

PASSIV-HAUS-TECHNIK

13 KLIMAÄNDERUNG UND KOHLENDIOXID 89

13.1 Der Anstieg des Treibhausgases Kohlendioxid (CO ₂)	89
13.2 Auswirkungen	89
13.3 CO ₂ -Hauptverursacher	90
13.4 Wie entstehen aus einem Liter Heizöl 2,7 kg Kohlendioxid?	90

14 GESETZLICHE ANFORDERUNGEN VON GESTERN, HEUTE UND MORGEN 90

15 DIE GESCHICHTE 91

16 MERKMALE 95

16.1 Was ist ein Passivhaus?	95
16.2 Erläuterung der Grafik	95
16.3 Bericht eines Besuchers des Darmstädter Passivhauses Im November 1996	95

17 ANFORDERUNGEN AN DIE GEBÄUDEHÜLLE 96

17.1 Anforderung: Kompaktheit	96
17.2 Anforderung: Wärmedämmung	96
17.3 Anforderung: Keine Wärmebrücken	97
17.4 Anforderung: Luftdichtheit	97
17.5 Fenstergläser	100

18 LÜFTUNG 102

18.1 Lüftung ohne Fenster	102
18.2 Mechanische Lüftungsanlage	102
18.3 Lüftergeräusch	102

19 HEIZUNG IM PASSIVHAUS 103

19.1 Erster Teil: Frischluftvorwärmung durch Erdwärme	103
19.2 Zweiter Teil: Wärmetauscher	104
19.3 Dritter Teil: Die Heizung	104
19.4 Kleine Kaminöfen	105
19.5 Wärme in Schlafräumen	106
19.6 Mehrfamilienhäuser	106

20 THERMOGRAFIEN 107

21 DAS LEBEN IM PASSIVHAUS 108

22 BEI DER PLANUNG NOCH ZU BERÜCKSICHTIGEN 109

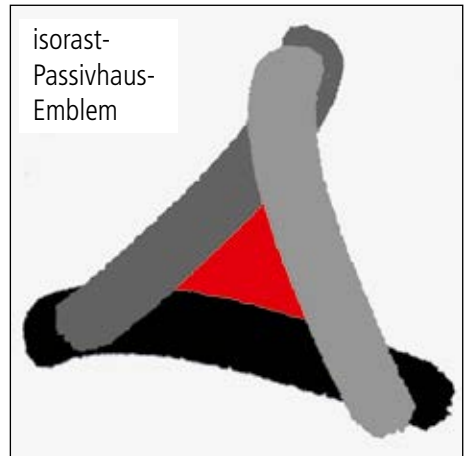
22.1 An den Baulichkeiten	109
22.2 Verschattungen	110
22.3 Sanitär	110
22.4 Solarkollektoren	111
22.5 Offene Kamine	111
22.6 Die Elektrik	112
22.7 Bau- und Betriebskosten	112
22.7 Literatur	112



PASSIV-HAUS-TECHNIK

13 Klimaänderung und Kohlendioxid

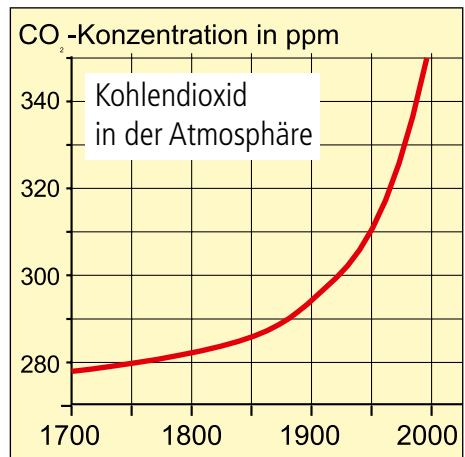
Schaut man über den Tellerrand hinaus, so wird die Entscheidung für eine Bau-
maßnahme noch von anderen Kriterien
bestimmt, als nur von kurzfristigem
Kostendenken:



13.1 Der Anstieg des Treibhausgases Kohlendioxid (CO₂)

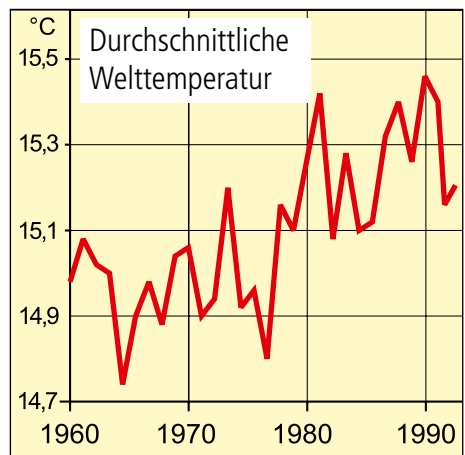
in der Atmosphäre erreichte in den letzten
30 Jahren die gleiche Dimension wie der
Anstieg 200 Jahre davor.

- Bei gleichbleibender Steigerung des Energieverbrauchs würde sich der CO₂-Gehalt in der Atmosphäre in den nächsten 50 Jahren verdoppeln.
- Daraus errechnet man eine Erwärmung der bodennahen Atmosphäre von bis zu 3°C.



13.2 Auswirkungen

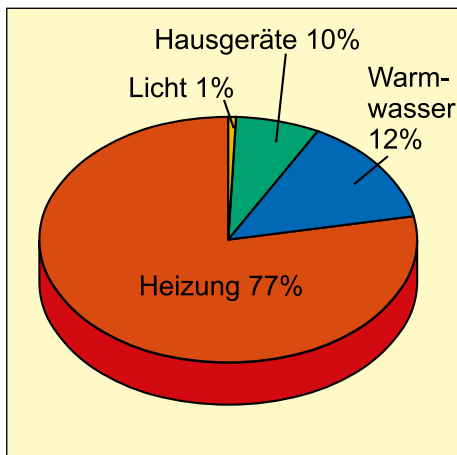
- Eine Erhöhung der globalen Temperatur um 0,1°C kann bereits die klimatische Wüstengrenze um 50-100 km verlagern.
- Ohne Gegenmaßnahmen sind tiefgreifende Veränderungen zu erwarten, vor allem eine Umverteilung der Niederschlagszonen und ein Anstieg des Meeresspiegels bis zum Jahre 2100 um 65 cm.



13.3 CO₂-Hauptverursacher

ist die Verbrennung fossiler Energieträger:

- 90 % der im privaten Haushalt verursachten CO₂-Emission entsteht durch die Hausheizung und die Warmwasserbereitung!
- Ein Einfamilienhaus mit 140 m² Wohnfläche und einer Energiekennzahl von 50 kWh/m²a (entspricht KfW70) verursacht nur durch die Öl-Hausheizung eine CO₂-Emission von 2,7 Tonnen im Jahr!
- Ein Altbau sogar das Vierfache!

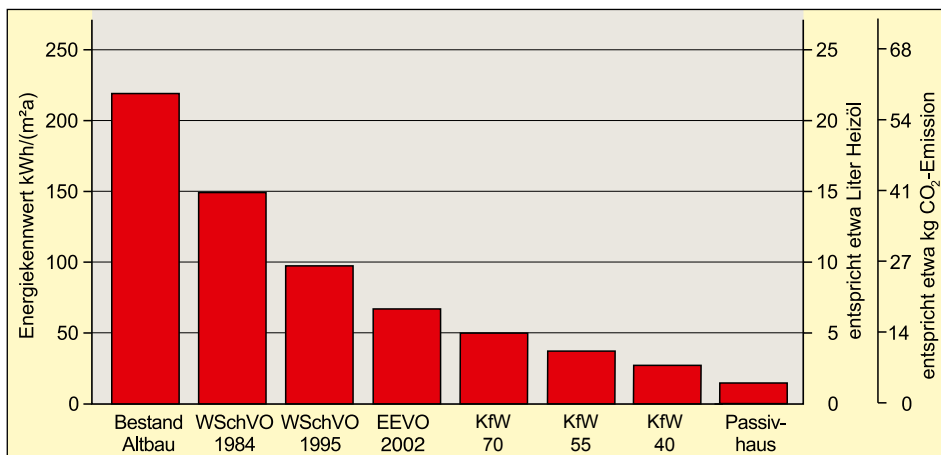


13.4 Wie entstehen aus einem Liter Heizöl 2,7 kg Kohlendioxid?

- C = Kohlenstoff (Heizöl), O = Sauerstoff, dessen hohes Gewicht erst dann fühlbar wird, wenn er verflüssigt wird.
- CO₂ heißt ja nun, dass die doppelte Menge Sauerstoff notwendig wird, um einen Teil Kohlenstoff zu verbrennen.
- Bei Heizöl entstehen so 2,7 kg CO₂, bei Braunkohle 4 kg, bei Steinkohle 3,3 kg und selbst beim umweltfreundlichen Erdgas immerhin noch 1,85 kg pro m³.

14 Gesetzliche Anforderungen von gestern, heute und morgen

Ein Altbau hat im Durchschnitt einen Heizenergieverbrauch von 220 kWh pro m² beheizte Wohnfläche im Jahr. Der Passivhausstandard ist ab 2020 vorgeschrieben und hat weniger als ein Zehntel = nur noch einen Heizenergieverbrauch von 15 (!) kWh/m²a!

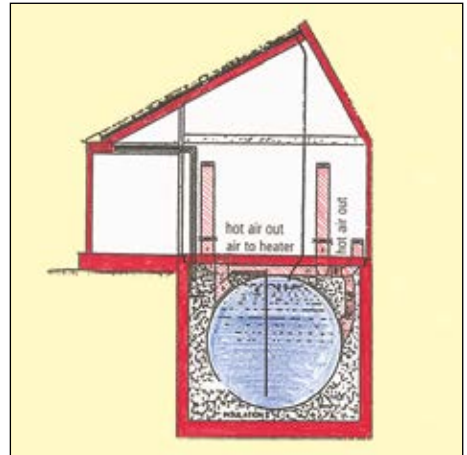


15 Die Geschichte des Passivhauses

Seit jeher waren kreative Erfinder von der Idee fasziniert, Häuser zu bauen, die ohne fremde Heizquelle auskommen.

1965:

Das MIT-Haus stand für eine ganze Generation von Objekten der 60er Jahre mit großen Wasserspeichern, in die man über Solarkollektoren Wärme einspeisen wollte, um dann damit als Heizwärme über den Winter zu kommen. Keines der Objekte funktionierte zufriedenstellend.



1980:

Der isorast-Erfinder Manfred Bruer war nicht minder fasziniert von der Idee des Hauses mit Solarheizung:

- Er entwickelte preiswerte Solarkollektoren, die auf seiner Dachdämmplatte montiert und mit handelsüblichen Glasziegeln abgedeckt wurden.
- In der Keller-Bodenplatte wurden Fußbodenheizungs-Rohre verlegt.
- Über eine Umwälzpumpe sollte nun die sommerliche Wärme in der Keller-Bodenplatte und dem darunter liegenden Erdreich gespeichert werden.
- Diese Wärme sollte dann im Winter über eine Erdreich-Wärmepumpe abgerufen werden und über die Fußbodenheizung das Haus erwärmen.

Etwa 20 Objekte wurden mit dieser Technik ausgestattet. Der große Marktdurchbruch blieb versagt, da die Technik zu aufwändig und wartungsintensiv war.

- Gewonnene Erkenntnis: Eine Zukunftstechnik muss ohne großen technischen Aufwand dauerhaft funktionieren!



1985:

Der deutsche Bauphysiker Wolfgang Feist wird vom damaligen hessischen Umweltminister Joschka Fischer in das Darmstädter „Institut für Wohnen und Umwelt“ berufen. Forschungsaufgabe war die Antwort auf die Frage: „Sind Fast-Null-Energiehäuser in mitteleuropäischen Breiten machbar?“

1988:

Wolfgang Feist hat eine Computer-Simulation entwickelt. Er legte die Erkenntnisse des schwedischen Bauphysik-Gurus Prof.-Dr. Bo Adamson zugrunde, der nach der damaligen Ölkrise von der schwedischen Regierung den Auftrag zur Entwicklung eines „Fast-Null-Energiehauses“ erhalten hatte. Ein derartiges Objekt verwirklichte er dann testweise in der milden Klimazone von Indien. Die Messdaten aus diesem Objekt adaptierte dann Wolfgang Feist auf die mitteleuropäische Region.

1993:

Das erste Passivhaus nach den Berechnungen von Wolfgang Feist und den Plänen des Architekten Prof. Bott wird in Darmstadt-Kranichstein bezogen.

- Erstmals war es gelungen, ein „Fast-Null-Heizenergiehaus“ mit nur geringen Mehrkosten zu bauen.
- Auch hat sich die Erkenntnis verfestigt, dass das reine Null-Heizenergiehaus unwirtschaftlich und die kleine Restheizung ökologisch und ökonomisch sinnvoll ist.



1994:

Manfred Bruer bietet erstmals einen „Dickwandstein“ in 37,5 cm Gesamtstärke und 23,5 cm Dämmschichtdicke an. Er wird von Wettbewerbern belächelt, die damals noch 5 bis 10 cm dicke Dämmungen anboten. Von Bauherren kam eine ganz andere Reaktion: „Warum haben wir eigentlich noch so viel Geld für die große Heizungsanlage ausgegeben? Wir brauchen kaum noch Brennstoff. Zwei bis drei Heizlüfter hätten es auch getan.“



1995:

Wolfgang Feist lädt Manfred Bruer ins Institut für Wohnen und Umwelt nach Darmstadt ein. Er erläutert seine Passivhausidee. Manfred Bruer ist begeistert von der Einfachheit der Technik: „Nicht so viel Energie produzieren, sondern Energie sparen ist der zukunftsweisende Weg.“ Nach diesem Gespräch beschließt M. Bruer ein komplettes Bausystem für diese Zukunftstechnik zu produzieren mit U-Werten bis 0,1 und sich aktiv für die Markteinführung des Passivhaus-Konzeptes zu engagieren.

1995:

Manfred Bruer sponsert zu 100 % das erste Buch „Grundlagen der Gestaltung von Passivhäusern“ von Dr. Feist. Erstmals wurde das gesamte Knowhow in verständlicher Form zusammengefasst. Das war die erste Voraussetzung für die umfangreiche Verbreitung dieser Idee.

1996:

isorast lobt einen internationalen Architektenwettbewerb zur Gestaltung von passiven Einzel- und passiven Reihenhäusern aus. Dieser Wettbewerb entwickelte sich wegen seines Umfangs und seiner Qualität zu einem der bedeutendsten Wettbewerbe überhaupt: 1.400 kostenpflichtige Auslobungsunterlagen wurden angefordert, 233 Architekten und Studenten der oberen Semester nahmen teil und 50 Arbeiten wurden prämiert.

Abbildung unten:

Die Jury bestand aus allem, was in der Solar- und Energiesparszene Rang und Namen hatte. Die Teilnehmer von links nach rechts: Prof. Loeschke, Dr. Feist, Prof. Hauser, Dipl.-Phys. Werner, Prof. Disch, Prof. Kahlert, Horst Rasch, Prof. Pohl, Prof. Hausladen, Manfred Bruer, Prof. Bott und Dr. Siegler



1997:

Der „Dickwandstein“ erhält die Gold-medaille der Erfindermesse in Genf.

1998:

isorast erhält als erstes Wandsystem das Zertifikat des Passivhaus-Institutes.

2002:

isorast baut Passiv-Musterhaus in Taunusstein-Wehen. Das Objekt wird vom Bundeswirtschaftsministerium begleitet.

2003:

Durch Einsatz des neuen BASF-Materials „Neopor“ verbessern sich die U-Werte.

2004:

Prüfungsausschuss der Gesellschaft für Wohnmedizin zeichnet isorast als erstes Bausystem mit dem begehrten Zertifikat „wohnmedizinisch empfohlen“ aus.

2013:

Das neue Eckelement wird „Produkt des Jahres 2013“.

2017:

Mit mehr als 500 gebauten Passivhäusern ist isorast Marktführer in „Wandbau-Elementen für Passivhäuser“.



Abbildung oben:

Dr. Wolfgang Feist gratuliert 1997 Manfred Bruer zum ersten Wandsystem mit dem Zertifikat „Passivhaus-tauglich“

Abbildung unten:

Manfred Bruer im Jahre 2000 beim Bau des isorast-Musterhauses in Passivhaus-Bauweise in Taunusstein-Wehen

Abbildung unten links:

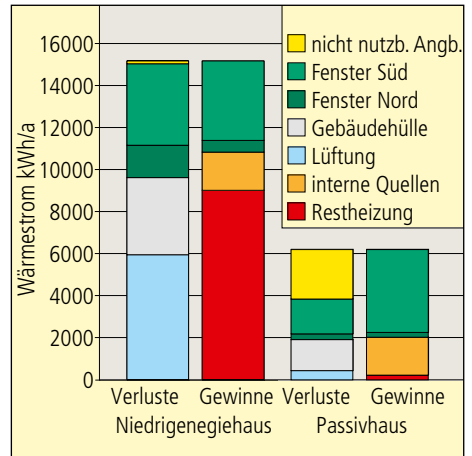
Hohe Auszeichnung im Jahre 2013 für die ideale Eckausbildung mit dem neuen isorast-Eckelement



16 Merkmale des Passivhauses

16.1 Was ist ein Passivhaus?

- Ein Passivhaus ist ein Gebäude, bei dem der Jahres-Heizwärmebedarf nicht über 15 kWh/m² beheizter Wohnfläche liegt.
- Ein Passivhaus ist ein Gebäude, das ein herkömmliches Heizsystem nicht mehr benötigt. Die notwendige Wärme wird über die vorhandene Lüftungsanlage in die Räume transportiert.
- Bei einem Passivhaus ist das gesamte Gebäude Solarkollektor.



16.2 Erläuterung der Grafik

Der entscheidende Unterschied zum Niedrigenergiehaus besteht in den Verlusten, die so minimiert werden, dass letztlich nur eine Kleinstheizung über die Zuluft notwendig wird:

- Fast 90 % der Lüftungsverluste werden gespart! Die Frischluftversorgung erfolgt im Winter über eine Zuluft-Vorwärmung über Erwärme und eine Lüftungsanlage mit modernster Wärme-Rückgewinnung.
- Die Wärmeverluste über die äußere Gebäudehülle werden durch dicke Dämmschichten minimiert: Im Dach ca. 40 cm, in den Außenwänden ca. 30 cm.
- Die Wärmeverluste über die Fenster werden durch 3scheibige Spezialgläser und großformatige und hochgradig gedämmte Blend- und Flügelrahmen minimiert.
- Die Gebäudehülle wird kompakt gestaltet.
- Die große Fensterfassade wird nach Süden, die kleine nach Norden ausgerichtet.

16.3 Bericht eines Besuchers des Darmstädter Passivhauses im Nov. 1996

„Es war Anfang November, klirrend kalt, so um die null Grad. Ich stieg zusammen mit einer Besuchergruppe über die vereisten Pfützen des Baugebietes und fror trotz meines dicken gefütterten Wintermantels.

Im Passivhaus dann mollige Wärme: Das Thermometer zeigte 21°C. Die Hausherrin versicherte uns, dass sie sehr kälteempfindlich sei und immer gut warm haben müsse. Ein Besucher entdeckte nun aber den einzigen, kleinen Heizkörper des Geschosses, in der Hoffnung, dass dieser wohl einen entscheidenden Heizbeitrag leistet. Doch weit gefehlt: Er war nicht in Betrieb. Auf dem Thermostatventil las man die Anzeige: „off“. Die Hausherrin versicherte uns, dass die Heizung in der zweiten Jahreshälfte noch nicht in Betrieb gewesen sei.

Alle Besucher schüttelten den Kopf und sprachen von einem Wunder ...”

17 Anforderungen an die Gebäudehülle eines Passivhauses

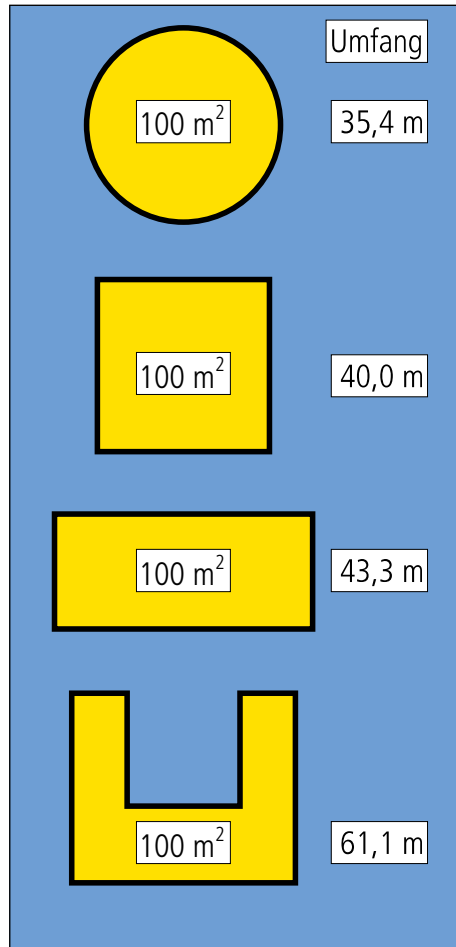
Ein mängelbehaftetes Bauen führt zu hohen Verlusten von Heizenergie. Dieses gilt es von Anfang an zu verhindern. Das Passivhaus stellt hohe Ansprüche an den Planer und die ausführenden Gewerke. Nachfolgende Kriterien sind maßgeblich für die Effizienz des Gebäudes. Die Erfüllung der Anforderungen ist die Grundlage für energetische Einsparungen auf höchstem Niveau:

17.1 Anforderung: Kompaktheit

Ein Passivhaus sollte so kompakt wie möglich gestaltet sein. Je weniger Gebäudehülle bei gleicher Wohnfläche nötig ist, umso geringer ist der Wärmeverlust. Auskragende Erker und Anbauten sind ungünstig. Sie sollten außerhalb der thermischen Gebäudehülle angeordnet werden.

Abbildung rechts:

Umfang bei verschiedenen Gebäudeformen bei gleichen 100m²-Flächen

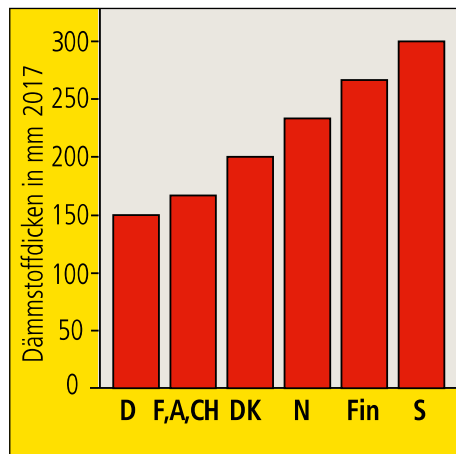


17.2 Anforderung: Wärmedämmung

Das Passivhausinstitut empfiehlt für Außenwände U-Werte von mindestens 0,15 W/m²K. Nach unserer Erfahrung benötigen Außenwände folgende U-Werte:

- Reihen-/Mehrfamilienhäuser 0,13-0,15
- Einfamilienhäuser 0,10-0,13

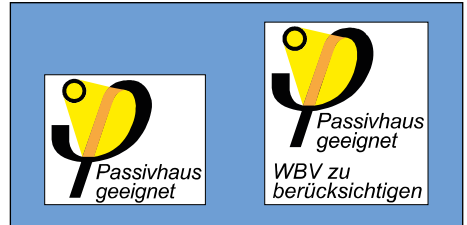
Das entspricht Dämmschichtdicken von 20 bis 30 cm! Diese Dämmschichtdicken sind heute für Deutschland noch ungewöhnlich, für Nordeuropa aber Normalität (siehe Grafik rechts).



17.3 Anforderung: Keine Wärmebrücken

Beim Passivhaus gibt es eine einfache Regel zur Berücksichtigung von Wärmebrücken:

- Zur Berechnung des Wärmeverlustes werden die Außenabmessungen verwendet. Damit ist die Hülle etwas übermessen, denn es müsste ja die Innenhülle genommen werden. Ein Anschluss beim Passivhaus darf also nur so wenig Energie verbrauchen, dass der Wärmeverlust mit der geringfügigen Übermessung ausgeglichen ist, nämlich weniger als 0,01 WK pro m Anschluss. Anschlüsse, die diese Anforderung erfüllen, sind mit „Passivhaus geeignet“ gekennzeichnet. Wird der Wert überschritten, so ist zusätzlich vermerkt: „WBV zu berücksichtigen“ (siehe Abb. rechts).



17.4 Anforderung: Luftdichtheit

Zitat aus dem Buch „Grundlagen Passivhäuser“: „Gebäude-Außenhüllen müssen luftdicht sein. Dieser Leitsatz ist festgelegt in der einschlägigen Baunorm DIN 4108 – und trotzdem sind um keine andere Eigenschaft der Gebäudehülle mehr erbitterte Kämpfe geführt worden als um die Dichtheit.

Der Kern der Auseinandersetzung wird durch die fehlgeleitete Vorstellung genährt, dass durch Gebäudefugen eine ausreichende Be- und Entlüftung von Wohnungen gewährleistet werden kann.

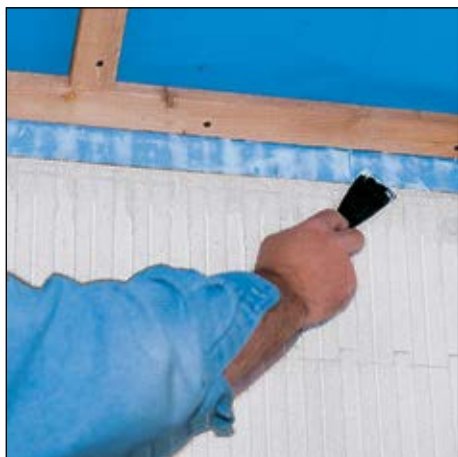
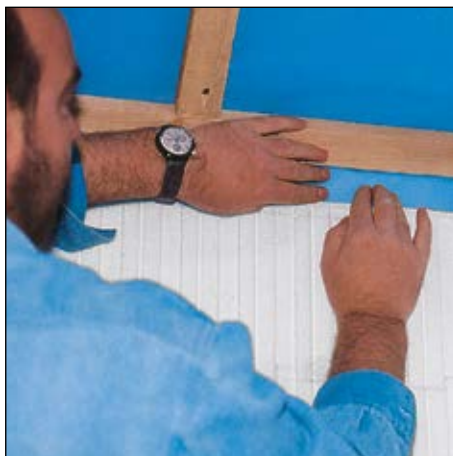
Der Luftaustausch durch Außenfugen ändert sich allerdings mit dem Winddruck und dem Temperaturauftrieb in einem extrem weiten Bereich: Selbst bei sehr undichten Gebäuden, in denen es bei mäßigem Wind bereits beträchtlich zieht, ist in windstillen Perioden der Luftaustausch unzureichend.

Dafür hat der Luftaustausch einige bedenkliche Nachteile:

- Wird die Fuge von außen nach innen durchströmt, so kann der Winddruck Schlagregen in die Konstruktion einblasen.
- Verläuft die Strömung von innen nach außen, so sind die Folgen weit katastrophaler: Warme, feuchte Raumluft kühlt sich auf dem Weg durch die Fuge ab. Sie kann die Feuchtigkeit nicht mehr halten, da in kalter Luft nur wenig Wasserdampf löslich ist. Das überschüssige Wasser taut in der Fuge aus. Die Konstruktion wird durchfeuchtet. Ein sehr hoher Prozentsatz der Bauschäden wird durch undichte Gebäudehüllen verursacht.“ Ende des Zitates aus dem Buch von Dr. Feist.

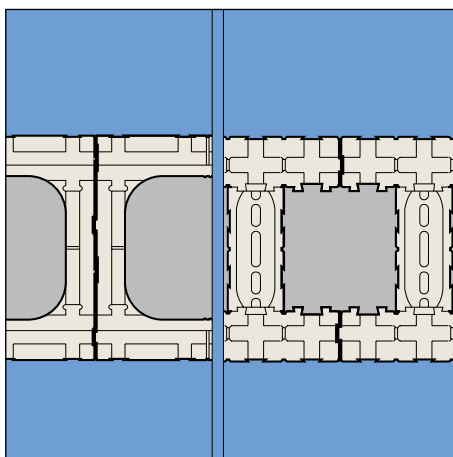
Als luftdicht gelten alle Innenputze, die Dachfolien, die Estrichfolien und auch die Vollbetondecken. Schwieriger ist es, alle diese Bauteile luftdicht miteinander zu verbinden. Die Details sind bereits im zweiten Teil dieses Technik-Handbuchs „MONTAGE“ ausführlich dargestellt worden:

- Innenputz muss direkt auf die Bodenplatte oder Rohdecke geführt werden.
- Hinter Treppen muss verputzt werden, auch wenn man das nicht sieht.
- Die Folie der Dachdichtung muss mit dem Putz verbunden werden: Mit Butyl-Klebeband an Isorast ankleben (Foto rechts), Putz-Trägerband aufkleben (Foto links unten) und anschließend überputzen (Foto rechts unten).
- In gleicher Weise muss die Estrichfolie mit der Wand verbunden werden.



*Abbildung rechts, linke Abbildung:
Hier wird das alte Isorast-System gezeigt:
Die Stege waren an den Enden. Dort entstand dann
eine durchgehende Fuge.*

*Rechte Abbildung:
Beim neuen System wurde besonderen
Wert darauf gelegt, dass die Außenwand
von vornherein luftdicht ist: An den Trenn-
stellen ist durchgehender Beton.*



*Abb. rechts: Blower-Door-Gerät
Die Dichtheit eines Gebäudes sollte beim Passivhaus – wenn man später keine unliebsamen Überraschungen erleben möchte – gemessen werden. Dazu dient der Blower-Door-Test.*

Das Gerät besteht aus einer dicken Kunststoffolie, die mit einem Rahmen in eine Türöffnung eingeklemmt wird. In der Folie ist ein Gebläse befestigt, das das Gebäude mit Unterdruck versieht.

Das Gerät sollte man noch vor dem Innenputz anschließen: Dann kann man mit der bloßen Hand einströmende Kaltluft von außen an undichten Stellen fühlen und so Schadstellen noch vor der Beschichtung mit Innenputz nachbessern.

Nach Aufbringen des Innenputzes ermittelt dann das Gerät einen endgültigen Messwert, den sog. n50-Wert.



Der n50-Wert

gibt an, wie oft das gesamte Luftvolumen eines Hauses entweichen kann bei einem Luftdruck-Unterschied von 50 Pascal.

- Der n50-Wert beim Passivhaus muss unter 0,5 liegen.

Anm.: Bei Nicht-Passivhäusern gilt ein n50-Wert zwischen 2 und 3 als gang und gäbe. Inzwischen liegen die Ergebnisse von mehr als 50 vermessenen isorast-Passivhäusern vor. Alle haben die Passivhaus-Anforderung z.T. erheblich unterschritten. Nachfolgend die Ergebnisse vom isorast-Musterhaus in Taunusstein-Wehen:

- n50-Wert Rohbau bei angeschlossenen Folien: 0,31
- n50-Wert nach dem Innenputz: 0,24

Auszug aus einer Stellungnahme des bekannten Bauphysik-Labors ebök aus Tübingen:
„Hier setzt isorast offenbar neue Maßstäbe an Qualität und Verarbeitungssicherheit.“

17.5 Fenstergläser

wirken wie Sonnenkollektoren:

- Das durch das Glas fallende Licht erwärmt die Luft und wird ganz besonders beim Auftreffen auf feste Gegenstände zu Wärme.

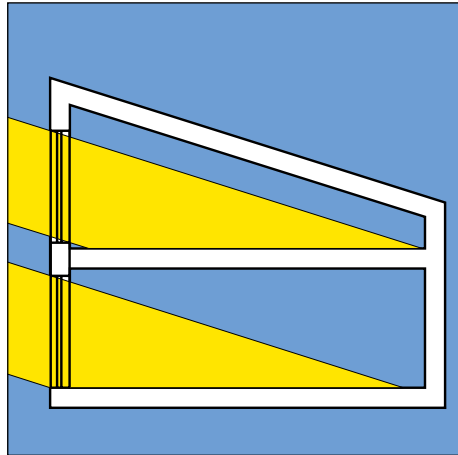
Das Problem: Nachts bei fehlendem Licht wurden Fenstergläser bisher zu waren Energieschleudern! Die Entwicklung der neuen Fensterscheiben ist dann die eigentliche Revolution, die Passivhäuser erst möglich machte:

- Der Wärmegewinn, der mit den neuen Dreischiebengläsern auf der Südseite erzeugt wird, ist größer als der nächtliche Wärmeverlust.

Wie sehen diese Gläser aus?

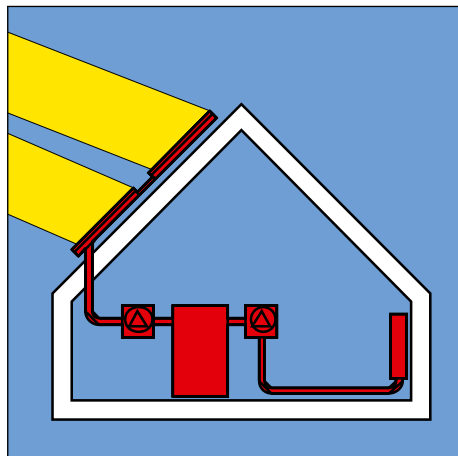
Es sind Dreischieben-Fenstergläser mit Edelgasfüllung und Beschichtung. Zudem verfügen diese Gläser über einen wärmebrückenarmen Randverbund. Frühere Randverbindungen aus Aluminium gehören der Vergangenheit an. Heute verwendet man wärmedämmende Kunststoffverbinder. Derartige Dreifachgläser haben standardmäßig U-Werte von $0,6 \text{ W/m}^2\text{K}$.

- Dieses Glas hat eine doppelt so hohe Wärmedämmung wie eine 40 cm dicke Kalksandsteinwand!
- Sitzmöbel können direkt an die Glasscheiben gestellt werden, ohne dass man Zugerscheinungen verspürt.
- Mit derartigen Gläsern kann man das ganze Haus als Sonnenkollektor nutzen.



*Abbildung rechts oben:
Bei großzügiger Südverglasung kann das gesamte Haus Sonnenkollektor sein, ohne dass eine zusätzliche, aufwändige und störanfällige Technik notwendig wird.*

*Abbildung rechts unten:
Die bisherige Solar-Version mit Kollektoren, Speichern, Pumpen und Regeleinrichtungen erübrigt sich beim Passivhaus.*



17.5.1 Ideale Fensteranteile

Fenster nach Norden bringen wegen der geringen Lichtausbeute Verluste. Sie sollen klein gehalten werden. Bei Fenstern nach Süden bringt ein Anteil von mehr als 40 % keinen Gewinn: An sonnenreichen Tagen im Winter muss der Überschuss weggelüftet werden, nachts aber kostet das Zuviel an Glasfläche Energie.

Abb.: Ideale Verglasungsanteile: Süden 40%, Westen+Osten je 15%, Norden 5%

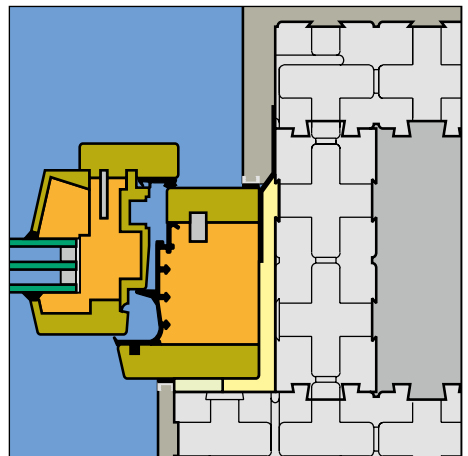


17.5.2 Passivhaus-Fensterrahmen

sind großformatiger und sehr gut wärme-gedämmt. Sie sollten U-Werte von unter $1,0 \text{ W/m}^2\text{K}$ haben und über das Passivhaus-Prüfsiegel verfügen.

Marktgängige Kunststofffenster mit Stahlverstärkung haben U-Werte um $3,0$. Der Wärmebedarf wäre dann fünfmal so hoch wie bei den Passivhaus-tauglichen Glasscheiben.

Derartige Rahmen sind für Passivhäuser nicht geeignet.



18 Lüftung im Passivhaus

Zur Gesunderhaltung benötigt der Mensch 10m^3 Frischluft in der Stunde. Beim Aufenthalt im Gebäude benötigt er sogar $30\text{ m}^3/\text{h}$, da die Emissionen der Einrichtung, der Boden- und Wandbeläge noch verunreinigend hinzukommen. Dauerhafte Unterversorgung mit Frischluft kann zur Devitalisierung und zu Krankheiten führen.

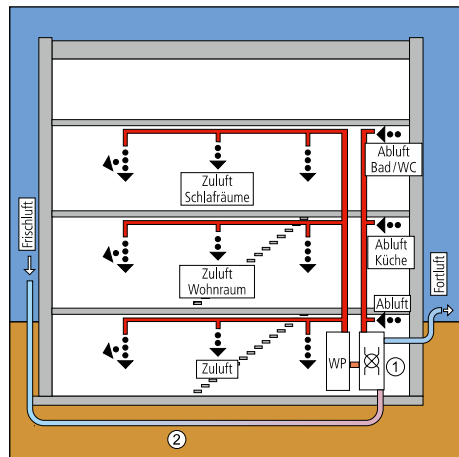
18.1 Lüftung über Fenster

erfüllt nicht die Vorgaben an die Gesunderhaltung:

- Ein Schlafräum mit z.B. 70 m^3 Luftvolumen, der von zwei Personen belegt wird, hat bei geschlossenem Fenster gerade einmal für eine Stunde ausreichend Frischluft.
- Stellt man die Fenster im Winter auf Kipp, so heizt man für die Straße. Die Wärmebilanz auf Seite 93 zeigt den dramatisch hohen Lüftungs-Wärmebedarf.

18.2 Mechanische Lüftungsanlage

Über ein Gebläse und ein Rohrleitungssystem wird Frischluft in die Wohn- und Schlafräume geführt. Über ein weiteres Gebläse wird die Luft in den Nassräumen Küche, Bad, Toilette und Waschraum abgesaugt und nach draußen geleitet. Filter am Lufteintritt führen zu staub- und pollenfreier Frischluft. Eine zentrale Installation mit einem zentralen Installationschacht ist unabdingbar und muss bereits bei der Planung berücksichtigt werden.



18.3 Lüftergeräusch

Bei einer fachgerecht konzipierten Anlage darf das Lüftergeräusch nicht zu hören sein. Das trifft besonders auf den Schlafräum zu.

Erreicht wird das durch sog. Rohrschalldämpfer, die in die Zuluftrohre wie auch in die Abluftrohre eingebaut werden. Die Lüftungsanlage macht den erfahrenen Planer notwendig. Späterer Einbau von Rohrschalldämpfern sind zwar bei einem Zentralschacht möglich, aber aufwändig.



19 Heizung im Passivhaus

Auch ein Passivhaus hat noch eine kleine Restheizung. Auch ein Passivhaus hat ein Thermostat, mit dem man die Raumlufttemperatur individuell regeln kann. Der große Unterschied liegt aber in den unterschiedlichen Wärmezuführungen:

- Ein Niedrigenergiehaus hat eine Heizungsanlage mit Kessel, Brenner, Heizstofflager, Schornstein, Radiatoren, Rohrleitungen, Pumpen und Reglern.
- Ein Passivhaus hat keine derartige Anlage. Bei ihm wird der sowieso schon vorhandene Zuluftstrom der Lüftungsanlage zum Wärmetransport verwendet.

Die Wärmeerzeugung erfolgt in mehreren intelligenten und ökologischen Teilen:

- Erster Teil: Frischluftvorwärmung durch die Erdwärme
- Zweiter Teil: Weitere Frischluftvorwärmung durch Entzug der Wärme der Abluft
- Dritter Teil: Resterwärmung durch eine kleine Luft/Luft-Wärmepumpe

19.1 Erster Teil: Frischluftvorwärmung durch Erdwärme

Unter der Keller-Bodenplatte hat das Erdreich auch im tiefsten Winter noch eine Temperatur von $+15^{\circ}\text{C}$. Bei Häusern ohne Keller hat das Erdreich unter einer gedämmten Bodenplatte immerhin noch eine Temperatur von $+8^{\circ}\text{C}$. Wird Wärme aus dem Erdreich entnommen, so fließt diese wieder aus den tieferen Erdschichten nach. Es bietet sich also geradezu an, diese „Geothermie“ zu nutzen, denn sie liefert im Gegensatz zu Solar Kollektoren auch dann noch Wärmeenergie, wenn die Sonne nicht scheint. Wie lässt sich die Geothermie einfach und narrensicher nutzen?

- Unter der Bodenplatte werden Kabelschutzrohre mit 200 mm Durchmesser mit ca. 2% Gefälle verlegt; beim Einfamilienhaus ca. 30 m.
- Die Frischluft wird nun durch dieses Rohr geführt. Selbst bei Außentemperaturen von minus 15°C wird die Luft bereits so auf $+5-8^{\circ}\text{C}$ vorgewärmt – ohne Gas und Öl.



Abbildung rechts:

Beim isorast-Passivhaus in Taunusstein-Wehen wurde das 20cm-Kabelschutzrohr ausnahmsweise im Arbeitsraum verlegt, da unter der Keller-Bodenplatte Fels war und der dortige Aufwand der Verlegung dann zu groß gewesen wäre.

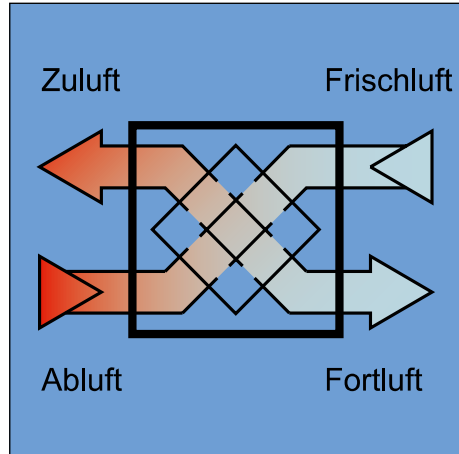
19.2 Zweiter Teil: Wärmetauscher

Ein zweiter intelligenter Beitrag zur Energieersparnis ist der Einsatz des sog. Gegenstrom-Wärmetauschers.

- In diesem Gerät wird die warme Abluft zwischen Metallplatten nach außen und die Frischluft an den benachbarten Metallplatten nach innen geleitet.

Die Frischluft hat die Metallplatten aufgewärmt und die Fortluft nimmt diese Wärme mit. Die Leistungsfähigkeit dieser Wärmetauscher wird mit einem „Wärmerückgewinnungsgrad“ angegeben. Üblich sind 60%.

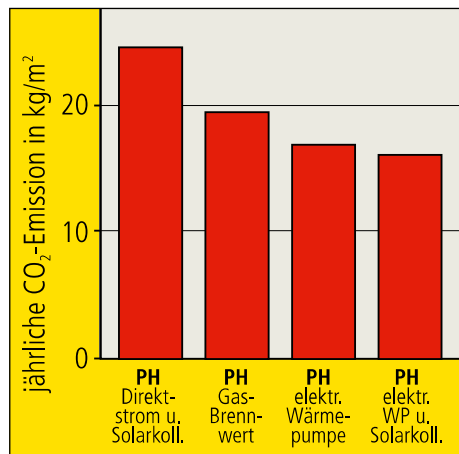
- Beim Passivhaus kommen Wärmetauscher mit Rückgewinnungsgraden von 80 und sogar bis 95 % zum Einsatz. Lüftermotoren haben normalerweise eine Leistung von 100-150W.
- Beim Passivhaus mit zentraler Installation und minimierten Lüftungsleitungen werden die modernen Hochleistungslüfter der Computer mit 40 W eingesetzt.
- Einem Watt Lüfterleistung stehen beim Passivhaus 10 W Ersparnis gegenüber.



19.3 Dritter Teil: Die Heizung

Als Heizung für den geringen Restwärmebedarf wurden verschiedene Varianten untersucht und die CO₂-Emissionen gegenübergestellt:

- Die Ölheizung lag mit rd. 30 kg/m² im zu hohen Bereich.
- Gas-Brennwert kann interessant werden bei größeren Gebäuden.
- Im Idealbereich lag die elektrische Wärmepumpe. Solarkollektoren brachten nur einen marginalen Beitrag.



Die Wärmepumpe entnimmt neben dem Strom aus der Steckdose ihre Energie aus der Restwärme der Abluft. Sie macht aus einer Einheit Strom vier Einheiten Wärme.

- Rechnet man beim Passivhaus mit einer Heizlast von 10W/m^2 , so ergäbe das bei 120 m^2 Wohnfläche einen maximalen Heizwärmebedarf von 1.200 W . Bei einem Leistungsgrad von $1:4$ ergäbe das ein Anschlusswert von nur 300 W für die Wärmepumpe.

Zur Verdeutlichung:

- Ein Passivhaus mit 120 m^2 beheizter Wohnfläche benötigt zu seiner Beheizung nur ein Füßel des Stroms einer Haushalts-Kaffeemaschine!

Hinzu käme dann noch die Dimensionierung für die Warmwasser-Erzeugung.

- Ideal sind die inzwischen von der Industrie angebotenen „Kompaktgeräte“: Hier sind der Wärmetauscher, die Lüfter, die Regeltechnik, die Luft/Luft-Wärmepumpe sowie der Boiler für das Warmwasser in einer kompakten Einheit anschlussfertig enthalten.

19.4 Kleine Kaminöfen

werden inzwischen auch in Passivhaustauglicher Ausführung angeboten: Mit einer wärmebrückenarmen Wanddurchführung zum äußeren Edelstahl-Abluftrohr und einem geschlossenem Zu- und Abluftkreis, so dass die feine Regulation der Lüftungsanlage nicht gestört wird. Bei Passivhaus-Bauherren immer beliebter:

- Heimelige Atmosphäre des Feuers.
- Wärme geht über die erhöhte Ablufttemperatur nicht verloren.



*Abbildung oben:
Wärmepumpen-Kompaktgerät, hier der
Fa. AEREX. Linkes Teil = Wärmepumpe
mit Wärmetauscher und Lüftermotoren,
rechtes Teil = Warmwasserspeicher.*

*Abbildung unten:
Passivhaustauglicher Kaminofen*



19.5 Lüftung und Wärme in Schlafräumen

Einen großen Zugewinn an Komfort bietet das Passivhaus in Schlafräumen:

- Der Mensch braucht zu seiner Gesunderhaltung 10 m^3 Frischluft in der Stunde, in Wohnräumen sogar 30 m^3 , da Verunreinigungen durch die Emissionen der Teppiche, Wandbeläge und Einrichtungen hinzukommen. Ein Schlafraum mit 40 m^3 Volumen würde ohne Lüftungsanlage und bei geschlossenem Fenster im Winter gerade einmal für etwas mehr als eine Stunde den Bewohner mit Frischluft versorgen. Die übrige Zeit würde er sein eigenes Kohlendioxid wieder mit einatmen. Morgendliche Abgeschlagenheit und langfristig gesundheitlich Folgen sind das Ergebnis.
- Anders beim Passivhaus: Hier wird der Bewohner ständig mit frischer Luft versorgt.

Zu berücksichtigen ist die Wärmeversorgung:

- Die meisten Passivhausbewohner finden die Schlafzimmertemperatur wie im Sommer ideal. Sie schlafen mit dem dünnen Schlafanzug und auch mit der Bettdecke des Sommers.
- Eine andere Gruppe wünscht sich zumindest vor dem Einschlafen etwas mehr Kühle. Es steht dem nichts im Wege, dann vorher noch einmal die Fenster zu öffnen und die Kühle in den Raum zu lassen.
- Eine weitere – allerdings sehr kleine Gruppe – wünscht noch mehr Kühle. In diesem besonderen Fall kann die Zuluftführung ohne Nachheizregister ausgestattet werden.

19.6 Heizung und Lüftung in Mehrfamilienhäusern

Während bei Einfamilien- und Reihenhäusern die Bewohner sich schnell an das neue Lüftungsverhalten gewöhnen, könnte das bei Mehrfamilienhäusern mit ihrer wechselnden Mieterschaft problematisch werden: Ein ständiges Öffnen der Fenster im Winter könnte den Heizwärmetransport über die Lüftungsanlage empfindlich stören.

Hier kann eine herkömmliche Heizung mit einem Gas- oder Öl-Brennwertgerät und Kleinstradiatoren eine gute Lösung für die Restwärmeversorgung sein.

*Abbildung rechts:
isorast Achtfamilien-Passivhaus in der
Nähe von Frankfurt/M. Restwärmever-
sorgung mit Öl-Brennwertkessel und
Kleinstradiatoren.
Ermittelter Verbrauch für Warmwasser
und Heizung: $1.000 \text{ l Heizöl/Jahr}$.*



20 Thermografien

zeigen, wo Wärme am Gebäude verloren geht. Sie sind die visuelle Bestätigung für die gute oder schlechte Dämmung der Gebäudehülle, hier am Beispiel des isorast-Passiv-Musterhauses Taunusstein.

Abbildung rechts oben:

Der kleine rote Streifen an der Haustüre rechts zeigt, dass die obere Verriegelung noch besser eingestellt werden muss.

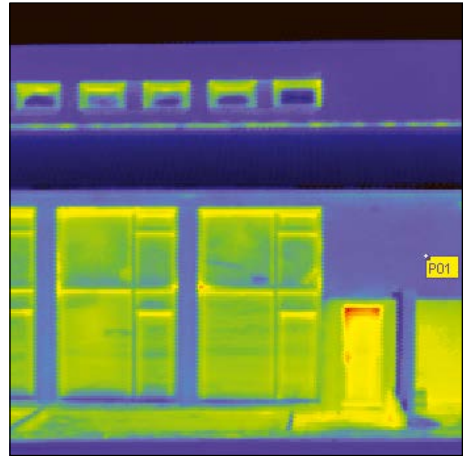


Abbildung rechts Mitte:

Alle Anschlüsse perfekt. Die 43er-isorast-Wand sowieso.

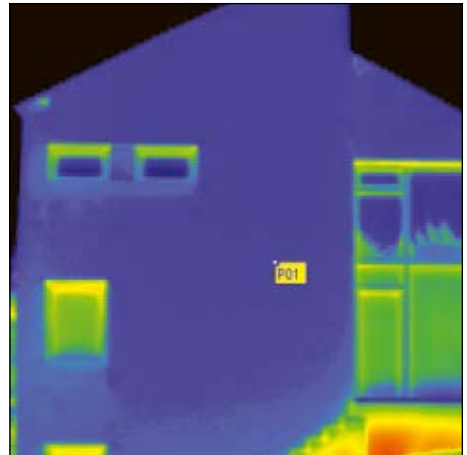
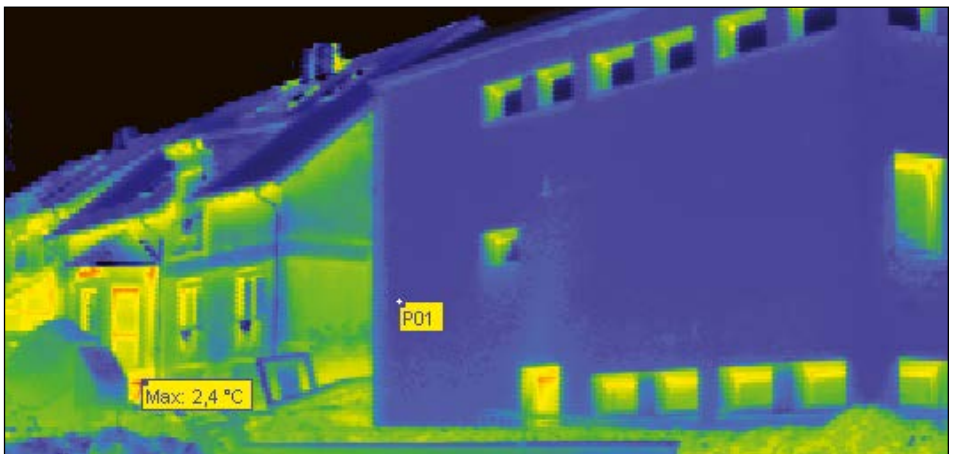


Abbildung unten:

Die isorast-Außenwand ist blau = kalt. Keine Heizwärme geht durch diese 43er-isorast-Wand verloren. Anders sieht das bei dem daneben stehenden Nachbargebäude mit 43er Mauerwerk aus: Der gesamte Gebäudekörper ist im Winter Monomentalheizung für Straße, Garten und Nachbargrundstück.





21 Das Leben im Passivhaus

hat eine andere Qualität:

- Die Tageslichtdurchflutung durch die großen Südfenster führt dazu, dass man sich ständig wie in einem Urlaub auf einer Sonneninsel fühlt.
- Die ständige Frischluftversorgung führt zu einer anderen Gesundheit, Vitalität und Stimmungslage.
- Die Filterung der Außenluft macht Pollenallergiker im Haus beschwerdefrei.
- Die Filterung der Außenluft und die Absaugung der verbrauchten Luft machen das Passivhaus weitgehend staubfrei.
- Die hohe innere Wandoberflächentemperatur führt zu einer geringen Luftbewegung und diese wiederum zu einer hohen Behaglichkeit.
- Sitzmöbel können bis an die Fensterscheiben gestellt werden.

22 Bei der Planung eines Passivhauses noch zu berücksichtigen

22.1 An den Baulichkeiten

- Alle Innenputze bis auf die Rohdecke bzw. bis unter die Rohdecke führen.
- Unbeheizte Keller möglichst nur von außen begehen und thermisch trennen.
- Balkone nicht in die Geschossdecke einbinden! Balkone als leichtes Stahl- oder Holzskelett vor die thermische Hülle des Gebäudes stellen!

*Abbildung unten:
Neben der zentralen Installation ist die strikte Trennung der Balkone als Sekundärstruktur von dem thermischen Gebäudekörper von entscheidender Bedeutung beim Passivhaus.*



- Holzbalkendecken dürfen beim Massivhaus nicht in die Wand einkragen. Holz arbeitet und kann zu Rissebildungen an den Anschlussstellen führen. Lösung: Balkenschuhe verwenden und die Wandteile mit einputzen.
- Stahlträger können auch im Gebäudeinneren in die Wand geführt werden. Im Außenbereich aufgrund der hohen Wärmedehnung mit Schwerlastdübeln gleitend befestigen.
- Bodentreppe zum unbeheizten Spitzboden müsste passivhaustauglich und mindestens 20 cm dick gedämmt sein. Besser ist es, das Dach des Spitzbodens Passivhaus-tauglich zu dämmen und diesen dann in die thermische Hülle mit einzubeziehen.
- Schornsteine sind beim Passivhaus zu vermeiden oder so zu gestalten, dass sie die thermische Hülle nicht mindern (z.B. Austritt aus der Außenwand des unbeheizten Kellers).
- Windfang ist sinnvoll, um Kaltluft beim Eintritt ins Haus auf das Volumen des Windfangs zu beschränken. Wenn möglich, sollte der Windfang außerhalb der thermischen Hülle angeordnet werden.

22.2 Fenster, Türen und Verschattungen

- Markisen, Rollos oder Rollläden sind bei großzügiger Süd- und Westverglasung zum sommerlichen Wärmeschutz unerlässlich.
- Natürliche Verschattungen der Südfenster, z.B. durch Bäume, möglichst vermeiden.
- Schrägverglasungen benötigen in jedem Fall einen sommerlichen Wärmeschutz.
- Dachflächenfenster sind inzwischen auch in Passivhaus-tauglicher Qualität lieferbar.
- Großzügige Überkopfverglasungen von Wintergärten o.Ä. sind zu vermeiden:
 1. führen Sie zu einem Überangebot von solarer Wärme im Winter, die dann weggelüftet wird keinen Beitrag zum Raumwärmebedarf leistet,
 2. verbraucht die Fläche nachts im Winter zu viel Energie,
 3. muss sie für den sommerlichen Wärmeschutz aufwändig mit einer beweglichen Verschattungseinrichtung versehen werden,
 4. ist sie reinigungsintensiv,
 5. haben liegende Wärmeschutzgläser eine schlechtere Wärmedämmung als stehende.
- Haustüren müssen Passivhaus-tauglich und zertifiziert sein.

22.3 Sanitär

- Entlüftungsrohre der Abflussleitungen würden die thermische Hülle durchstoßen. Unterdachentlüfter sind bei Passivhäusern obligatorisch.
- Dunstabzugshauben nur mit Umluft betreiben.
- Badewannen dämmen, damit die Wärme des Wassers nur der Raumlufttemperatur zugute kommt.

- Abflussrohre sind eine nicht zu vermeidende Wärmebrücke. Durch zentrale Installation werden die Abflussrohre zusammengefasst und nur noch mit einem Rohr die Bodenplatte durchstoßen. Kunststoffrohre verwenden.

22.4 Solarkollektoren

- Thermische Solarkollektoren machen beim Passivhaus mit Wärmepumpe ökologisch und ökonomisch wenig Sinn. Bei einem 3-Personen-Haushalt und 10 m² Kollektorfläche rechnet man mit einer Ersparnis von ca. 40 EUR im Jahr. Diese Ersparnis deckt i.d.R. noch nicht einmal den Wartungsbedarf für eine solche technische Anlage. Kein Installateur wird eine vollständige Wartung der Anlage für diesen Betrag übernehmen.
- Photovoltaik-Kollektoren machen beim Passivhaus mit Wärmepumpe ökologisch und ökonomisch wenig Sinn. Trotz der staatlichen Einspeisevergütungen lässt sich langfristig aus dem Überschuss kaum Wartung, Instandhaltung und Abschreibung finanzieren. Auch die ökologischen Daten sind wegen der hohen Energieinhalte der Anlage bis heute eher ernüchternd.



22.5 Kaminöfen und offene Kamine

- Offene Kamine sind nicht mehr zeitgemäß und für Passivhäuser nicht zu verwenden:
Die Feinstaubbelastung der Raumluft kann zur Lungenschädigung führen. Das offene Rauchrohr führt i.d.R. zu extremen Wärmeverlusten.
- Kleine Kaminöfen mit dichter Glastüre und geschlossenem Zu- und Abluftkreislauf und Passivhaus-Prüfsiegel, egal ob mit Pellets oder Kaminholz sind dagegen eine empfehlenswerte Komponente und gut für die Restheizung zu verwenden.

*Abb. oben:
Die Investition von Photovoltaik-Kollektoren kann zur technischen Überfrachtung führen und ist gut zu überlegen: Beim Passivhaus ist ja bereits der gesamte Baukörper ein Solar-kollektor! Ersparnisse von 50-100 EUR im Jahr decken i.d.R. noch nicht einmal die Wartungskosten.*

22.6 Die Elektrik

- Wasch- und Spülmaschinen an das Warmwasser anschließen.
- Bei Kleinwäschen auf Trockner verzichten.
- Trockner in höchster Effizienzklasse wählen.
- Kühl- und Gefrierschränke verbrauchen bis zu 25 % des Stroms im Haushalt. Hier besonders auf niedrigsten Stromverbrauch und höchste Effizienzklasse achten. Kühlschränke ohne Gefrierfach verwenden. Gefriertruhen statt Gefrierschränke verwenden.
- Elektrodosen für Schalter, Stecker und Verteiler immer in ein saftiges Gipsbett setzen, damit die Luftdichtheit nicht beeinträchtigt wird.
- Beleuchtungskörper generell mit LED-Lampen ausstatten.

22.7 Bau- und Betriebskosten

- Ein Passivhaus mit Lüftungsanlage wird gegenüber dem 2017 noch zulässigen Niedrigenergiehaus ohne Lüftungsanlage ca. 5-10 % teurer.
- Ein Passivhaus mit Lüftungsanlage wird gegenüber einem Niedrigenergiehaus mit Lüftungsanlage i.d.R. nicht teurer.
- Ab dem Jahr 2020 besteht der Beschluss des Europaparlamentes, dass nur noch Häuser gebaut werden dürfen, die so viel Energie produzieren, wie sie selbst verbrauchen. Dann wird der Passivhausstandard zur Regel. Dann erübrigt sich der Vergleich mit einem qualitativ minderwertigerem Objekt.
- Ein Langfristvergleich Niedrigenergiehaus ohne Lüftungsanlage zu Passivhaus mit Lüftungsanlage hat folgendes Ergebnis gezeigt:
Nach 40 Jahren lag die Ersparnis des Passivhauses um die Hälfte der gesamten Baukosten höher als beim Niedrigenergiehaus!

22.8 Literatur

„Gestaltungsgrundlagen Passivhäuser“
heißt das 144seitige Buch von Dr.
Wolfgang Feist. Ein Muss für jeden, der
ein Passivhaus planen oder bauen will.
Erhältlich bei isorast.

