Plusenergiehaus in Erlangen, Praxiserfahrungen

Update: Vortrag 22.11.018

Veranstalter: **Bund Naturschutz Erlangen und VHS**

Referent: **Martin Sacherl**

u. Arbeitsgruppe Neue Energie (AGNE) BN Erlangen
Sprecher: Heinz Horbaschek

© 2016 Martin Sacherl

BN Homepage : http://www.erlangen.bund-naturschutz.de/

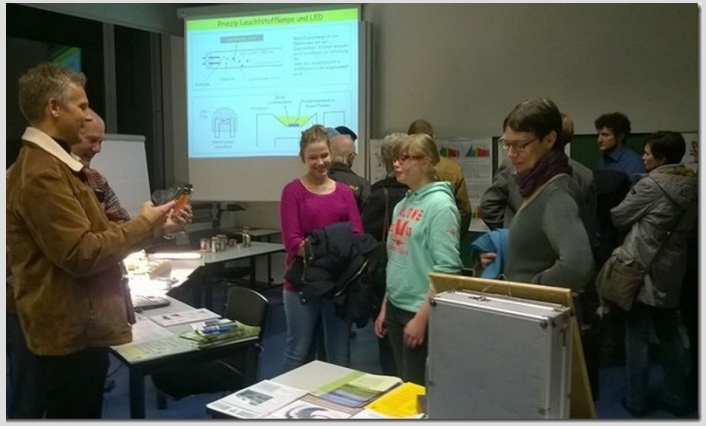
BN Erlangen: Arbeitsgruppe Neue Energie (AGNE)

seit 1995

Arbeitsgruppe
NEUE ENERGIE
BUND Naturschutz Erlangen

Öffentlichkeitsarbeit

- Informationsmaterial
- Vorträge
- Infostände
- Vorführmodelle



Mitarbeit bei

- städtischen Gremien
- Energiewende ER(H)langen e.V.

Konstruktive, kritische Begleitung von Projekten

- kommunale Planungen
- Bauvorhaben
- usw.

Arbeiten Sie mit in der Gruppe NEUE ENERGIE!

Wir treffen uns jeden dritten Donnerstag im Monat, um $20^{00,}$ in Erlangen, Isarstr.12, Kommunikationsraum

Email: erlangen@bund-naturschutz.de

KREISGRUPPE ERLANGEN

Vorsitz:
Dr. Rainer Hartmann

Pfaffweg 4
91054 Erlangen

neue Adresse ab 18.11.2019:
Friedrichstr. 7 (1. Stock)
91054 Erlangen

Tel.: 0 91 31/ 23 668
Fax: 0 91 31/ 40 11 231

> erlangen(at)bund-naturschutz.de

Facebook:
> https://www.facebook.com/BNErlangen

http://www.erlangen.bund-naturschutz.de/

> **Plus-Energie-Haus** in Erlangen, Konzept u. Praxisergebnisse

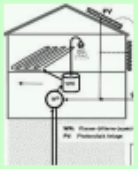
> **Vorträge**: Blockheizkraftwerke (BHKW) und Technik / Wirtschaftlichkeit

> **Infoblatt:** Stoffliche Speicher, zukunftsweisende Entwicklung aus Erlangen

> **Infoblatt:** Strom von der Sonne, PV- Anlagen

> **Infoblatt:** Energieeffiziente Beleuchtung
> **Vortrag:** Beleuchten aber wie ?

> **Infoblatt:** So können Sie Ihr Haus energetisch aufwerten



> **Infoblatt:** Wärmepumpe richtig einschätzen
> **Vortrag:** Physik und Einsatz

> **Vortrag:** Heizungsoptimierung u.a. mit hydraulischem Abgleich

> **Vortrag:** Umwelt und Hausheizung
> **Infoblatt:** Ist Holzheizung bei uns noch ökologisch?

> Diesel und Umwelt - was kaufen?
Welches Auto heute kaufen, incl. E-Autoinfos

: Horbaschek
horbaschek@gmx.de

Plusenergiehaus in Erlangen
Motivation

Jahrelange, intensive Beschäftigung mit der Thematik

- Gesundes Wohnen ohne Gifte
- Umwelt schonen, Energie sparen
- Verwendung von baubiologischen Materialen, Nachhaltigkeit
- Möglichst wenig Einsatz von Erdölprodukten, wie Styropor
- geringer Primärenergiebedarf für die Herstellung/Entsorgung der Baustoffe, sog. graue Energie
- Günstiges Brandverhalten

Erstellt von Martin Sacherl, Elektrotechniker, Erlangen, 13.04.2016, **aktualisiert Nov. 2019**

Unterstützung durch K. P. Frohmader, Heinz Horbaschek, BUND Naturschutz Erlangen

Quellen: Energieeffiziente Wohngebäude, Schulze Darup, BINE / Passivhaus Kompendium

Erklärendes Video: https://www.youtube.com/watch?v=_eMQVQEtJDw

Inhaltsverzeichnis

Inhalt:

Motivation	5
Umweltbeirat, Grundlagen	**7**
Gebäudehülle, Fenstereinbau, Verschattung	13
Haustechnik / Regenwassernutzung	18
Lüftungsanlage mit Erdwärmetauscher	21
Heizung und Warmwasser	31
Wärmepumpe und Flächenkollektor	35
Photovoltaikanlage und Energiebilanzen	39
Kosten und Wirtschaftlichkeit	48

Plusenergiehaus
Aussagen Umweltbeirat

UMWELTBEIRATSITZUNG
Ökologisches Bauen = Soziales Bauen

„Ist Wohnen noch bezahlbar? Welche Rolle spielen ökologische Faktoren?“ Unter dieses Motto hat die UmweltBank die Sitzung des Umweltbeirats am 6. November 2015 gestellt, zu der Fachleute aus Wissenschaft, Politik und Wirtschaft sowie Verbänden nach Nürnberg kamen. …

Einfach und funktionell
Der Umweltbeirat thematisierte, dass die Technik bei Energiesparhäusern häufig kompliziert sei. So liegt regelmäßig der tatsächliche Energiebedarf über dem geplanten, wenn die technischen Systeme nicht optimal eingestellt sind. **Die Expertenrunde äußerte die Meinung, dass Architekten darauf achten sollten, dass die Haustechnik einfach und leicht zu bedienen ist.**

Hans-Josef Fell, Miturheber des Erneuerbare-Energien-Gesetzes, formulierte als Vision, künftig nur noch Plus-Energiehäuser zu bauen. Diese Gebäude sind energetisch vollkommen autark, da sie mehr Strom und Wärme aus regenerativen Quellen erzeugen, als sie selbst verbrauchen. Er regte daher eine Änderung bei der Bewertung der Bauvorhaben an. **Statt einer Energiebilanz wäre seiner Meinung nach eine CO_2-Bilanz und die richtige Auswahl der Baustoffe von größerer Relevanz.“**

Quelle: https://www.umweltbank.de/bank_umwelt/bu74.html, 11/2015

Basis baubiologisches Holzhaus

Passivhaus, erweitert zum Plusenergiehaus,
baubiologische Holzständerbauweise,
http://www.holzbauhaus.de/index.php

Beratung und Betreuung durch Ulrich Bauer und Dirk Dittmar,
Wendelstein, mehr unter: http://www.natuerlichbaubiologisch.de/

natürlich
bau
bio
logisch

Passivhaus, Energiegrundlagen

Begriffe:

Primärenergiebedarf =

Inhalt an fossiler Energie + (Energiebedarf für Umwandlung + Energiebedarf für Transport)

Primärenergiefaktoren (Rechengröße z.B. für EnEV):

Gas/Öl: 1,0 + 0,1 = 1,1

Holz: 0,0 + 0,2 = 0,2 nur nicht-regenativer Anteil, wenn(!) **nachhaltig** erzeugt (zeitgleich)

Strom: 2,4 bis 2015,
1,8 ab 2016 (→ rechnerische Besserstellung mit Wärmepumpe)

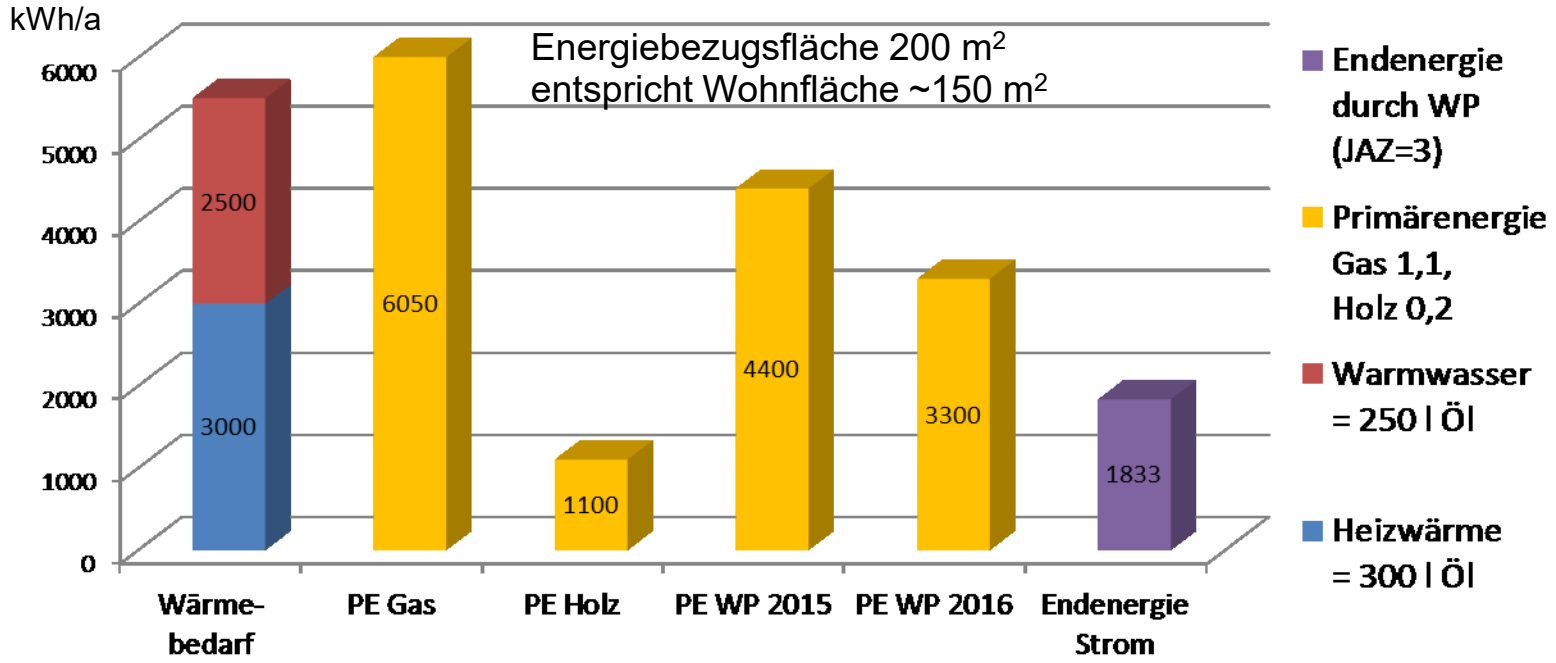
Heizwärmebedarf: für die Beheizung des Gebäudes

Warmwasser-Bedarf: 12,5 kWh/(m^2 x a) pauschal angesetzt, unabhängig von Personenzahl

Endenergie: beim Hausanschluß des Verbrauchers ➔ Energiekosten

Haushaltsstrom: Hilfstrom (Pumpen, Lüftung) + Haushaltsgeräte, Licht

Endenergiebedarf vs. Primärenergie beim Passivhaus



theoretischer PE-Faktor Holz: nur 0,2 (**nachhaltig**) → Primärenergie dadurch sehr gering, d.h. evtl. weniger Dämmung für EnEV Berechnung (u.a. Primärenergie) notwendig

<u>Achtung Irreführung!</u>

Theoretischer PE-Faktor Strom: 2,4 bis 2015, ab 2016: 1,8
d.h. das Gebäude hat automatisch, ohne dass die Gebäudehülle verbessert wird, einen niedrigeren, rechnerischen Primärenergiebedarf.

Wärmepumpenheizungen werden begünstigt und geben somit Spielraum bei der Umsetzung der Wärmedämmung

Quelle: http://www.waermepumpe.de/enev-2014/

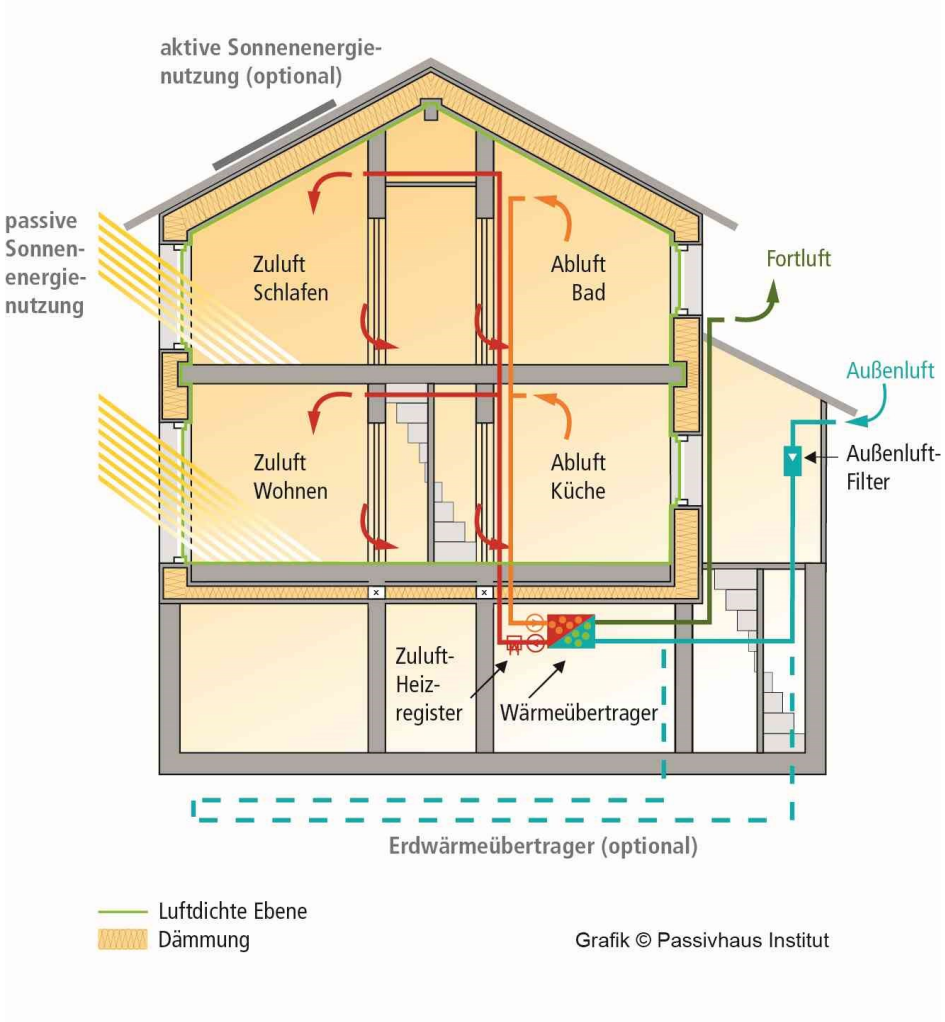
Inhaltsverzeichnis

Inhalt:

Motivation	5
Umweltbeirat, Grundlagen	7
Gebäudehülle, Fenstereinbau, Verschattung	**13**
Haustechnik / Regenwassernutzung	18
Lüftungsanlage mit Erdwärmetauscher	21
Heizung und Warmwasser	31
Wärmepumpe und Flächenkollektor	35
Photovoltaikanlage und Energiebilanzen	39
Kosten und Wirtschaftlichkeit	48

Gebäudehülle – Dämmung und luftdichte Ebene

Darstellung mit Keller außerhalb der Dämmhülle



Copyright: Passivhaus Institut, Darmstadt

Aufbau Dach:
Dachziegel
Holzfaserplatten 120 mm außen
Dachsparren 240 mm mit Zellulose
Holzfaserplatten 30 mm innen

U-Wert Dach: 0,12 W/(m² x K)

Aufbau Ständerwand:
Außenputz
Holzfaserplatten 100 mm außen
Ständer 240 mm mit Holz-Lehm-Füllung
Diagonalschalung, keine OSB Platten!
Holzfaserplatten 50 mm innen
Lehmputz mit Wandheizung 25mm

U-Wert Wand: 0,13 W/(m² x K)

- Unterschiedliche Verzögerungszeit des Wärmedurchgangs beachten
- Styrodur/Mineralwolle beim Dach ungünstiger, da viel geringere Rohdichte

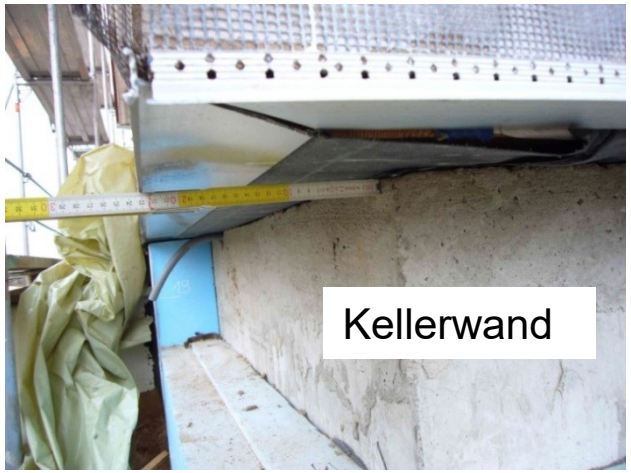
→ ideal Holzfaserplatte und Lehmputz

Gebäudehülle / Dämmung Betonkeller

Bodenplatte mit 2 x 120 mm Styrodur und Polystyrol (Estrich), U-Wert: 0,12 W/(m² x K)
Kosten: ca. 5000.-EUR/100m² Material brutto + **2200.-EUR Wert der Eigenleistung**

Wände, 1x 200 mm Styrodur, U-Wert: 0,15 W/(m² x K) ähnl. Aufbau mit KS-Stein/Styrodur
Kosten: ca. 5000.-EUR/90m², incl. vollflächiger Verklebung

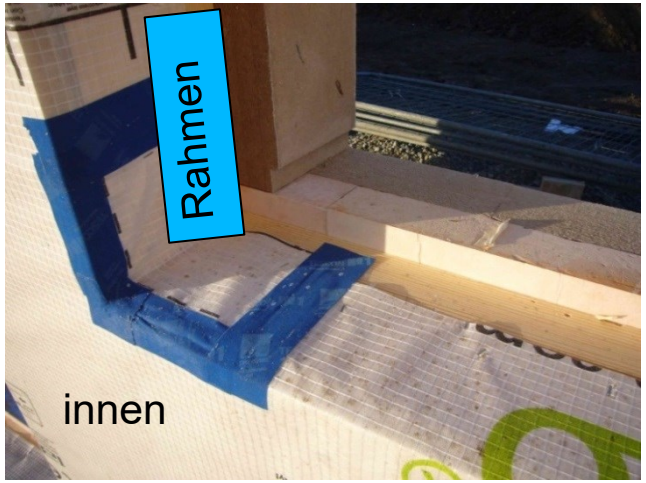
Alternativ: Glasschaumschotter hier leider nicht möglich, da Schichtenwasser vorhanden



Keller wird zu warm für Lagerung von Obst / Kartoffeln,
Deshalb zwei getrennten Erdkeller
z.B. unter der Garage, mit ca. 5 - 10 °C frostfrei

Fenstereinbau

Lichtschacht auf Dämm-ebene wasserdicht montiert



Fenstereinbau in der Holzständerwand

Fenster in der Dämmebene 200 mm winddicht eingebaut

Fenster und notwendige definierte Beschattung

System / Möglichkeiten	Vor- / Nachteile
• Uw = 0,8 W/(m² x K), nicht nur Ug-Wert • Sehr gute 3-fach Verglasung	• Fenster unbedingt mit Rahmen betrachten, Rahmenanteil minimieren
• <u>Fensterflächen</u> auf der **Südseite maximieren**, Verschattung im Winter beachten • Ost- und Westseite normal • Nordseite reduziert	• **Energieertrag im Winter/Frühjahr/Herbst** • Sonst zu starke Aufheizung im Sommer ! • Nur Verluste
• Jalousien, ohne zusätzl. Wärmebrücke • Raffstore 80 mm Lamellenbreite, Verschattung trotz gutem Lichteinfall • Achtung: Anbringung außen ! <u>Beschattung</u>, für steil stehende Sommersonne: • Raffstore oder Dachüberstand • Balkon (thermisch getrennt oder vorgesetzt) • Alu-Rahmen für UV und Regenschutz	• stärkere Verdunklung, aber sturmsicher • Verschattung trotz gutem Lichteinfall

Inhaltsverzeichnis

Inhalt:

Motivation	5
Umweltbeirat, Grundlagen	7
Gebäudehülle, Fenstereinbau, Verschattung	13
Haustechnik / Regenwassernutzung	**18**
Lüftungsanlage mit Erdwärmetauscher	21
Heizung und Warmwasser	31
Wärmepumpe und Flächenkollektor	35
Photovoltaikanlage und Energiebilanzen	39
Kosten und Wirtschaftlichkeit	48

Haustechnik

Solarthermie, Wärmepumpe, Lüftungsanlage und Photovoltaikwechselrichter

Pumpengruppe
(Solar und Heizung)

Pufferspeicher 1090 l
(120 mm Isolierung)

Waschmaschine, Wärmepumpe 6 kW, Lüftungsanlage

3 Wechselrichter,
je 4 kW für Photovoltaik-
Anlage 13,9 kWp

Zusätzlich Regenwassernutzung

Zisterne 8 m³ für **Gartenwasser** und **Toilette mit zweitem Rohrsystem**
Im Sommer für Blumen und Gemüse (Anbaufläche ~100m²),
nur ohne Rasenbewässerung im Sommer ausreichend

Kosten: ca. 3.500.-EUR incl. Installation, brutto

<u>Berechnung Volumen:</u>
1-2x leer & 1-2x überlaufen
→ wg. Sauberkeit des Wassers

Möglichst großes Volumen
→ um längere Trockenperioden
(mind. 4-8 Wochen) zu überbrücken.

Zum Vergleich, typ. Auslaufmengen
Wasserhahn: ca. 1000 l/h
Tauchpumpe (Brunnen): ca. 2000 l/h

Beregnung der Rasenfläche
typ. 1000 l in 20-30 min
d.h. bei 2x / Woche

→ Zisterne mit nur 4000 l wäre bereits in
2 Wochen leer!

Inhaltsverzeichnis

Inhalt:

Motivation	5
Umweltbeirat, Grundlagen	7
Gebäudehülle, Fenstereinbau, Verschattung	13
Haustechnik / Regenwassernutzung	18
Lüftungsanlage mit Erdwärmetauscher	**21**
Heizung und Warmwasser	31
Wärmepumpe und Flächenkollektor	35
Photovoltaikanlage und Energiebilanzen	39
Kosten und Wirtschaftlichkeit	48

Lüftung, Warum ?

Neubau und Kernsanierung

4 Personen Haushalt setzt täglich 10 Liter Wasser frei, d.h. ca. 3650 Liter / Jahr

•Bei **diffusionsoffener Bauweise** entweichen nur 0,3 l / (m^2 x a) durch Wand / Dachfläche, d.h. bei EFH mit typisch 400 m^2 Außenfläche, sind das ca. 120 l oder 3% im Jahr von 3650 l/a

•Bezüglich Luftaustausch besteht **generell** eine fast **luftdichte** Gebäudehülle, **auch bei standardmäßigen Außenbauteilen.**

•Feuchtetransport nur durch die regelmäßige, manuelle Lüftung mit Hilfe von Fenstern oder mechanisch mittels einer automatischen Lüftungsanlage

Eigenschaften

- Fensterlüftung kann in Bezug auf die Raumlufthygiene effizient sein, abhängig von Umgebungsbedingungen
- Querlüftung alle 2-3h nötig
- Optimale Wettersituation mit Wind und niedrigen Temperaturen
- Bei Inversionswetterlage schwierig

▶

Nutzen

- Alleinige manuelle Fensterlüftung führt meistens gerade in den Wintermonaten zu unbefriedigenden Ergebnissen
- Raumluftqualität ist oft nicht ausreichend.

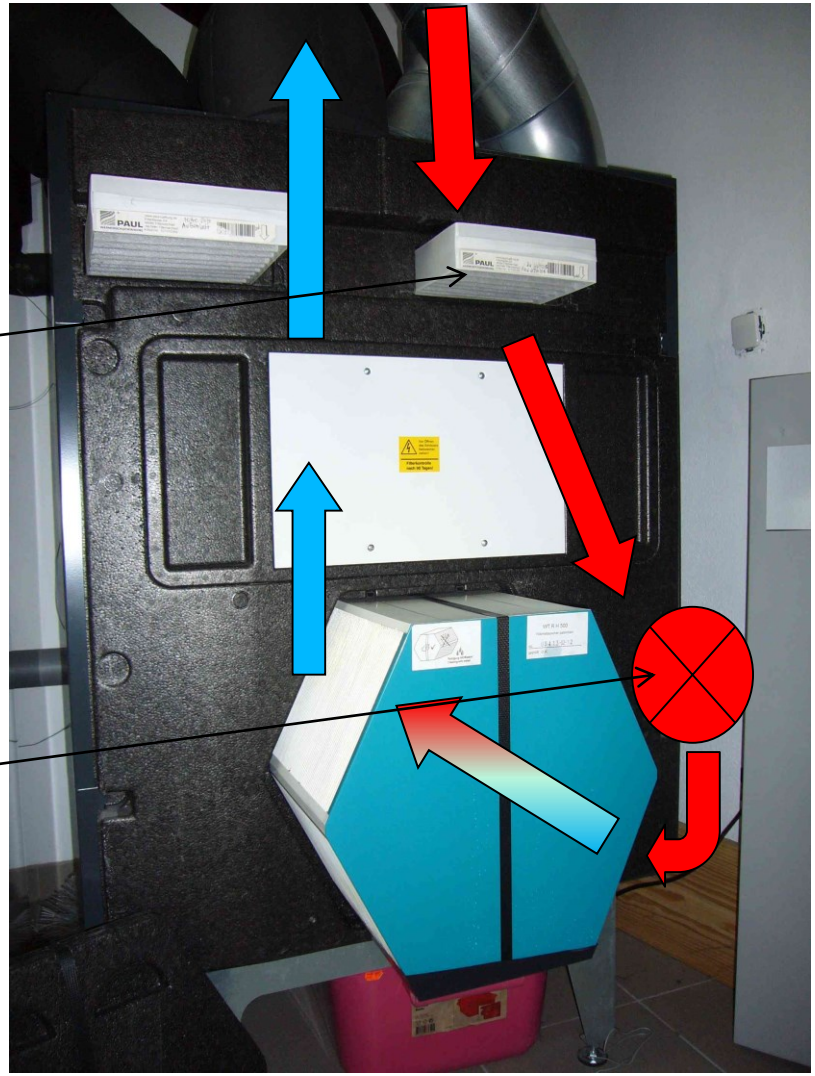
Lüftungsanlage, mit Wärmerückgewinnung

Fortluft, ca. 8°C

Abluft von den Räumen, Bad und Küche, ca. 21°C

Luftfilter

Ventilator



Lüftungsanlage, mit Wärmerückgewinnung

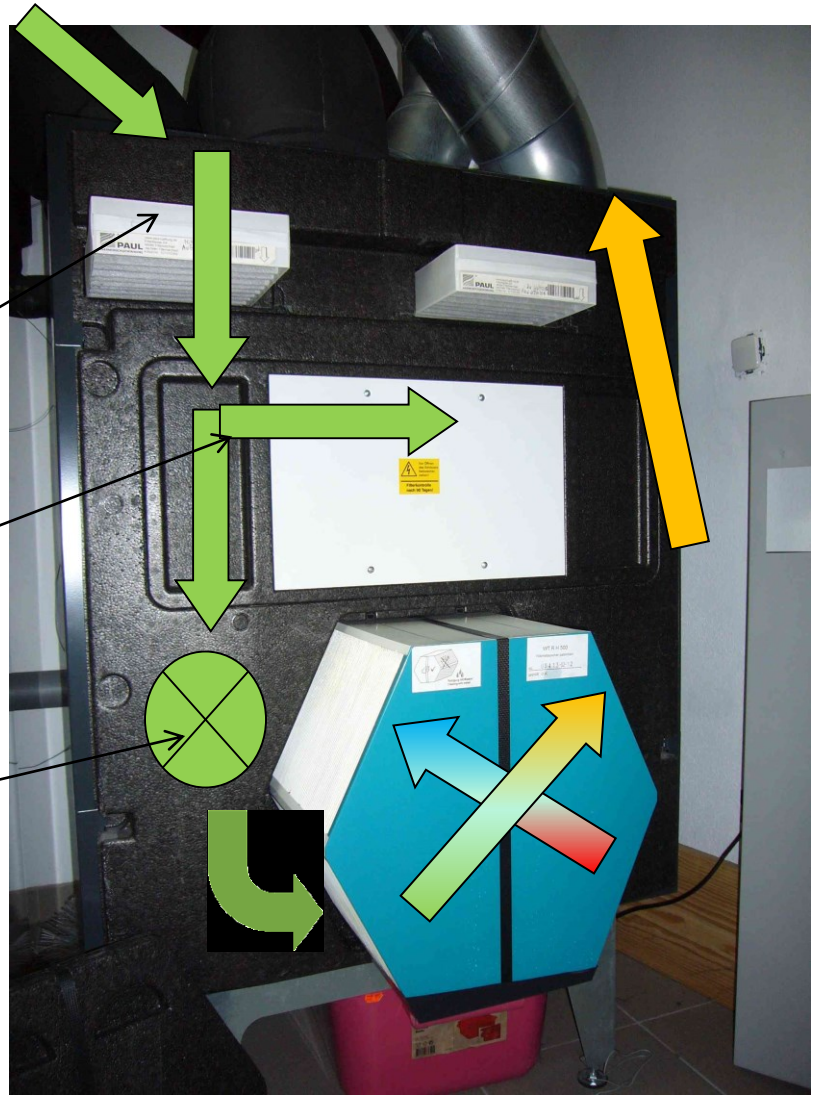
Außenluft vor Erd-WT:
im Winter -5°C
im Sommer 35°

Frischluft:
im Winter 5°C
im Sommer 25°

Luftfilter

Bypass

Ventilator



Vorgewärmte Zuluft für Wohn- und Schlafräume, ca. 19°C

Wärmetauscher in der Lüftungsanlage
→ sehr viele getrennte Kammern, große Fläche

Außenluft und Innenluft strömen aneinander **getrennt** vorbei

Lüftungsanlage, mit Wärmerückgewinnung

Außenluft vor Erd-WT:
im Winter -5°C
im Sommer 35°

Fortluft, ca. 8°C

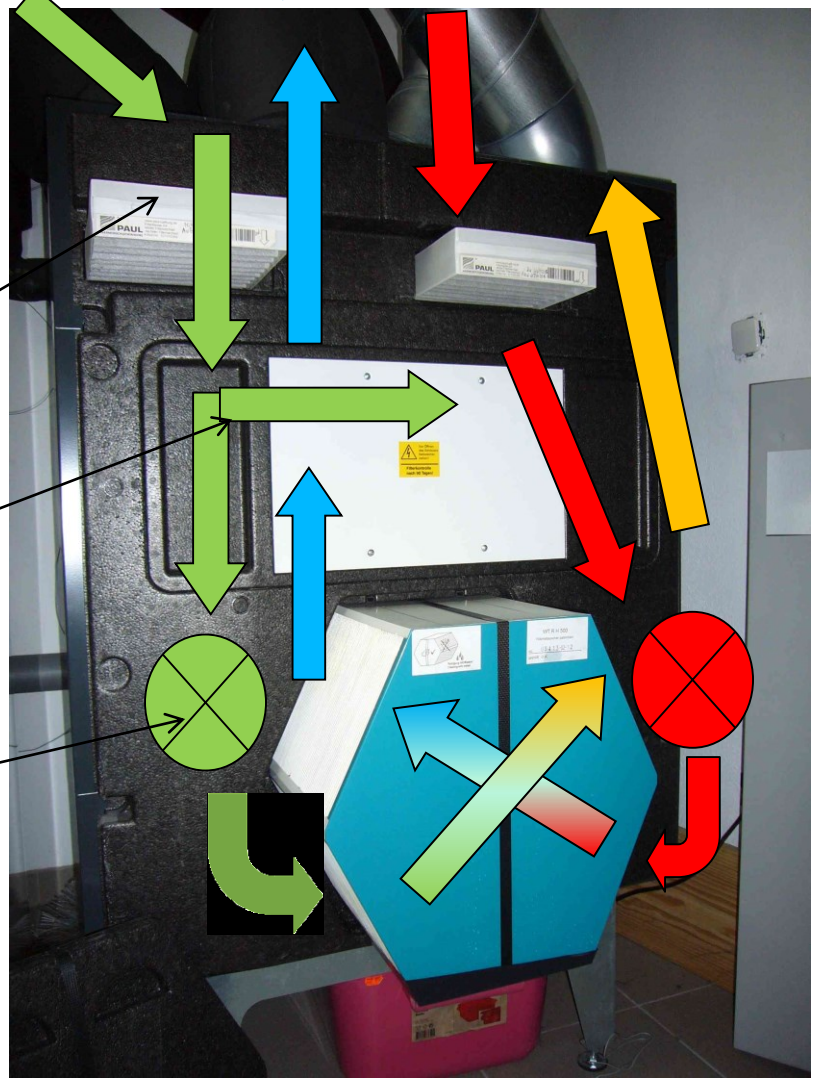
Abluft von den Räumen, Bad und Küche, ca. 21°C

Frischluft:
im Winter 5°C
im Sommer 25°

Luftfilter

Bypass

Ventilator



Vorgewärmte Zuluft für Wohn- und Schlafräume, ca. 19°C

Wärmetauscher in der Lüftungsanlage
→ sehr viele getrennte Kammern, große Fläche

Außenluft und Innenluft strömen aneinander, **getrennt** vorbei

Lüftungsanlage

Wichtig: Passivhaus - Zertifikat

Mit folgenden Informationen/Kritierien:

Wärmerückgewinnung
Wirkungsgrad: > 75 %, hier eingebaut mit über 90 %

Elektroeffizienz
Leistungsaufnahme: < 0,45 Wh/m³ Zuluftstrom,
sehr gut < 0,3 Wh/m³

Dichtigkeit, Schallschutz, Raumlufthygiene,
Frostschutzschaltung

Prüfung der Luftdichtheit des Gebäudes wichtig:
Nachweis mit Blower-Door-Test,
2x, während der Bauphase und bei Fertigstellung,

Thermografieaufnahme von z.B. Fensteranschluß

Kosten: ca. 3500.-EUR Lüftungsanlage
+ 4500.-EUR Material (Rohre/Verteiler)
+ 1500.-EUR Montage (Handwerker)

Summe: 9500.-EUR, brutto
+ 1500.-EUR Eigenleistung

Zertifikat

gültig bis 31.12.2011

Passivhaus Institut
Dr. Wolfgang Feist
Rheinstraße 44/46
D-64283 Darmstadt

PHI

Passivhaus geeignete Komponente: **Wärmerückgewinnungsgerät**
Hersteller: **Paul Wärmerückgewinnung GmbH**
Produktname: **novus 300**

Folgende Kriterien wurden für die Zuerkennung des Zertifikates geprüft:

1) **Passivhaus-Behaglichkeitskriterium:**
Eine minimale Zulufttemperatur von 16,5°C wird bei -10 °C Außenlufttemperatur eingehalten.
Begründung: In Passivhäusern sind keine Heizflächen an Außenbauteilen erforderlich. Um unbehaglichen Kaltlufteinfall zu vermeiden, muss die Zulufttemperatur nach unten hin 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
$\eta_{WRG,t,eff}$ ≥ **75 %** sein (**hier 93** % [200 m³/h], **94,4 %** [145 m³/h]).

3) **Effizienz-Kriterium (Strom):**
Die gesamte spezifische elektrische Leistungsaufnahme des Gerätes darf in den für Passivhäuser vorgesehenen Betriebszuständen (bei Betriebs-Massenstrom)
0,45 W/(m³/h) geförderter Zuluftvolumenstrom nicht überschreiten
(**hier 0,24 Wh/m³** [145 m³/h], **0,23 Wh/m³** [200 m³/h]).

4) **Dichtheit und Wärmedämmung:**
Der interne und der externe Leckluftstrom des Gerätes dürfen jeweils 3% des Nenn-Abluftstromes nicht übersteigen.
(Anforderungen und Nachweise sind der Anlage zu diesem Zertifikat zu entnehmen.)

5) **Abgleich und Regelbarkeit:** **(Anforderungen und Nachweise sind der Anlage zu diesem Zertifikat zu entnehmen.)**

6) **Schallschutz:**
Schalldruckpegel im Aufstellraum überschreitet 35 dB(A) bei äquivalenten Raumabsorptionsflächen von 4 m², das Gerät ist daher in einem separaten Technikraum mit ausreichender Schallentkoppelung zu den Wohnräumen aufzustellen
Der Schallpegel in Wohnräumen unter 25 dB(A), in Funktionsräumen unter 30 dB(A) wird mit externen Schalldämpfern erreicht.
(Erläuterungen und Nachweise sind der Anlage zu diesem Zertifikat zu entnehmen.)

7) **Raumlufthygiene:**
Bei Einbau und Betrieb des Gerätes und der übrigen Anlagenkomponenten gem. den vom Hersteller beigefügten Unterlagen sorgt das Gerät für hygienisch einwandfreie Qualität der Zuluft.
(Erläuterungen und Nachweise sind der Anlage zu diesem Zertifikat zu entnehmen.)

8) **Frostschutzschaltung:** **(Anforderungen und Nachweise sind der Anlage zu diesem Zertifikat zu entnehmen.)**

Das Zertifikat ist wie folgt zu verwenden:

PASSIV HAUS geeignete KOMPONENTE Dr. Wolfgang Feist

Wärmerückgewinnung:
Wärmebereitstellungsgrad (effektiv): 93 %
Elektroeffizienz: 0,24 Wh/m³

Quelle: Passivhaus Institut, Darmstadt

Lüftung, erbrachte Eigenleistung

Verteilung im Obergeschoss, für EG

Zuluftkanal im EG, 10fach Verteiler

dto. Abluft

Rohbaudecke Keller

Lüftungsanlage

Eigenschaften	Nutzen
Gefilterte Außenluft • Diverse Filterklassen erreichbar, Standard G3/G4 • Zusätzlich Pollenfilter möglich • Luftansaugung in mind. 1,50 m Höhe	• ideal für **Pollenallergiker** • **sinnvolle Platzierung** der Luftansaugung, da sonst Gerüche, Abgase mit angesaugt würden , z.B. (Auto/Straße, Kaminofen)
Ausdünstungen von • Baustoffen wie z.B. Bodenbeläge, Mobiliar • den Bewohnern, Frischluftzufuhr 30 m³/h pro Person • Hausstaub, Pilzsporen	• Anforderung der Raumlufthygiene haben Priorität vor der Energieeinsparung • **Abtransport der Wohnfeuchte** → Luftwechselrate ca. 0,5 h^{-1}
• Vorwärmung der Außenluft im Winter	• **Frostschutz für das Lüftungsgerät notwendig**, keine Eintrittstemperatur unter 0 °C → Vereisungsgefahr des WT • Luft frostfrei ins Haus führt zu Energieeinsparung
• Nebeneffekt im Sommer Abkühlung der Zuluft, z.B. 25 °C anstelle 35 °C	• wenn damit auch **keine Klimatisierung des Hauses möglich!**

Lüftungsanlage, Frostschutzalternativen

Sicherstellung Frostschutz	Nutzen
<u>Vorheizregister</u> • Elektrisch • Warmwasser	Einfache Regelung , ab 0/-2 °C Außenluft • Strombedarf 25-75 kWh/a • Etwas aufwändige Installation (Sole WT)
<u>Erdreichwärmetauscher – Sole</u> • PE Standard-Trinkwasserrohre, d = 32 mm • ca. 100 m Länge • Mind. 1,50 m Tiefe	Einfache Regelung mit Zirkulationspumpe, ab 0/-2 °C Außenluft • zusätzlicher Energiebedarf für Pumpe • Günstige, einfache Verlegung (Baugrube)
<u>Erdreichwärmetauscher – Luftrohr</u> • PP Spezialrohre, Durchmesser 200 mm • Standard 30-40 m Länge • Mind. 1,50 m Tiefe • 2 % Gefälle für Kondensatablauf • Nur 45 ° Bögen einbauen !	• Vorerwärmung um ca. 10 K • Energieeinsparung von ca. 1 kWh/(m² x a) • Kein zusätzlicher Energieverbrauch für elektrische Vorheizung oder Pumpen • Reinigungsmöglichkeit sollte gegeben sein, nach der Bauzeit / nach 5-10 Jahren

Lüftung mit Erdwärmetauscher

Luftansaugturm

für Außenluft

22 m lang, Standardauslegung: 30-40 m

Verlegung mit durchgehendem Gefälle von mind. 2 % für Ablauf des Kondenswassers

hier in einer Tiefe von 1,40 m auf ca. 1 m ansteigend

Inhaltsverzeichnis

Inhalt:

Motivation	5
Umweltbeirat, Grundlagen	7
Gebäudehülle, Fenstereinbau, Verschattung	13
Haustechnik / Regenwassernutzung	18
Lüftungsanlage mit Erdwärmetauscher	21
Heizung und Warmwasser	**31**
Wärmepumpe und Flächenkollektor	35
Photovoltaikanlage und Energiebilanzen	39
Kosten und Wirtschaftlichkeit	48

Passivhaus oder Sonnenhaus
Deckung Heizung und Warmwasserbedarf

Passivhaus → Haus ohne Heizung ?

- Solarer Ertrag durch große, nach **Süden ausgerichtete Fensterflächen**
- Innere Wärmegewinne (Bewohner/Abwärme) werden durch sehr gute Wärmedämmung genutzt

- **aber Zusatzheizung** notwendig:
  → Hauptsächlich für die trüben Wintertage von November bis März

  → und den Warmwasserbedarf

- Heizwärmebedarf: < 15 kWh/(m² x a)
- Primärenergiebedarf: 120 kWh/(m² x a) incl. Haushaltsstrom

Sonnenhaus

- hoher solarer Deckungsgrad über 50 %
- sehr große Solaranlage ca. 40-60 m²
- sehr großer saisonalen Pufferspeicher 7 -20 m³ um mehrere Wochen zu überbrücken

- **Zusatzheizung** für höheren Heizwärmebedarf und Warmwasser notwendig:

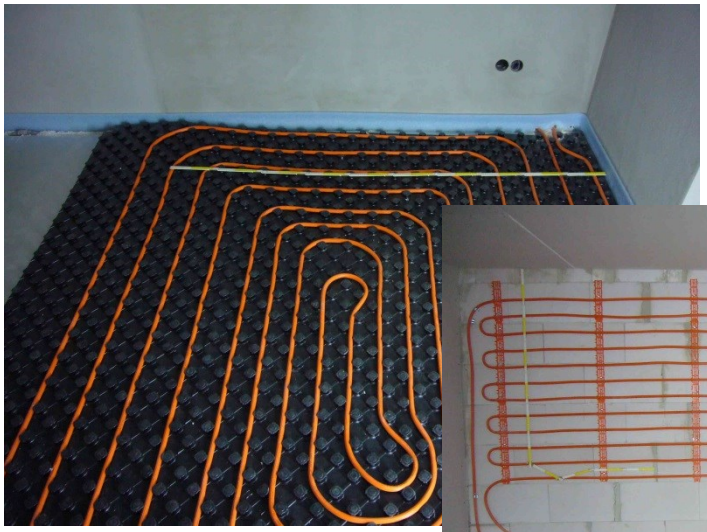
  → durch Pufferspeicher erst ab Dez./Jan.

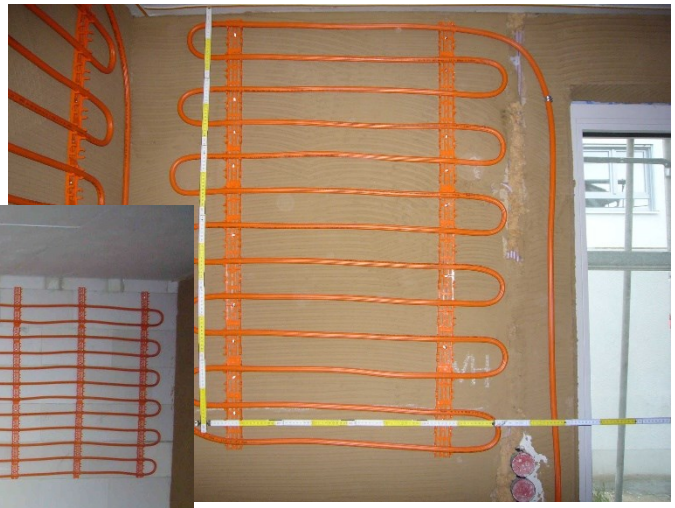
- Heizwärmebedarf: < 40 kWh/(m² x a)
- Primärenergiebedarf < 15 kWh/(m² x a) durch Heizung mit Holz, PE-Faktor: 0,2
- Zusätzlicher Wärmeeintrag im Sommer durch die Wärmeverluste des Pufferspeichers von mind. 500 W ins Gebäude beachten!

Quelle: Sonnenhaus-Institut

Heizung und Warmwasser
Wärmeverteilung

Nur bei Kernsanierung





System / Möglichkeiten		Vor- / Nachteile
• Luft • Heizkörper = Wärmeübertag vom Wasser an die Luft	▶	• Über Lüftungsanlage, nur bei sehr geringer Heizlast • höhere Vorlauftemperaturen nötig, geringer Wasserinhalt wichtig
• Flächenheizung als Wandheizung (Lehmputz) bzw. Fußbodenheizung für Strahlungswärme	▶	• Heizlast: typ. 10 - 15 W/m², z.B. Raum 17 m² → Heizlast: 170 - 250 W • Heizleistung: typ. 30 – 60 W/m² , d.h. Heizfläche von 4 – 6 m² notwendig, Auslegung im Bad beachten!
• Warmwasser, ohne Zirkulation	▶	• Reduzierung der Zuleitung in Länge und Querschnitt (12x1 mm), Küche separat → geringer Wasserinhalt

Heizung und Warmwasser

Heizung <15 kWh / (m² x a) und Warmwasser

System / Möglichkeiten	Vor- / Nachteile
• Gas oder Flüssiggas	• Relativ günstig und sauber
• Holz lt. örtlicher Vorschriften z.B. Bebauungsplan BG 411, keine Einzelfeuerung = Kaminöfen • Pelletsheizung oder Pelletkaminofen mit Wassertasche und Rußfilter	• Bei manueller Holzfeuerung keine konstante, saubere Verbrennung • Geruchsbelästigung / Gesundheitsgefahr • Holzpellets als zentrale Wärmeversorgung Feinstaub – (leider zu hoher) Grenzwert: 20mg/m³ ab 2015
• Solarunterstützung für Heizung und Warmwasser	• Ökologisch sinnvoll, Heizungsbetrieb nur von Nov. – März • Ideal in/an der Fassade, guter Ertrag im Frühjahr & Herbst d. flacher Sonneneinfall, im Sommer weniger Überhitzung

Röhrenkollektoren bei wenig Fläche oder keine Südausrichtung möglich (z.B. Verschattung)

Flachkollektoren in der Fassade integriert

Inhaltsverzeichnis

Inhalt:

Motivation	1
Umweltbeirat, Grundlagen	3
Gebäudehülle, Fenstereinbau, Verschattung	9
Haustechnik / Regenwassernutzung	14
Lüftungsanlage mit Erdwärmetauscher	17
Heizung und Warmwasser	31
Wärmepumpe und Flächenkollektor	**35**
Photovoltaikanlage und Energiebilanzen	39
Kosten und Wirtschaftlichkeit	48

Heizung und Warmwasser, mittels Wärmepumpe

System / Vorteile		Nachteile
<u>Luftwärmepumpe</u> • Effizienzvorteile im Sommer, da höhere Lufttemperaturen zur Verfügung stehen • JAZ: typ. 2,5 – 3,3 in der Praxis • Große Luftvolumen erforderlich	▶	• Nachteile im Winter, wo die Heizung & Warmwasserbereitung benötigt wird: • geringe Lufttemperaturen → hoher Energiebedarf, ggf. mit Einsatz von Heizstab • Lautstärke der Außeneinheit beachten !
<u>Grundwasser-Wärmepumpe</u> • ggf. effizienter, benötigt leistungsstarke Wasserpumpe	▶	• scheidet aufgrund örtlicher Gegebenheiten teilweise aus z.B. • im Wasserschutzgebiet oder • wenn Grundwasser erst ab ca. 20 - 30 m

Generell JAZ (Jahresarbeitszahl) und nicht nur COP=Wirkungsgrad vom Datenblatt vor Auftragserteilung garantieren lassen!

Informationen zur Förderung von Wärmepumpen:
https://www.waermepumpe.de/waermepumpe/foerderung/bafa-foerderung-fuer-waermepumpen/

Heizung und Warmwasser, mittels Wärmepumpe

System / Vorteile	Nachteile
<u>Sole-Wasser Wärmepumpe</u> • Effizienter, JAZ: typ. von ca. 3 bis 4 • Schallleistung: ~ 50 dB(A), ähnlich wie alter großer Kühlschrank	• Evtl. nötige Reparaturen am Solekreislauf praktisch unmöglich
<u>Wärmequelle:</u> *Erdwärmesonde* • Tiefenbohrung mind. 100 m tief • Gemittelte Sole-Temp: 5-7°C (Winter)	• relativ teuer, mind. 10.000.-EUR bei 100 m • nicht überall genehmigungsfähig → etwas bessere Effizienz
Grabenkollektor • Grundfläche 100 m² & 1,5 m tief • **bei kleinen Heizwärmelasten** (ca. 5kW) • Gemittelte Sole-Temp: ca. 0°C im Winter • gutes Kosten-/Nutzen Verhältnis • Zuschuss über BAFA bei JAZ > 4,5, 4000.-EUR Innovationsbonus, Neubau	• mit Rohrverlegung in Eigenleistung für ca. 3.000.-EUR gut möglich, incl. 2x 300 m PE32 RC-Rohr (Ausschreibung der Erdarbeiten nach Stunden, nicht nach m³) JAZ bei unserem Haus mit WW-Bereitung und Hilfsstrom für Pumpen (150W) : 3,5 - 3,6

Informationen zur Förderung von Wärmepumpen:
https://www.waermepumpe.de/waermepumpe/foerderung/bafa-foerderung-fuer-waermepumpen/

Flächenkollektor als Grabenkollektor für Sole-Wasser Wärmepumpe

Nur bei Neubau

Auslegungen unter:

http://grabenkollektor.waermepumpen-verbrauchsdatenbank.de/
http://www.waermepumpen-verbrauchsdatenbank.de/index.php
http://www.haustechnikdialog.de/Forum/t/167167/Sammelthread-Grabenkollektorprobleme

Inhaltsverzeichnis

Inhalt:

Motivation	1
Umweltbeirat, Grundlagen	3
Gebäudehülle, Fenstereinbau, Verschattung	9
Haustechnik / Regenwassernutzung	14
Lüftungsanlage mit Erdwärmetauscher	17
Heizung und Warmwasser	27
Wärmepumpe und Flächenkollektor	31
Photovoltaikanlage und Energiebilanzen	**39**
Kosten und Wirtschaftlichkeit	48

Vom Passivhaus zum Plusenergiehaus mit Photovoltaikanlage

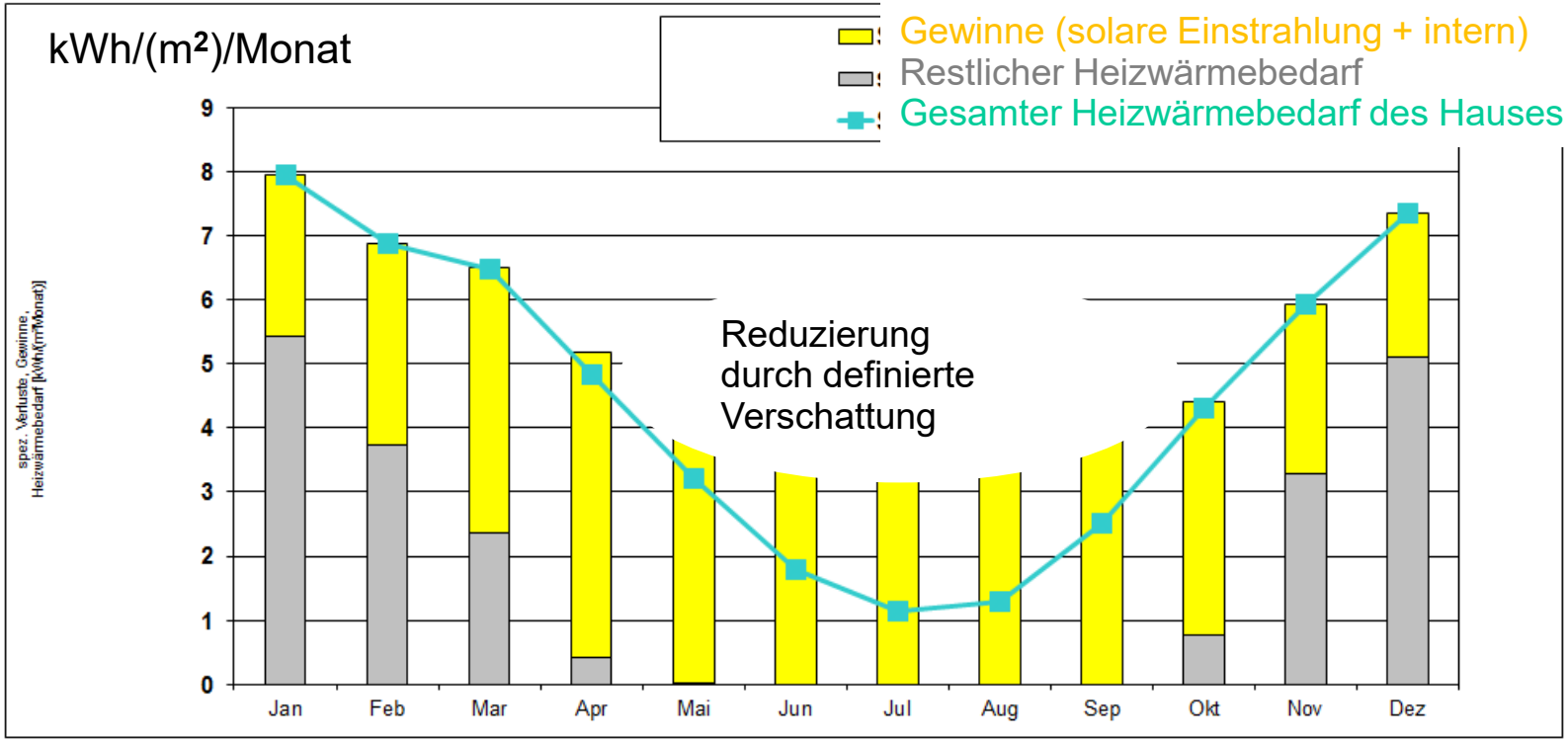
Westseite 5,28 kWp

Module von Solarworld

Ostseite 8,64 kWp

3 Wechselrichter SMA, je 4 kW für Photovoltaik-Anlage 13,9 kWp

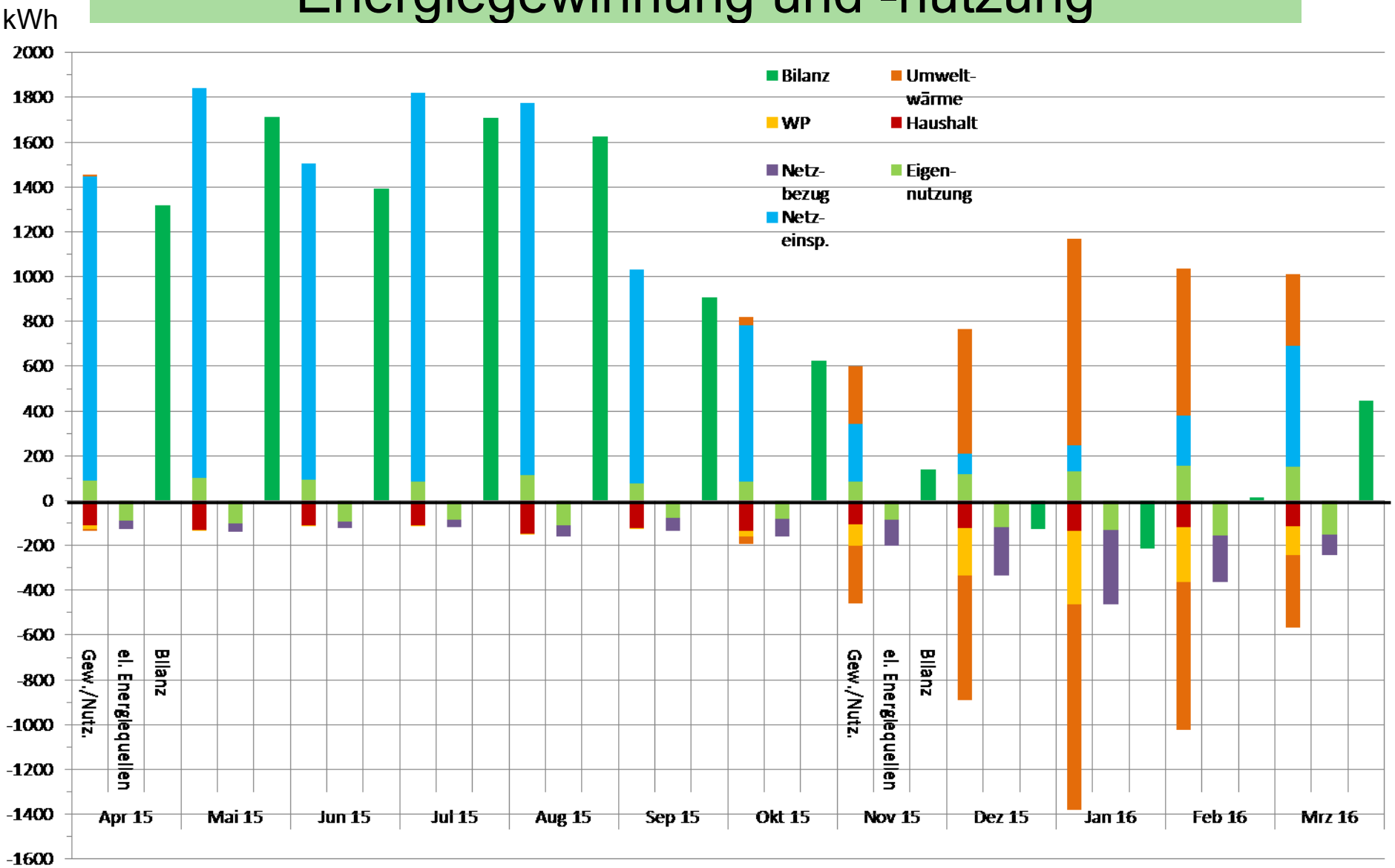
Wärmebedarf für Heizung, lt. **PHPP-Rechnung**



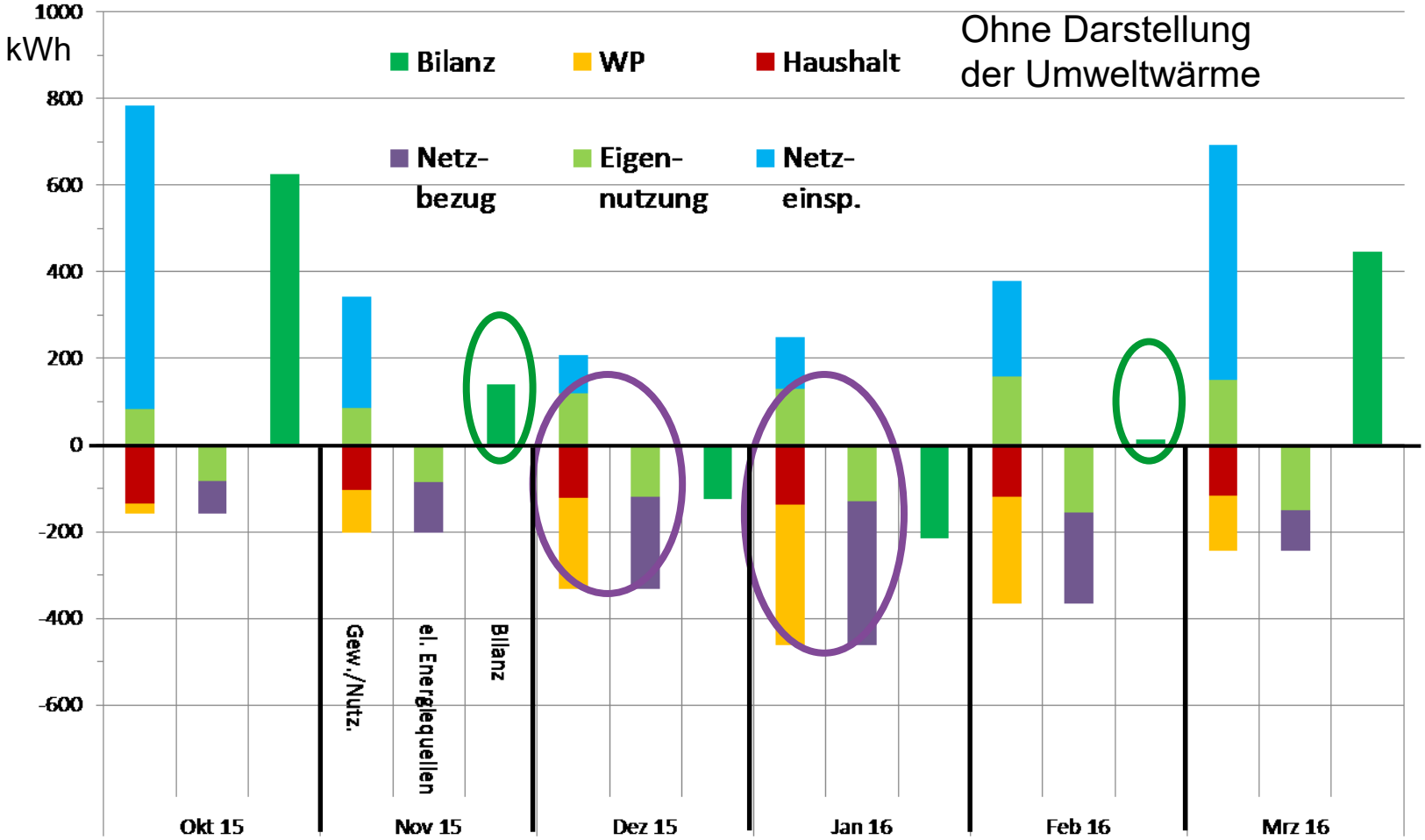
<u>Energiebezugsfläche:</u> 220 m², enthält Keller mit 70 m²
<u>Heizwärmebedarf / Jahr:</u> 21 kWh/(m² x a) x 220 m² = 4620 kWh/a bei Raumtemp. 21°C
→ ca. 460 l Öl / a > Passivhausdefinition von 15 kWh /(m² x a) nicht erreicht, da:

- Verschattung im Süden
- Satteldach, ungünstiges Verhältnis Gebäudeoberfläche zum beheiztes Volumen
- **obwohl restliche Vorgaben zu Gebäudehülle, Lüftung, Dichtigkeit übererfüllt wurden**

Plusenergiehaus – Istwerte 2015 – 16 / Monat
Energiegewinnung und -nutzung

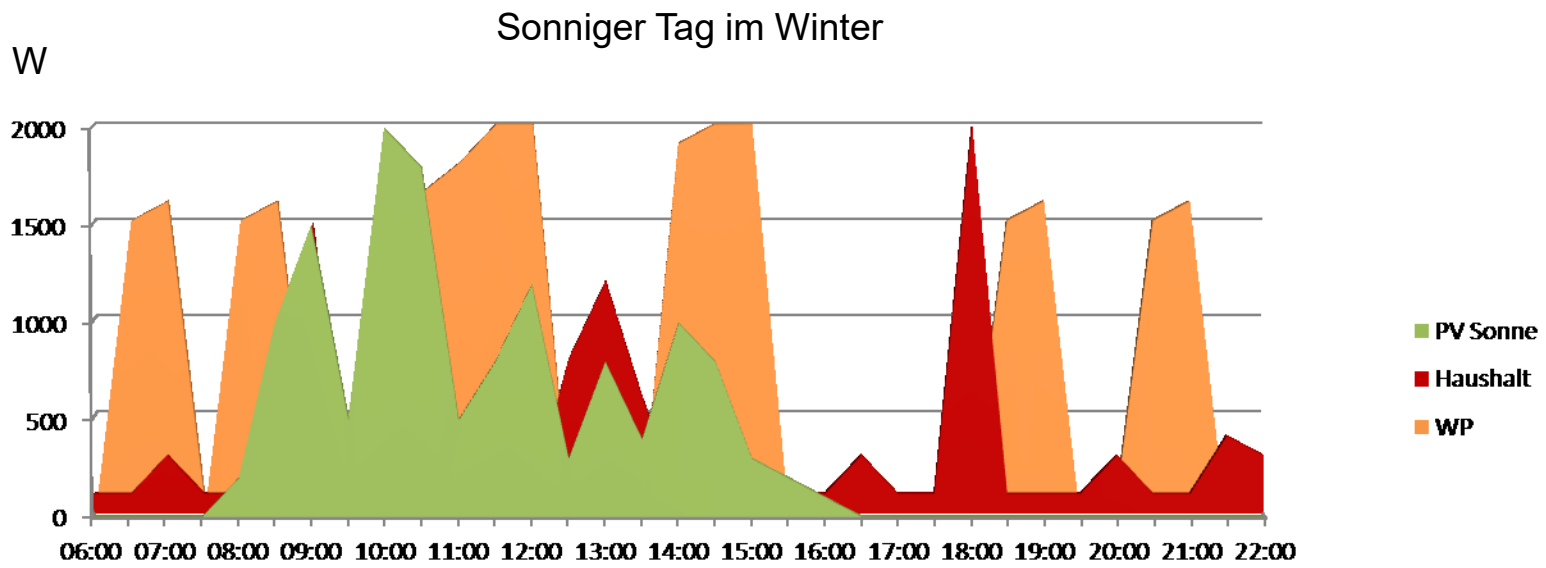


Plusenergiehaus – Istwerte / Monat 2015 – 16
Energiegewinnung und -nutzung



- Nov. & Feb.: Selbst bei Gewinn > Nutzung; muß Energie vom Netz bezogen werden, da die Zeitpunkte verschoben sind und kein Batteriespeicher vorhanden ist.
- Dez. & Jan.: Es kann rechnerisch nur knapp der Bedarf im Haushalt gedeckt werden, die Energie für die Wärmepumpe muß rechnerisch in etwa bezogen werden.

Plusenergiehaus – typ. Istwerte über den Tag

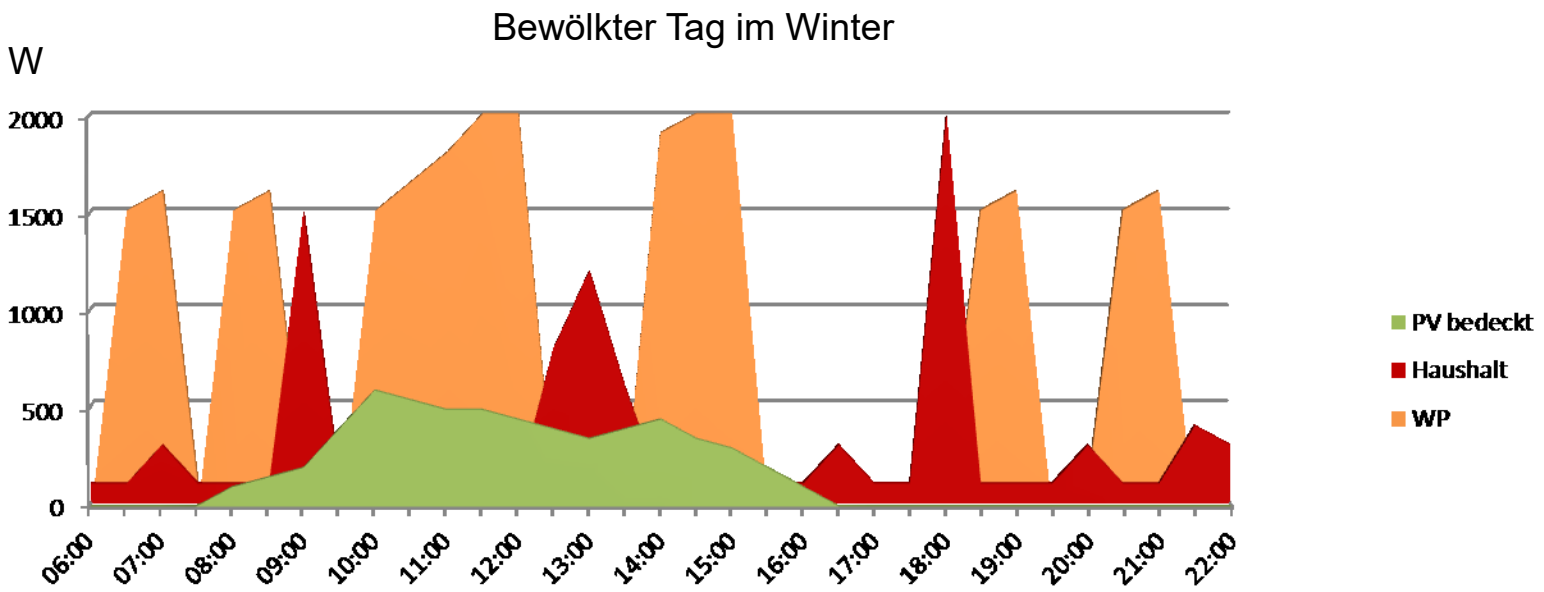


- sonnige Tage im Winter eher selten
- Einbrüche durch Wolken schwer vorhersagbar

- **PV Gewinn** in Summe decken ca. el. **Nutzung WP ab:** 10 kWh / Tag bei 5° C AT
- zusätzlich typischer Bedarf el. Energie im Haushalt für Kochen, Kühlschrank, PC

- Zum Vergleich: Erzeugung el. Energie im Sommer: typ. 60-80 kWh / Tag

Plusenergiehaus – typ. Istwerte über den Tag Energiegewinnung und -nutzung



- bewölkte Tage im Winter relativ häufig
- Bei Regen etwa nur halb soviel

- PV Gewinn: ca. 5 kWh / Tag < el. Nutzung WP: ca. 10 kWh / Tag bei ca. 5° C AT
  zusätzlich typischer Bedarf an el. Energie im Haushalt für Kochen, Kühlschrank, PC

- Freigabe der WP nach Zeitprogramm (WW) bzw. Heizbedarf, von 6:00 - 21:00 Uhr
- Steuerung nicht nach PV-Leistung, da bei Regen/Schnee sonst nicht sinnvoll
  --> dann zu geringe Warmwasser-Temperaturen

Plusenergiehaus – Istwerte / Jahr Energiegewinnung und –nutzung

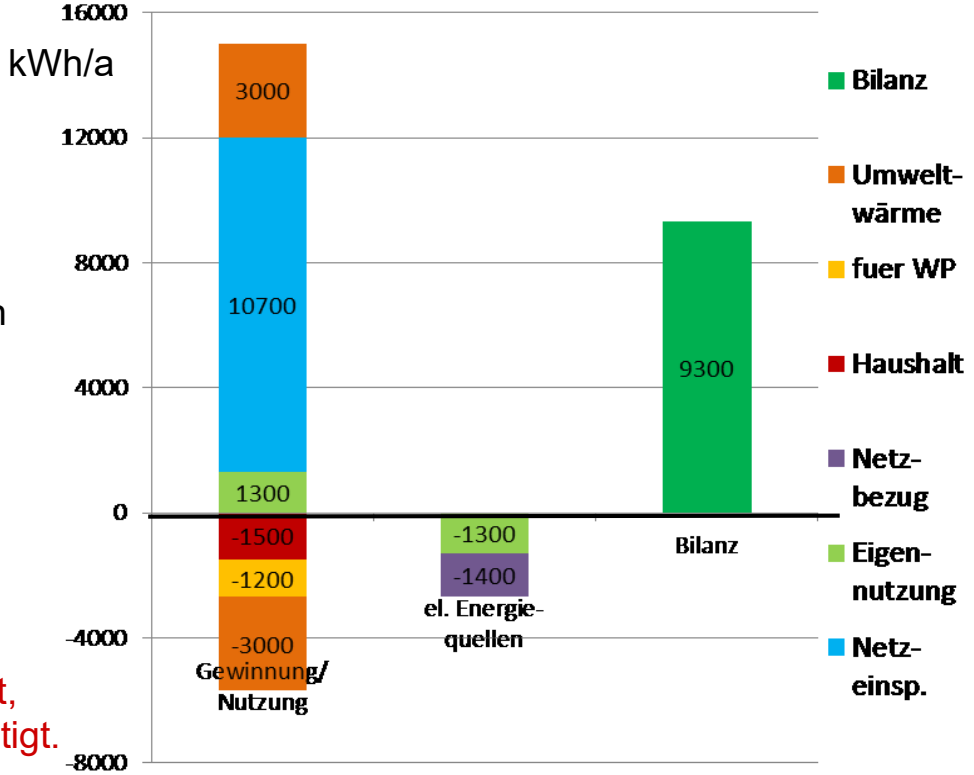
Durchschnitt 2013 – 2018 / 2019

Energiegewinnung
Photovoltaik, el. Energie: ca. 12000 kWh/a,

im Winter (Nov-März): 2000 – 2500 kWh

Nutzung von el. Energiequellen:
ca. 1600 kWh/a für den Haushalt, derzeit noch realem 2-3 Personenhaushalt (mit Kleinkind) und
ca. 1200 kWh/a el. Energie für WP-Heizung und 3000 kWh aus der Erde,
d.h. 4200 kWh/a → ca. 420 l Öl / a
für Heizung & Warmwasser

Passivhaus-Anforderung:
15 kWh/(m² x a) x 220 m² = 3300 kWh/a erfüllt, wenn Warmwasser (~1000 kWh/a) berücksichtigt.



In Summe Nutzung von ca. 2700 kWh/a → deutliches Energieplus von 9300 kWh/a

Energiebezug Netz: ca. 1400 kWh & „Eigennutzung“: ca. 1400 kWh = ca. 10%, installierte PV-Leistung: 14 kWp

Vergleichsgebäude mit 3 Personen: „Eigennutzung“: ~ 1200 kWh = ca. 20 %, installierte PV-Leistung: 6 kWp

Tatsächliche Werte können je nach Anzahl Bewohner bzw. Nutzungsverhalten abweichen.

Derzeitige Abweichung zur Berechnung aufgrund Klimadaten mit 4 milden Wintern in Folge und etwas weniger Verschattung durch Haus im Süden.

Plusenergiehaus – Istwerte / Jahr
Energiegewinnung und –nutzung

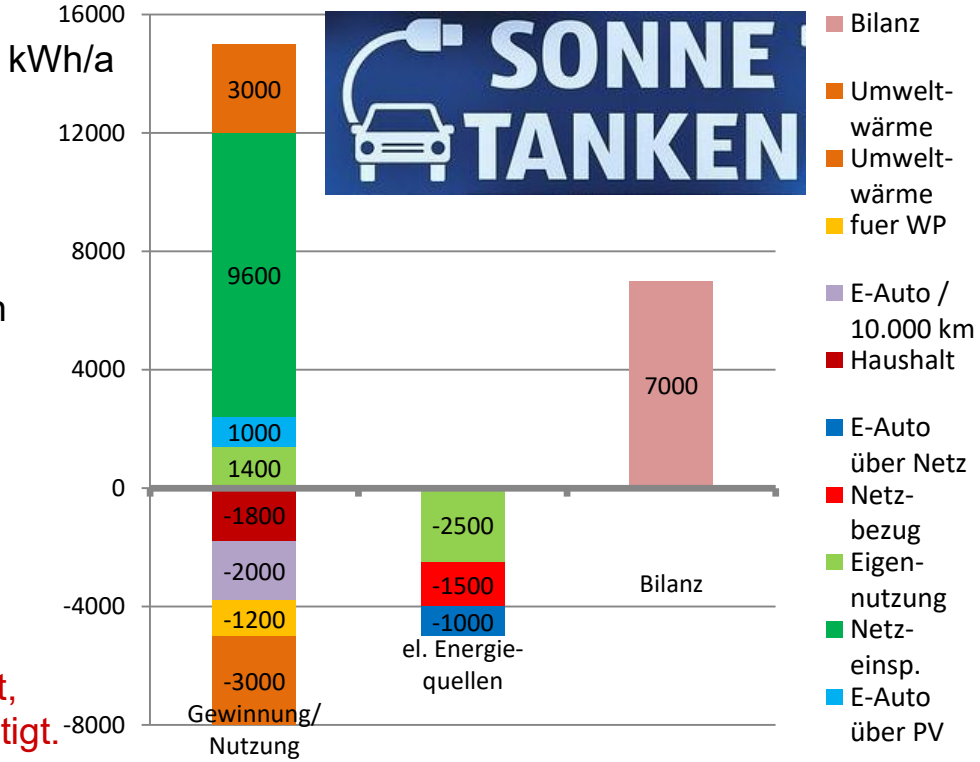
Durchschnitt; Plan ab 2021

Energiegewinnung
Photovoltaik, el. Energie: ca. 12000 kWh/a,

im Winter (Nov-März): 2000 – 2500 kWh

Nutzung von el. Energiequellen:
ca. 1800 kWh/a für den Haushalt, derzeit noch realem 3-4 Personenhaushalt (mit Kleinkind) und
ca. 1200 kWh/a el. Energie für WP-Heizung und 3000 kWh aus der Erde,
d.h. 4200 kWh/a → ca. 420 l Öl / a
für Heizung & Warmwasser

Passivhaus-Anforderung:
15 kWh/(m² x a) x 220 m² = 3300 kWh/a erfüllt, wenn Warmwasser (~1000 kWh/a) berücksichtigt.



E-Auto: 10.000 km (20 kWh / 100 km) → ca. 2000 kWh: ca. 1000 kWh über PV; ca. 1000 kWh über Netz

In Summe Nutzung von ca. 5000 kWh/a → deutliches Energieplus von 7000 kWh/a

Energiebezug Netz: ca. 2500 kWh & „Eigennutzung“: ca. 2500 kWh = ca. 20%, installierte PV-Leistung: 14 kWp

Tatsächliche Werte können je nach Anzahl Bewohner bzw. Nutzungsverhalten abweichen.

Derzeitige Abweichung zur Berechnung aufgrund Klimadaten mit 4 milden Wintern in Folge und etwas weniger Verschattung durch Haus im Süden.

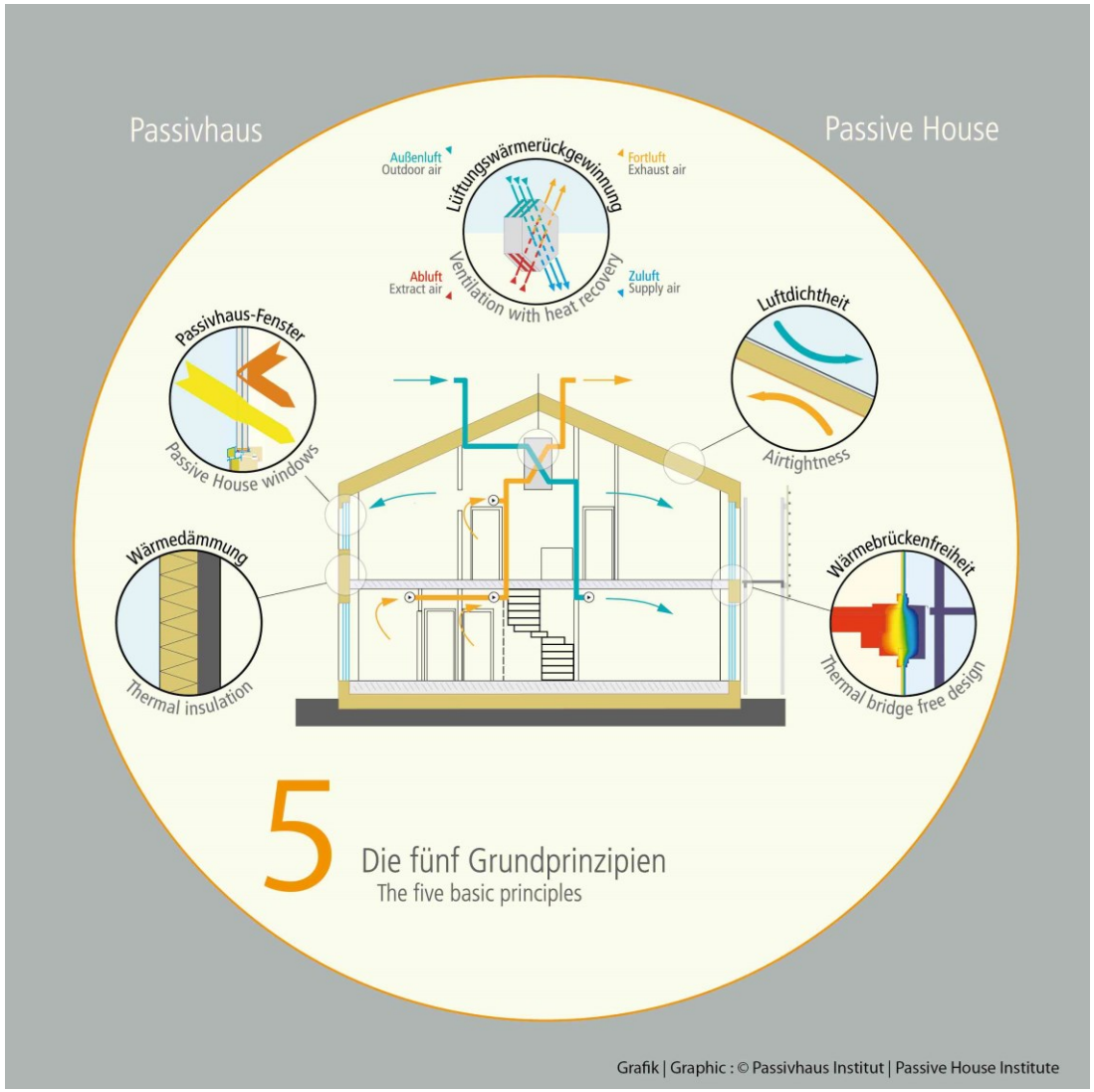
Das Plusenergiehaus, eine zukunftsgerichtetes Hauskonzept
Auch für Sie !

Fragen und Antworten

<u>Resüme:</u>

- Zisterne (groß!) aus Umweltschutzgründen
- Solarthermie bei WP nicht mehr nötig
- PV Anlage nur noch auf den Eigenverbrauch optimieren (5-6 kWp)
- PV-Anlage reduziert die Stromkosten der WP
- Gute Planung, Bauausführung & überwachung (Luftdicht)

<u>Empfehlung:</u>
https://shop.verlagsprojekte.de/Passivhaus-Kompendium/



Copyright: Passivhaus Institut, Darmstadt

Inhaltsverzeichnis

Inhalt:

Motivation	1
Umweltbeirat, Grundlagen	3
Gebäudehülle, Fenstereinbau, Verschattung	9
Haustechnik / Regenwassernutzung	14
Lüftungsanlage mit Erdwärmetauscher	17
Heizung und Warmwasser	27
Wärmepumpe und Flächenkollektor	31
Photovoltaikanlage und Energiebilanzen	39
Kosten und Wirtschaftlichkeit	48

Plusenergiehaus - Wirtschaftlichkeit - Mehrkosten

Was ist wirtschaftlich? (vgl. Neuwagen)

Durchschnittliche Mehrkosten
Passivhaus 3-5%, mit:
- Fenster (u-Wert, größere Flächen)
- Dämmung der Gebäudehülle
- Lüftungsanlage

Budget: 500.000.-EUR
(150.000 Grundstück + 50.000 Keller + 230.000 Rohbau + 70.000 Ausbau, Technik mit WP)
Mehrkosten Passivhaus 3-5% → 15.000 – 25.000.-EUR, abhängig von vielen Faktoren, wie z.B. Hausform, Qualität und Art der Energiebereitstellung (Gas, Holz, WP)
Berücksichtigung der langfristigen Kosten – Energiekostenentwicklung ?
http://www.sommer-passivhaus.de/kostenvergleich-niedrigenergiehaus-passivhaus-2014/

- Zusätzlich: PV-Anlage 5 kWp – ca. 8.000.-EUR, ohne Speicher
  Einsparung Eigenverbrauch 1000 kWh / a x 0,28 ct/kWh 280.-EUR/a,
  Vergütung Netzeinspeisung 4000 kWh / a x 0,10 ct/kWh 400.-EUR/a,
  680.-EUR/a * 20 Jahre → 13.600.-EUR/20 Jahre, ohne Verzinsung
  http://www.photovoltaik.org/foerderung/photovoltaik-eigenverbrauch

- Wichtig beim Passivhaus: Gute Planung, Bauausführung und -überwachung (u.a. Luftdichtigkeit bei Wandanschlüsse) wichtig!