



Das Prinzip eines Passivhauses

Das Passivhaus ist ein Gebäude, das sich überwiegend durch solare Einstrahlung und durch interne Wärmegewinne selbst heizt.

Das Passivhaus weist einen minimalen Restwärmebedarf auf, der in einem Jahr auf einen m^2 gerechnet 15KWh nicht übersteigen darf.

Auf ein konventionelles Heizsystem kann vollkommen verzichtet werden. Es muss jedoch eine Restheizung vorgesehen werden, mit welcher der minimale Wärmebedarf gedeckt werden kann.

Ganz besonders muss in der Planung darauf geachtet werden, dass

1. das Gebäude nach Süden ausgerichtet ist
2. eine hervorragende lückenlos aufgebrachte Wärmedämmung z. B. 34 cm Wärmedämmstoffdicke mit einer Wärmeleitgruppe (WL 6) von 0,35 eingebaut wird
3. das Gebäude luftdicht ist
4. eine Lüftungsanlage mit hochwirksamer Wärmerückgewinnung und einem Erd-Wärmetauscher zu winterlicher Vorwärmung der Luft und sommerlicher Abkühlung des Raumklimas ohne Klimaanlage
5. Passivhausfenster besser als $0,8 \text{ N}/(\text{m}^2\text{K})$ eingebaut werden
6. wenige bzw. keine Fenster auf der Nordseite des Hauses geplant und gebaut werden
7. eine möglichst kompakte Gebäudeform mit einem kleinen A/V Verhältnis gewählt wird.
8. Wohnräume nach Süden und Neben- und Abstellräume nach Norden orientiert sind.
9. Garage nach Norden orientiert ist
10. Doppel- und Reihenhäuser sind günstiger als freistehende Häuser
11. viel Masse zur Speicherung solarer Wärme durch die Fenster im Gebäude vorhanden ist, z. B. massive Innenwände



Vor- und Nachteile bei Passiv- bzw. Plusenergiehaus

Massive Ziegelbauweise

Eine zweischichtige Konstruktion aus massivem Ziegel und einem Wärmedämmverbundsystem von mindestens 300 mm Dämmstärke bietet sehr viele Vorteile und Komfort für den Nutzer

1. Potentielle Wärmebrücken wie Betonstürze, Deckenauflagen, Ringbalken usw. werden ausgeschlossen, da die durchgehende Dämmlage überdeckt. Es gilt zu beachten, dass die Wärmedämmung möglichst in gleicher Qualität und Dimensionierung lückenlos die Gebäudehülle umfasst.
2. Die innerhalb der Gebäudehülle liegende tragende Schale ist vor thermischen Spannungen geschützt.
3. Die erforderliche Luftdichtheit wird beim Massivbau sehr leicht (unter Beachtung der Grundregeln) durch einen Nassputz erreicht.
4. Der Schallschutz in massiv erstellten Passivhäusern ist optimal und erhöht den Wohnkomfort extrem.
5. Die Masse einer massiven Wandkonstruktion ist ein optimaler Speicher und Wärmepuffer bei wechselnden Temperatureinflüssen z.B. Frost und Sonneneinstrahlung. Bei massiv gebauten Passivhäusern bieten große Fensterflächen Vorteile. Durch das enorme Speichervolumen von Ziegelsteinen wirkt sich solarer Wärmerückgewinn im Besonderen aus.



Holz Leichtbauweise

1. Die Holzleichtbauweise lässt bei gleichem Wärmeschutz wie bei massiver Bauweise eine geringere Wandstärke zu.
2. Durch industrielle Vorfertigung werden Kosteneinsparpotentiale erreicht.
3. Ein Nachteil der Leichtbauweise ist der mangelnde Schallschutz, der sich aus der fehlenden Speichermasse ergibt.
4. Der sommerliche Wärmeschutz sollte zusätzlich mittels einer selbstregulierenden Jalousieanlage vorgenommen werden, wenn es sich bei dem Gebäude um eine Leichtbauweise mit wenig Speichermasse handelt.
5. Wärmebrücken aufgrund von Werkstoffen mit deutlich unterschiedlichen Wärmeleitfähigkeiten entstehen dann, wenn sich ein Bauteil aus unterschiedlichen Baustoffen zusammensetzt, die sich in der Eigenschaft Wärme zu leiten stark unterscheiden.
Ein Beispiel hierfür sind Holzständerwände mit Wärmedämmung in den Gefachen. Hier liegen in der Wandebene nebeneinander unterschiedliche Wärmedurchgangskoeffizienten der Baustoffe vor.
Im Bereich der Holzständer wird pro m² wesentlich mehr Wärme nach außen transportiert als im Bereich der Gefache, in denen eine Wärmedämmung vorliegt. Somit stellen die Holzständer in diesem Fall für ein Passivhaus Wärmebrücken dar.
6. Um die Luftdichtheit bei der Leichtbauweise zu erreichen setzt man Folien ein. Überlappungen müssen dicht verklebt oder verschweißt sein. Wenn Löcher in der Folie sind kann aufgrund der Luftdruckunterschiede warme und feuchte Luft in die Dach- und Wandkonstruktion eindringen, was zu Tauwasserbildung (Kondenswasser) und Bauschäden führt.
7. Nicht vorhandene bauliche Speichermasse lässt eine Wärmespeicherung und die Regulierung von Raumfeuchte bei einer Leichtbauweise nicht zu.

Die Nachteile der Leichtbauweise wie mangelnder Schallschutz, fehlende Speichermasse und unzureichende Luftdichtheit können durch Verwendung massiver Innenbauteile, mehrschaligen Aufbauten und besonderer Sorgfalt bei der Planung und Erstellung der luftdichten Ebene kompensiert werden.



Was gilt es bei der Be- und Entlüftung zu beachten

1. Der geringe Lüftungswärmebedarf wird nur dann erreicht, wenn eine hocheffiziente Be- und Entlüftung mit Wärmerückgewinnung eingesetzt wird.
2. Die Luftwechselrate von 0,3 bis 0,5 ist für Wohngebäude angebracht und lässt keinen Komfort missen.
3. Um die Luftdurchströmung innerhalb des Gebäudes zu gewährleisten sollten die Innentüren 1,5 cm gekürzt sein
4. Das Kanalsystem wird in der Decke und in der Wand verlegt. Siehe Lichthaus LH
5. Die Kanalaufbauhöhe beträgt 6 cm. LH
6. In Räumen mit hoher Feuchte- und Geruchbildung wie Küchen und Bäder/Toiletten wird vorrangig die Luft abgesaut. LH
7. Den Kinderzimmern, den Schlafzimmern, den Wohnzimmern usw. wird die Frischluft über Lüftungsgitter und/oder spezielle Einblasdüsen ohne dass Zugerscheinungen im Raum entstehen zugeführt. LH
8. Der vom Zentralgerät ausgehende Schalldruckpegel darf in Wohnräumen 25 db (A) und in Funktionsräumen 30 db (A) nicht übersteigen LH
9. Der im Zentralgerät eingebaute Kreuzstromwärmetauscher überträgt mindestens 75% der Abluftwärme an die zuströmende Frischluft ohne dass eine Vermischung der Luftmengen stattfindet. LH
Der Wärmebereitstellungsgrad gibt den Wirkungsgrad der Wärmerückgewinnung aus der Abluft an. Er darf 75% nicht unterschreiten.



10. Bei einer Zuluftmenge von 150 m³/h und einer Abluftmenge von 150 m³/h darf die Stromaufnahme des Geräte für die Motoren der Ventilatoren sowie Steuerung und Regelung insgesamt maximal 0,45 W/m³h x 150 m³/h also 67,5 W betragen. Um diesen Wert zu erreichen ist es unerlässlich, das Kanalnetz auf möglichst kurzem Weg mit minimalem Strömungswiderstand zu planen. Es dürfen nur Kanalsysteme mit glattwandiger Innenseite verwendet werden.
11. In den Außenluftstrom ist ein Filter der Güteklasse F7 einzubauen. Ein Pollenfilter der Güteklasse F8 bringt Allergikern zusätzlichen Nutzen. LH
12. Durch einen Erdreichwärmetauscher wird die Effektivität der Be- und Entlüftung im Winter verbessert (vorgewärmte Luft). LH
Der Erdreichwärmetauscher ermöglicht eine Kühlung der Frischluft im Sommer, was zur Komfortsteigerung des Gesamtsystems beiträgt.
Der Erdreichwärmetauscher wird in 1,50 – 2 m Tiefe und einem Gefälle von 2% mit Entwässerung verlegt. Die Rohrlänge sollte 30-40 m nicht überschreiten.
Der Durchmesser des glattwandigen Kunststoffrohrs beträgt 150 – 200 mm.
13. Durch den Erdkollektor wird bei Minus 15°C am Geräte eintritt eine Lufttemperatur von + 5°C erreicht. LH
14. Während der Sommermonate ist ein Passivhaus anders zu betreiben als in den Wintermonaten, damit es nicht zu Überhitzungen kommt. Die Überschüssige Wärmemenge muss abtransportiert werden, damit es nicht zu Überwärmung kommt.
- Am komfortabelsten ist dies mit der mechanischen Be- und Entlüftungsanlageanlage die über einen Erdreichwärmetauscher verfügt zu erreichen. Dieser wird zur Kühlung der Frischluft ohne Wärmerückgewinnung bei geschlossenen Fenstern eingesetzt.
 - Durch Verschattung der Glasflächen
 - Durch intensives Lüften über die Fenster bei abgeschalteter Be- und Entlüftung
 - Klimatisierung (sehr aufwendig, nicht geeignet)
15. Dunstabzughauben sollen in Passivhäusern grundsätzlich als Umlufthauben eingesetzt werden.
16. Beim Einsatz einer Ablufthaube und Einsatz eines Stückholzofens zur Nachbeheizung besteht die Gefahr, dass Abgase in den Wohnraum gesaugt werden und Bewohner gefährden.



Frage: Warum muss gelüftet werden

Durch die Bewohnung eines Hauses wird ständig Wasserdampf erzeugt, der sich unsichtbar in der Luft befindet. Deshalb ist die Konzentration von Wasserdampf innerhalb von bewohnten Gebäuden höher als außerhalb.

Durch die Nutzung einer Wohnung mit einem 4 Personenhaushalt fällt zum Beispiel täglich 6 bis 10 kg Wasser an. Bei Erhöhung der Personenanzahl erhöht sich auch die abgegebene Wassermenge.

Was sind die Wasserdampfquellen in einer Wohnung

- | | | |
|----------------------------------|-------------------|----------------|
| a) Atemluft | je nach Aktivität | 20 bis 70 g/h |
| b) Kochen | | 1500 g/h |
| c) Duschen- Baden-Waschen | | 800 g/h |
| d) Wäschetrocknen in der Wohnung | | 50 bis 500 g/h |
| e) Zimmerpflanzen | | bis 50 g/h |
| f) freie Wasserfläche | | bis 40 g/h |

Durch die mechanische Lüftungsanlage wird die relative Luftfeuchte sehr niedrig gehalten, so dass keine Tauwassererscheinungen auftreten können. Die Abfuhr von Gerüchen, von durch die Bewohner erzeugtem Kohlendioxid – von Schadstoffen die in Möbel, Textilien und Baustoffen oder sonstigen Gegenständen, ist bei einer mechanischen Lüftungsanlage als sehr gut und kontinuierlich zu werten.



Nutzung der Sonnenenergie zum Schutz unserer Atmosphäre und unserer Ozeane

Die Nutzung der Sonnenenergie mit Kollektoren ist eine über Jahrzehnte hinweg angewandte und erprobte Technik.

1. Die unterschiedlich angebotenen Kollektoren unterscheiden sich in Ihrem Aufbau und Ihrer Leistung geringfügig.

Bei Passivhäusern ist es in jedem Fall sinnvoll solare Energie im Pufferspeicher zu lagern und für den Brauchwasserbereich sowie den Bereich der Nachheizung im Bedarfsfall zu verwenden. Der Pufferspeicher, auch als Zonenspeicher bekannt kann an sonnenarmen Tagen parallel mit

- a) Wärmepumpe
- b) Gastherme
- c) Stückholzofen einer
- d) Pelletsanlage oder einer
- e) Elektronachheizpatrone

Restwärme aufnehmen und nach Bedarf abgeben. Auf eine Zusatzheizung kann nicht verzichtet werden.

2. Die Wärmedämmung an den Rohrleitungen soll doppelt so dick sein, wie der Nenndurchmesser der betreffenden Rohrleitungen ist.
3. Es ist wichtig bei der Montage der Kollektoren die Südrichtung um nicht mehr als 15° zu verfehlen. Der Neigungswinkel ist mit 25-45° optimal gewählt. Je nach Sonnenscheindauer liegt die Jahresnutzung bei 400 KWh/m²a.



4. Der für Mitteleuropa anzusetzende Wert der Strahlungsleistung liegt bei 1100 W/m^2 .
Die Sonnenscheindauer $1100 - 1900 \text{ h}$
Die zu erwartende Energiemenge beträgt ca. $1200 \text{ bis } 1900 \text{ kWh/m}^2 \text{ Jahr}$.
Bei einer 4köpfigen Familie geht man von einem Energiebedarf bei der Warmwasserbereitung von 4000 kWh pro Jahr aus. Eingerechnet sind dabei auch die Abstrahlungsverluste an Rohrleitungen und Pumpen.
 $1,1 \times 1100 \times 6 = 7260 \text{ kWh/m}^2\text{a}$
Leider beträgt die Sonnenscheindauer im Winter nur $\frac{1}{4}$ der Sonnenscheindauer des Gesamtjahres. Der Bereitstellungsgrad der Solaranlage ist übers Jahr betrachtet bei $50 - 70\%$ angesiedelt.

5. Das Einsparpotential beträgt ca. 150 €/Jahr . Wenn man von $0,70 \text{ €}$ je Liter Heizöl und 210 Liter pro Jahr ausgeht. Das Einsparpotential ist als gering anzusehen. Primär sollte man zuerst in eine sehr gute Wärmedämmung der Gebäudehülle investieren.



Null Energie bzw. Plusenergiehaus

Nutzen Sie die Sonnenenergie zur Stromerzeugung

Photovoltaik

1. In einem Null oder Plusenergiehaus wird mehr Energie produziert als beim Bewohner insgesamt verbraucht wird.
In der Regel wird der Strom in das öffentliche Netz eingespeist, was somit wie ein Pufferspeicher funktioniert.
Anlagen ohne allgemeines Stromnetz z. B. Wochenendhäuser, Berghütten o. ä. benötigen zur Speicherung des Solarstroms Batterien. Diese Betriebsart wird als Inselbetrieb bezeichnet.
2. Die Energieausbeute üblicher Photovoltaikanlagen liegt bei 700 – 950 kWh pro installierter Kilowatt Spitzenleistung (Kilowatt Peak = kWp) und pro Jahr.
Mit 3 kW peak werden pro Jahr 2100 bis 2700 kWh elektrischer Strom erzeugt.
3. Neigungswinkel und Aufstellungsort ist wie bei den Solarzellen zu wählen
4. Der selbst erzeugte Strom darf bei den Berechnungen bzw. der Passivhausprojektierung nicht berücksichtigt werden.
Durch die Fördermaßnahmen vom Bund gewinnt Photovoltaik immer mehr an Bedeutung.



Stromverbrauch im Passivhaus

1. Zum Prinzip eines Passivhauses gehört, dass der gesamte Verbrauch an Energie im Gebäude so minimiert wird, dass je m² Wohnfläche nicht mehr als 120 KWh verbraucht werden.
Dieser Wert wird vom Passivhausinstitut Darmstadt vorgegeben.

Hierin ist der komplette Energiebedarf für

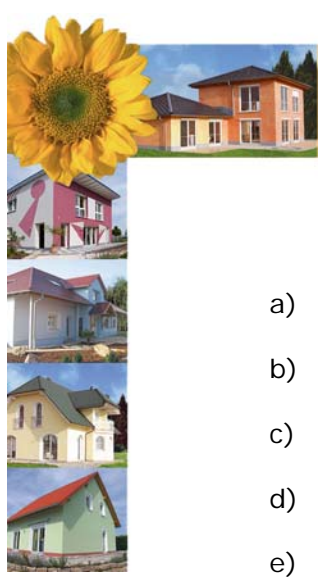
- a) Wärmeerzeugung – Ventilator – Pumpen – Brennenergie
- b) Warmwasserbereitung und Umwälzpumpen
- c) Licht – Stand-by-Schaltungen an Fernseh, Video, PC usw.
- d) Wäschetrockner – Waschmaschine
- e) Kühlschrank – Kühltruhe

enthalten.

2. Eine Betriebsart in der nur Strom ohne Verbesserung des Wirkungsgrades vorgesehen ist wie z. B.

- Warmwasser mit Durchlauferhitzer und
- Elektrisches Nachheizregister nach dem Kreuzstromwärmetauscher im Zuluftkanal

setzen voraus, bzw. kann nur unter nachfolgend aufgeführten Voraussetzungen erfüllt werden:



- a) Der U-Wert der Außenwände und der Bodenplatte $0,100 \text{ W/m}^2\text{K}$ nicht übersteigt
- b) Der U-Wert des Daches $0,09 \text{ W/m}^2\text{K}$ nicht übersteigt
- c) Der U-Wert der Fenster $0,7 - 0,8 \text{ W/mPK}$ nicht übersteigt
- d) Die Luftdichtheit des Gebäudes muss nach Passivhausstandart gegeben sein
- e) Keine Fenster im Norden angeordnet sind
- f) Die Gebäudeausrichtung Südausrichtung eingehalten wird
- g) keine Dachflächenfenster installiert sind
- h) Nur Haushaltsgeräte z.B. Waschmaschinen mit geringem Stromverbrauch eingesetzt werden
- i) Keine Stand-by Schaltungen vorhanden sind
- j) Die Dunstabzugshaube nicht als Außenluft abhängig sondern Umlufthaube mit Filter eingebaut ist.
- k) Ein Massivhaus mit genügend Masse zur Speicherung solarer Energie als tragende Konstruktion zum Einsatz gelangt
- l) Ausreichen Fensterfläche (die nicht durch Gebäude oder Bäume beschattet sind) nach Süden angeordnet sind

Wird ausschließlich elektrischer Strom als zusätzliche Energiequelle eingesetzt, hat dies einen äußerst hohen Primärenergiebedarf zur Folge (kein Wirkungsgrad) z.B. WP 1: 3. Im Einzelfall ist zu prüfen, ob die Bedingungen für ein Passivhaus eingehalten werden.



Energieverteilung im Passivhaus

Für die Wärmeverteilung im Passivhaus bieten sich folgende Möglichkeiten an.

1. Installation eines kompletten Heizsystems für geringe Heizleistungen

Die Installation eines kompletten Heizsystems ist zwar relativ aufwändig, sie ermöglicht allerdings das Wasser aus dem Pufferspeicher (Zonenspeicher) zu nutzen. Für die Abgabe der Wärme in die Räume können Heizkörper – Fußbodenheizung oder Luftherhitzer eingesetzt werden.

2. Wärmeverteilung über raumweise Nachheizregister im jeweiligen Zuluftkanal

Die raumweise zugeordneten Nachheizregister erfordern ein hohes Maß an Installations- und Regelaufwand. Es ist zu berücksichtigen, dass die Zulufttemperatur 50°C aus hygienischen Gründen nicht übersteigen darf.

Sonstige Energieverteilensysteme kommen nicht in Betracht.



8

Fenster

Bei Passivhäusern dienen die Fenster der Nutzung von passiver Sonnenenergie. Sie sollen in den Wintermonaten möglichst viel Wärme in das Gebäude hineinlassen und gleichzeitig die Wärmeverluste bei Nachtfrost und Sonnenschein armen Tagen reduzieren.

Für Passivhäuser kommen nur Wärmeschutzverglasungen als 3 Scheiben-Isolierglas mit zwei Wärmeschutzbeschichtungen und einer Gasfüllung mit den Edelgasen Argon, Krypton oder Xenon in den Zwischenräumen in Frage.

Die Gasfüllung reduziert die Transmissionswärmeverluste. Die Wärmeabstrahlung wird durch die Wärmeschutzbeschichtung reduziert.

Bei Dreischiebenverglasung stellt die veränderte Farbwiedergabe ein Problem dar. Eine gute Wärmeschutzverglasung weist in der Skala 1 – 100 eine Farbwiedergabe im Farbindex von bis zu 96% aus.

Die Rahmenkonstruktionen können aus Kunststoff mit integrierter Wärmedämmung oder aus Holz mit einer Kerndämmung eingesetzt werden. Passivhausfenster werden nach zwei Werten bemessen

U = Wärmedurchgangskoeffizient

g = Gesamtenergiedurchlassgrad

Der U-Wert sollte möglichst gering bei der Verglasung z.B. $0,5 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ und Gesamt Glas+Rahmen nicht über $0,8 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ sein.

Der g-Wert sollte höher als 0,45 liegen.



Rolläden

Die Rollladenkästen sollten bei Passivhäusern außerhalb der Wärmedämmebene angeordnet werden z.B. vorgesetzter Rollladenkasten.

Auf Gurtdurchführungen zur Bedienung der Rollläden muss bei Passivhäusern verzichtet werden. Sie stellen eine Schwachstelle in Bezug auf die Luftdichtheit dar.

Rollläden sollten entweder mit Kurbel oder elektrisch betrieben werden.

Am besten vom Gebäude entkoppelte Rollläden mit Funksteuerung verwenden.



Blower-Door-Messungen

Bei Passivhäusern muss mittels einer Unter/Überdruck-Messung die Luftdichtheit bzw. der Luftwechsel ermittelt werden.

Mit einem Ventilator der in der Wandhülle z.B. Fenster montiert ist wird Unter- bzw. Überdruck im Gebäude erzeugt.

Der Differenzdruck zwischen innen und außen beträgt 50 Pascal.

Die Prüfung erfolgt, wenn die Luftdichtheitsschicht fertig gestellt, zugänglich und überprüfbar ist.

Fenster und Türen sind zu diesem Zeitpunkt bereits eingebaut.

Die Luftwechselrate auch als n_{50} Wert bezeichnet, darf bei Passivhäusern 0,6 nicht überschreiten. Unter dem Luftwechsel versteht man eine Zahl, die beschreibt, wie oft die Luft in einem Gebäude pro Stunde ausgetauscht wird.



Decken + Wandaufbau-Konstruktion und Details

Die Massivwand erfüllt in erster Linie statische Funktionen.

Für Wärmespeicherung und Schallschutz ist das hohe spezifische Gewicht von Vorteil. Ein Wärmedämmverbundsystem nach Passivhaus Standard gewährleistet den Wärmeschutz. In der Regel gelangen Polystyrol oder Mineralfaser Dämmplatten zum Einsatz.

Sie werden mit einem mineralischen Kleber nicht punktuell sondern vollflächig verklebt und einlagig auf der Außenwand aufgebracht. Die Platten müssen so dicht gestoßen sein, dass kein Spalt entsteht.

Nach dem Abbindevorgang wird ein Armierungsgewebe in Spachtelmasse eingebettet und nach Trockenvorgang der Oberputz aufgebracht. Der Oberputz muss diffusionsfähig, mechanisch stabil und thermisch belastbar sein.

Die zweischalige Konstruktion bietet nur Vorteile, da potentielle Wärmebrücken erst gar nicht auftreten können.

Der Innenputz muss von der Decke OK bis zum Decke UK ausgeführt werden.