 |
| Abbildung 21: | Beispiel eines fachgerechten Anschlusses der Dampfbremse (luftdichte Ebene) an das angrenzende Mauerwerk [DIN01] in [TRA08]..... | 94 |
| Abbildung 22: | Vorgefertigte Systeme mit Klebestreifen zum Anschluss an die Folie und Streckmetall für den Anschluss zum Putz [MOL08] in [TRA08] | 95 |
| Abbildung 23: | Nomenklatur gemäß EN ISO 10077-2 [OEN08] und Zertifizierung durch Passivhaus Institut Darmstadt in [HOL07]..... | 98 |
| Abbildung 24: | Erläuterung U _w -Wert [Passivhaus Institut Darmstadt] in [HOL07] | 99 |
| Abbildung 25: | Erläuterung U _{w,eingebaut} -Wert [Passivhaus Institut Darmstadt] in [HOL07] | 99 |
| Abbildung 26: | Extrem ungünstiger Fenstereinbau [Passivhaus Institut Darmstadt] in [HOL07] | 100 |
| Abbildung 27: | Empfohlener Fenstereinbau [Passivhaus Institut Darmstadt] in [HOL07] . | 100 |
| Abbildung 28: | Einbau in der Dämmebene [B. Schulze-Darup] in [HOL07] | 101 |
| Abbildung 29: | Luftdichte Verklebung beim Fenstereinbau außen [Schöberl & Pöll OEG, Internorm] | 101 |

| | |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Abbildung 30: Luftdichte Verklebung innen - Aufbringung der Dichtfolie am Fensterstock vor Einbau [B. Schulze-Darup] in [HOL07]..... | 102 |
| Abbildung 31: Luftdichte Verklebung innen - eingebautes Fenster [B. Schulze-Darup] in [HOL07] | 102 |
| Abbildung 32: Einbindung des Kamins in die luftdichte Gebäudehülle – Anschluss Folienpaket [SCHM08] | 105 |
| Abbildung 33: Thermo-Trennstein und Thermo-Fußstein [SCHM08] | 106 |
| Abbildung 34: Detaillierte Darstellung des Thermo-Trennsteins [SCHM08] | 106 |
| Abbildung 35: Einsatzgebiet des Thermo-Trennsteins [SCHM08] | 107 |
| Abbildung 36: Einsatzgebiet der Thermo-Fußplatte [SCHM08] | 107 |
| Abbildung 37: Ungedämmte / gedämmte Rohrschellen [Quelle: Fischer Befestigungssysteme] in [FEI04]..... | 110 |
| Abbildung 38: Einschränkung des Einsatzbereichs von PH-Kompaktgeräten bei Überschreitung des Grenzwertes für den Primärenergiebedarf von 55 kWh/(m ² a) [FEI08], [PFL08] | 187 |

Tabellenverzeichnis

| | |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Tabelle 1: Definition Passivhaus gemäß Passivhaus Institut je Quadratmeter Energiebezugsfläche (EBF) [FEI07] | 6 |
| Tabelle 2: Kriterienkatalog klima:aktiv Passivhaus [KLI08] | 18 |
| Tabelle 3: typische U-Werte (Dämmdicken) bei verschiedenen Kompaktheiten [Schöberl&Pöll OEG]..... | 52 |
| Tabelle 4: Allgemein Bauteilanforderungen gemäß WBTV, OIB-Richtlinie 2 „Brandschutz“ [WBTV08]..... | 56 |
| Tabelle 5: Mindestforderliche immissionsflächenbezogene speicherwirksame Masse $m_{w,AI}$ in Abhängigkeit vom immissionsflächenbezogenen stündlichen Luftvolumenstrom $V_{L,s}$ [OEN99] | 60 |
| Tabelle 6: Gültigkeit der OIB-Richtlinien [OIB09] | 61 |
| Tabelle 7: Ausschnitt aus einem Wärmepumpen Prüfprotokoll mit Angabe der Betriebspunkte und der entsprechenden COP-Werte [Quelle: http://www.arsenal.ac.at/downloads/Prueftabelle-SW-WW.pdf]..... | 73 |
| Tabelle 8: Filterklassen (angelehnt an EN 13779) [VDI06] | 81 |
| Tabelle 9: Klassifizierung von Wärmeverteilungen anhand der Nutzbarkeit ihrer Verluste [FEI04] | 108 |

Diagrammverzeichnis

| | |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Diagramm 1: Bsp. 1: Orientierungswerte für Dämmstoffdicken bei den oben aufgelisteten Randbedingungen [Schöberl & Pöll OEG]..... | 57 |
| Diagramm 2: Bsp. 2: Orientierungswerte für Dämmstoffdicken bei den oben aufgelisteten Randbedingungen [Schöberl & Pöll OEG]..... | 58 |
| Diagramm 3: Wirtschaftlichkeit von Rohrdämmungen [FEI04] in [FEI98]..... | 110 |

Quellenverzeichnis

- [AEA08] Homepage der Österreichische Energieagentur - Austrian Energy Agency
[http://www.energyagency.at/\(de\)/projekte/summerheat.htm](http://www.energyagency.at/(de)/projekte/summerheat.htm), Wien,
Oktober 2008
- [ART08] Vereinbarung gemäß Art. 15a B-VG zwischen dem Bund und den Ländern über
Maßnahmen im Gebäudesektor zum Zweck der Reduktion des Ausstoßes an
Treibhausgasen, 2008
- [AUS09] www.solarwaerme.at, herausgegeben von Austria Solar - Verein zur Förderung
der thermischen Solarenergie
<http://www.solarwaerme.at>, Februar 2009
- [DAT08] Katalog bauphysikalisch und ökologisch geprüfter Holzbauteile
www.dataholz.com, Oktober 2008
- [DIN01] DIN 4108-7: „Wärmeschutz und Energie-Einsparung in Gebäuden - Teil 7:
Luftdichtheit von Gebäuden, Anforderungen, Planungs- und
Ausführungsempfehlungen sowie -beispiele“, Ausgabe: 2001-08
- [DIN04] DIN 18560-2: „Estriche im Bauwesen - Teil 2: Estriche und Heizestriche auf
Dämmschichten (schwimmende Estriche)“, Ausgabe: 2004-04
- [DIN07] DIN EN 13779: „Lüftung von Nichtwohngebäuden - Allgemeine Grundlagen
und Anforderungen für Lüftungs- und Klimaanlage und Raumkühlsysteme“,
Ausgabe: 2007-09
- [ECO08] Planungsleitfaden „Raumluftabhängige Feuerung in dichten Gebäuden mit
Lüftungsanlagen“, ECO plus Bau.Energie.Umwelt Cluster Niederösterreich in
Zusammenarbeit mit Schiedel, Gast und Drexel und Weiss, Stand: 08.01.2008
- [EIS08] Homepage der Fa. Eisedicht
www.eisedicht.de, Rinteln, Deutschland, Oktober 2008
- [ENE09] [energiesparhaus.at](http://www.energiesparhaus.at) – unabhängige Beratung für Wohnen, Hausbau und
Sanierung, herausgegeben von Gudrun Stoiber Internetprojekte
<http://www.energiesparhaus.at/energie/solaranlage/index.htm>, Februar 2009
- [FEI98] W. Feist: „Passive Solarenergienutzung im Passivhaus“, Protokollband Nr. 13,
Arbeitskreis kostengünstige Passivhäuser Phase II, Passivhaus Institut,
Darmstadt, 1998
- [FEI03] W. Feist, R. Pfluger, V. Sariri: „Einfluss der Lüftungsstrategie auf die
Schadstoffkonzentration und -ausbreitung im Raum“, Protokollband Nr. 23,
Arbeitskreis kostengünstige Passivhäuser Phase III, Passivhaus Institut,
Darmstadt, Juli 2003

- [FEI04] W. Feist, D. Wolff, R. Pfluger, J. Schnieders: „Wärmeübergabe- und Verteilverluste im Passivhaus“, Protokollband Nr. 28, Arbeitskreis kostengünstige Passivhäuser Phase III, Passivhaus Institut, Darmstadt, September 2004
- [FEI04a] W. Feist, J. Schnieders, C. Thiel, E. Boy, K.-H. Dahlem: „Wärmeverluste durch das Erdreich“, Protokollband Nr. 27, Arbeitskreis kostengünstige Passivhäuser Phase III, Passivhaus Institut, Darmstadt, Mai 2004
- [FEI05] W. Feist, O. Kah, B. Kaufmann, S. Peper,: „Hochwärme gedämmte Dachkonstruktionen“, Protokollband Nr. 29, Arbeitskreis kostengünstige Passivhäuser Phase III, Passivhaus Institut, Darmstadt, Juni 2005
- [FEI05a] „Luftdichtheit“, Beitrag zur 9. Passivhaustagung, Passivhaus Institut, Darmstadt, 20.03.2005
http://www.passivhaustagung.de/neunte/luftdicht_05.html
- [FEI06] W. Feist, A. Gerber, T. Kuhn, J. Schnieders: „Passivhaus-Sommerfall“, Protokollband Nr. 15, Arbeitskreis kostengünstige Passivhäuser Phase II, Passivhaus Institut, 3. Auflage, Darmstadt, März 2006
- [FEI07] W. Feist, R. Pfluger, B. Kaufmann, J. Schnieders, O. Kah: „Passivhaus Projektierungs Paket 2007 – Anforderungen an qualitätsgeprüfte Passivhäuser“, Passivhaus Institut, Darmstadt, Juni 2007
- [FEI07a] W. Feist, R. Pfluger, R. Sinambari, J. Kirberich, O. Knospe, W. Hofbauer: „Schallschutz beim Einsatz von Wärmepumpen und Wärmepumpen-Kompaktgeräten im Passivhaus“, Protokollband Nr. 34, Arbeitskreis kostengünstige Passivhäuser Phase IV, Passivhaus Institut, Darmstadt, Juni 2007
- [FEI08] Homepage des Passivhaus Instituts Darmstadt
www.passiv.de, September 2008
- [FEI08a] Homepage des Passivhaus Instituts Darmstadt
 Herstellerliste von PH-Kompaktgeräten:
http://www.passiv.de/01_dph/UntBH/HerstLi/02Haust/Komp/Komp_F.htm,
 November 2008
- [GLO07] T. Glöckl: „Analyse der Heizlastberechnung für Niedrigenergiehäuser am Beispiel einer Wiener Passivhauswohnanlage“, Diplomarbeit am Zentrum für Bauphysik und Bauakustik, TU Wien, Wien, April 2007
- [GRE04] A. Greml, E. Blümel, R. Kapferer, W. Leitzinger: Technischer Status von Wohnraumlüftungen, Evaluierung bestehender Wohnraumlüftungsanlagen bezüglich ihrer technischen Qualität und Praxistauglichkeit, Endbericht, 2004

- [GRE08] A. Greml, W. Leitzinger, R. Kapferer, K. Höfler: „55 Qualitätskriterien für Komfortlüftungen“, Homepage der FH Kufstein, Arsenal Research, Energie Tirol und AEE INTEC betreut vom TB - Ingenieurbüro Dipl.-Ing. Andreas Greml
<http://www.komfortlüftung.at/13.html>
- [GRUE09] Homepage des Verbandes für Bauwerksbegrünung
www.gruendach.at, Jänner 2009
- [HOL07] P. Holzer: „Passivhaus Schulungsunterlagen“, Berichte aus Energie- und Umweltforschung 2/2007, herausgegeben durch das Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie (BMVIT),
<http://www.hausderzukunft.at/results.html/id3360>, 2007
- [IBF08] IBF-Richtlinie „Abdichtung erdberührter Bauteile im Hochbau“, herausgegeben durch das ofi - Institut für Bauschadensforschung in Kooperation mit IFB – Institut für Flachdachbau und Bauwerksabdichtung und Geschäftsstelle BAU – WKÖ, Jänner 2008
- [KLI08] „Technische Erläuterungen, Kriterien zum klima:aktiv Haus/Passivhaus – Version 3.3.6“, im Auftrag von: Lebensministerium, Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie, Energieinstitut Vorarlberg, Österreichisches Institut für Baubiologie und- ökologie, Oktober 2008
- [KRA01] H. Krapmeier, E. Drössler: „CEPHEUS - Wohnkomfort ohne Heizung“, Offizielles Schlussdokument des Projektes CEPHEUS Austria 1998-2001, Springer Verlag, Wien, 2001
- [MOL08] Homepage der Fa. MOLL bauökologische Produkte GmbH
<http://www2.proclima.com/co/DE/de/germany.html>; www.proclima.de, Schwetzingen, Deutschland, Oktober 2008
- [MÜN03] U. Münzenberg, J. Thumulla: „Raumluftqualität in Passivhäusern“, Beitrag über das Forschungsprojekt: „Messtechnische Evaluierung und Verifizierung der energetischen Einsparpotentiale und Raumluftqualität an Passivhäusern in Nürnberg“ im Protokollband Nr. 23 des PH-Instituts [FEI03], AnBUS e.V., Fürth
- [OEN96] ÖNORM B 2220: „Schwarzdeckerarbeiten – Dachdeckungs- und Dachabdichtungsarbeiten mit Bitumen- und Kunststoffdachbahnen – Werkvertragsnorm“, Ausgabe: 1996-06
- [OEN99] ÖNORM B 8110-3: „Wärmeschutz im Hochbau – Wärmespeicherung und Sonneneinflüsse“, Ausgabe: 1999-12-01
- [OEN02] ÖNORM B 7209: „Abdichtungsarbeiten für Bauwerke – Verfahrensnorm“, Ausgabe: 2002-07-01
- [OEN02a] ÖNORM B 2209-2: „Abdichtungsarbeiten – Werkvertragsnorm“, Teil 2: „Genutzte Dächer“, Ausgabe: 2002-07-01

- [OEN02b] ÖNORM B 7220: „Dächer mit Abdichtungen – Verfahrensnorm“, Ausgabe: 2002-07-01
- [OEN03] ÖNORM B 6053: „Dämmstoffe für den Wärme- und/oder Schallschutz im Hochbau – extrudierter Polystyrolschaumstoff XPS“, Ausgabe: 2003-07-01
- [OEN03a] ÖNORM B 6000: „Werkmäßig hergestellte Dämmstoffe für den Wärme- und/oder Schallschutz im Hochbau - Arten und Anwendung“, Ausgabe: 2003-02-01
- [OEN04] ÖNORM B 6353: „Perimeterdämmung mit werkmäßig hergestellten Produkten aus extrudiertem Polystyrolschaum (XPS-G) - Planungsnorm“, Ausgabe: 2004-05-01
- [OEN04a] ÖNORM B 6410: „Außenwand-Wärmedämm-Verbundsysteme - Verarbeitung“, Ausgabe: 2004-08-01
- [OEN06] ÖNORM B 5320: „Bauanschlussfuge für Fenster, Fenstertüren und Türen in Außenbauteilen – Grundlagen für die Planung und Ausführung“, Ausgabe: 2006-09-01
- [OEN06a] ÖNORM H 6038: „Lüftungstechnische Anlagen - Kontrollierte mechanische Be- und Entlüftung von Wohnungen mit Wärmerückgewinnung - Planung, Montage, Prüfung, Betrieb und Wartung“, Ausgabe: 2006-05-01
- [OEN07] ÖNORM B 4015: „Belastungsannahmen im Bauwesen - Außergewöhnliche Einwirkungen - Erdbebeneinwirkungen - Grundlagen und Berechnungsverfahren“, Ausgabe: 2007-02-01
- [OEN07a] ÖNORM B 4710-1: „Beton“, Teil 1: „Festlegung, Herstellung, Verwendung und Konformitätsnachweis (Regeln zur Umsetzung der ÖNORM EN 206-1 für Normal- und Schwerbeton)“, Ausgabe: 2007-10-01
- [OEN07b] ÖNORM B 6405: „Außenwand-Wärmedämm-Verbundsysteme - Produkte und Anforderungen“, Ausgabe: 2007-07-01
- [OEN07c] ÖNORM B 8110-5: „Wärmeschutz im Hochbau – Teil 5: Klimamodell und Nutzungsprofile“, Ausgabe: 2007-08-01
- [OEN07d] ÖNORM B 8110-6: „Wärmeschutz im Hochbau – Teil 6: Grundlagen und Nachweisverfahren – Heizwärmebedarf und Kühlbedarf“, Ausgabe: 2007-08-01
- [OEN07e] ÖNORM B 2232: „Estricharbeiten - Werkvertragsnorm“, Ausgabe: 2007-05-01
- [OEN08] ÖNORM EN ISO 10077-2: „Wärmetechnisches Verhalten von Fenstern, Türen und Abschlüssen - Berechnung des Wärmedurchgangskoeffizienten - Teil 2: Numerisches Verfahren für Rahmen“, Ausgabe: 2008-12-01

- [OEN08a] ÖNORM B 8110-1: „Wärmeschutz im Hochbau – Teil 1: Anforderungen an den Wärmeschutz und Deklaration des Wärmeschutzes von Gebäuden/Gebäudeteilen – Heizwärmebedarf und Kühlbedarf“, Ausgabe: 2008-01-01
- [OEN09] ÖNORM EN 13164: „Wärmedämmstoffe für Gebäude – Werkmäßig hergestellte Produkte aus extrudiertem Polystyrolschaumstoff (XPS) – Spezifikation“, Ausgabe: 2009-03-01
- [OIB07] OIB Richtlinie 6 „Energieeinsparung und Wärmeschutz“, Ausgabe April 2007
- [OIB07a] OIB Richtlinie 4 „Nutzungssicherheit und Barrierefreiheit“, Ausgabe April 2007
- [OIB09] Homepage des Österreichisches Instituts für Bautechnik – OIB, <http://www.oib.or.at/> → „OIB-Richtlinien“, Jänner 2009
- [PAFA09] Homepage der Photovoltaic Austria Federal Association (Bundesverband Photovoltaic Austria) <http://www.bv-pv.at/content/page.asp?id=64>, Februar 2009
- [PFL08] R. Pfluger: „Zertifizierung und primärenergetische Bilanzierung von Wärmepumpen-Kompaktgeräten“, Beitrag zum Tagungsband der 12. internationalen Passivhaustagung 2008, herausgegeben von Dr. Wolfgang Feist, Passivhaus Institut, Darmstadt, 2008
- [RIC08] C. Riccabona, T. Bednar, et al.: „Baukonstruktionslehre 4 - Bauphysik“, 7. Auflage, MANZ Crossmedia GmbH & Co KG, Wien, 2008
- [RWE04] RWE Bau-Handbuch, VWEW Energieverlag GmbH, 2004
- [SCHM08] H. H., Schmoll: Vortragsunterlagen der Firma Schiedel Kaminsysteme GmbH zur Themenlounge "Feuer im Passivhaus", veranstaltet von ECO plus Bau.Energie.Umwelt Cluster Niederösterreich, Stand: Jänner 2008
- [SOL09] Informationssystem der Aktion Bauen + Wohnen in NÖ, herausgegeben durch das Amt der NÖ Landesregierung Abteilung Wohnungsförderung <http://www.solarenergie-noe.at/solarenergie/38689.htm>, Februar 2009
- [SOM08] A.-W. Sommer: „Passivhäuser - Planung – Konstruktion – Details – Beispiele“, Verlagsgesellschaft Rudolf Müller GmbH & Co. KG, Köln, 2008
- [TRA08] Homepage der Fa. Dipl.-Ing. Herbert Trauernicht, Gebäudemessetechnik <http://www.luftdicht.de/hgf.htm>, Oktober 2008
- [VDI06] VDI-Richtlinie VDI 6022 Blatt 1: „Hygiene-Anforderungen an Raumluftechnische Anlagen und Geräte“, Verein deutscher Ingenieure, Ausgabe: April 2006

- [WAL08] T. Waltjen, et al: „Passivhaus-Bauteilkatalog – Ökologisch bewertete Konstruktionen“, herausgegeben durch das IBO – Österreichisches Institut für Baubiologie und -ökologie, Springer-Verlag/Wien, 2008
- [WBO08] Wiener Bauordnung, Stand 12. Juli 2008 (Techniknovelle)
- [WBTV08] Wiener Bautechnikverordnung, Stand 03. Juni 2008
- [WDVS08] Homepage der Gütegemeinschaft WDVS-Fachbetrieb
<http://www.wdvsfachbetrieb.at/downloads>, November 2008
- [WEH07] G. Wehinger: „Forschungsarbeit über das thermisch-energetische Verhalten des Low-Tech-Passivhauses Jenbach“, eeb-research, DI Günter Wehinger - Planungsbüro für energieeffizientes Bauen in Zusammenarbeit mit Dr. G. Milborn, Institut für Bauphysik der Universität Innsbruck
<http://www.eeb.at/messproj/messproj.html>, 2007