



Ingenieurbüro für Solartechnik Dipl. Wirtsch. Ing. **Franz Marschall**,
 Fromhausener Straße 51; D-32805 Horn-Bad Meinberg; Tel: +49 (0)1735740575;
 Fax: +49 (0)05234 2040658; marschall@solartekt.de

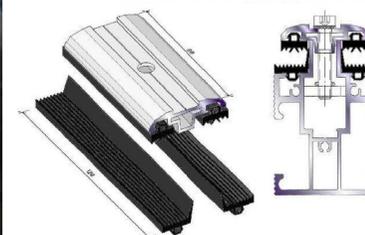


Das HybridSolarhaus mit 1,85-fachem Primärenergieüberschuss



Unterseite des PV-Generators;
 30 cm Abstand

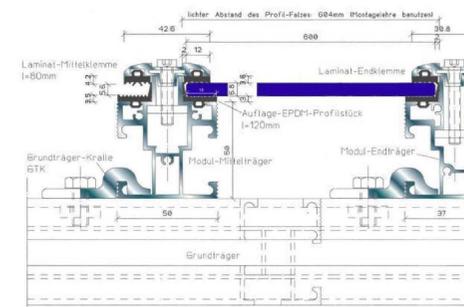
PV-TEKT Laminat (FirstSolar Zul. PD-5-320)



Verglasung/Klemmsystem
 Mit EPDM Dichtungen



Wintergarten Lüftungs-
 Flügel unter den Modulen



Vordach mit Modulen und Glas

Folgende Anforderungen galt es in Einklang zu bringen:

1. Höchster möglicher Ertrag mit einer PV-Anlage bis 10 kWp; kein Minderertrag durch Gebäude Integration
2. Geringer Mehrpreis für Gebäudeintegration; 3. Möglichst ansprechendes Design; 4. Hohe Qualität und Betriebssicherheit.

Mit dem vom Autor entwickelten Montagesystem „PV-Tekt Laminat“ lassen sich Standard-Glasmodule so wie in marktüblichen Fassaden-Lichtdachsystemen in Trockendichtungen einbauen. Der Materialaufwand für diese Unterkonstruktion unterscheidet sich nicht von einem marktüblichen Kreuzmontagesystem. Der Zeitaufwand für eine penible Montage ist allerdings höher als sonst üblich. 3 ½ Jahre Betrieb ohne Störung und ein für NRW außerordentlich hoher Ertrag von 985 kWh/kWp beweisen, dass die technischen Anforderungen gelungen sind. Und das Design?

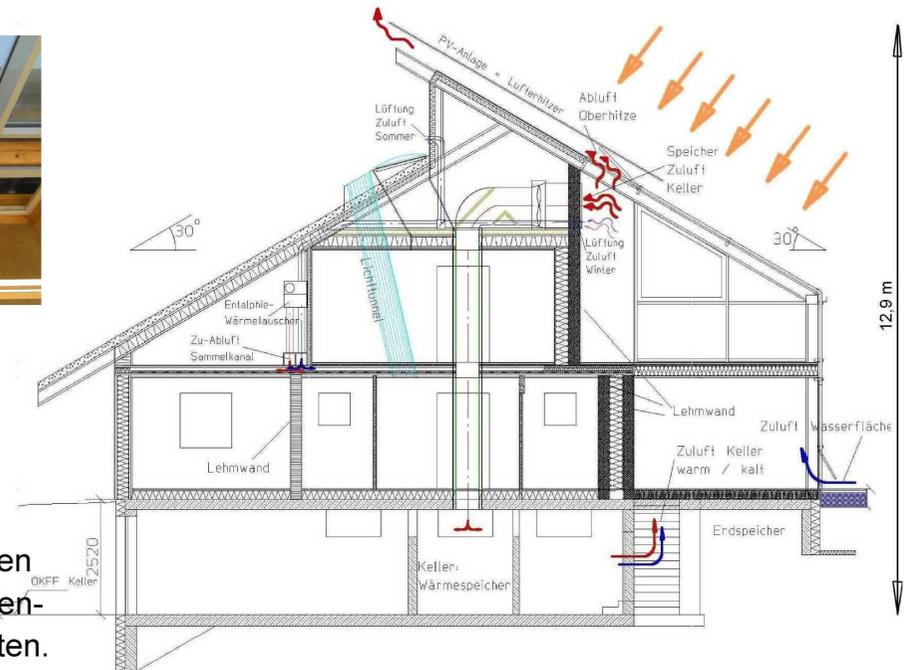


Gebäudeintegrierter Passiv Solarer Gewinn (BISG)

Die großen Glasflächen des Wintergartens im Süden fangen Tageslicht und Sonnenstrahlen ein. Diese erwärmen Wände und Böden. Schon das Tageslicht unter bewölktem Himmel hat einen Energiefluss von gut 100 W/m^2 . Bei 60 m^2 projizierter Nettoglasfläche zum Himmel und 78% Transmission erfolgt ein Wärmeeintrag von 5 kW . Das reicht für eine Temperaturerhöhung von 22°K unter der Wintergartenhülle von 120 m^2 mit einem U_F -Wert von $1,2 \text{ W/m}^2/\text{K}$ sowie 220 m^3 Luftwechsel / Stunde. Der Steinfußboden mit Perimeterdämmung und die massive Lehmrückwand nehmen allerdings die Hälfte des thermischen Eintrags auf und puffern die Wärme zur Nacht. Dem enormen passiv solaren Gewinn ist es zuzuschreiben, dass die 3-Jahresverbrauchswerte für Heizung ca. 2.765 kWh/a niedriger sind als nach gültiger Rechenregel für KfW40 vorhergesagt.



Bei maximaler Sonneneinstrahlung (1000 W/m^2) fluten 77 kW Sonnenenergie den Glasbau. Die warme Luft verlässt den Wintergarten dann über Lüftungsöffnungen über die gesamte Dachbreite, beschleunigt von der heißen PV-Fläche über den Lüftungsfenstern. Die Zufuhr kalter Luft kommt über die Lüftungsfenster über dem Teich, einer $5,5 \text{ m}^2$ großen Außentür und über die Kellertreppe zum Wintergarten. Der so vorhandene „Abluftkamin“ hat eine wirksame Höhe von $12,93 \text{ m}$. Zusammen mit den Sonnensegel reichen diese Maßnahmen aus, um im Hochsommer die Innentemperatur des Wintergartens unter der Außentemperatur auf der Terrasse zu halten.



Der verbaute Lehm von 38 t kann 1.140 kg Wasserdampf puffern und damit zusätzlich 803 kWh latente Wärmeenergie speichern (Enthalpie Wasserdampf bei $20^\circ\text{C} = 2537 \text{ kJ/Kg}$) Es würde damit 243 Stunden (=10 Tage) dauern, bis das Haus bei einer Heizlast von $3,6 \text{ kW}$ im Winter ohne Heizung um 3°K abkühlen würde.





Energiebilanz und Wirtschaftlichkeit

Beim Fromhausener Solarhaus wurde für den Antrag auf KfW40-Förderung vor Baubeginn in einem aufwendigen Gutachten ein jährlicher Energieüberschuss für Heizung und Warmwasser von 3746 kWh ermittelt. Tatsächlich wurde mit 7250 kWh Überschuss (mittel 2014-2016) fast das Doppelte in das Netz eingespeist.

Der Grund für diese ungenaue Simulation sind die von der KfW vorgeschriebenen Rechenregeln. Dort bleibt der Einfluss großer Gebäude integrierter Speichermassen auf die Nutzbarkeit der eingefangenen Sonnenwärme unberücksichtigt. Deswegen werden die nutzbaren passiven Sonnenenergiegewinne zu gering eingerechnet.

Im Jahr 2016 zahlten wir für den Strom der vom Netz bezogen wird 105 €/Monat (brutto 27,63 ct/kWh) und erhielten für den eingespeisten Strom 97,41 €/Monat (netto 15,55 ct/kWh). Die monatlichen Energiekosten betragen somit 7,59 €/Monat für Heizung + Kühlung! + Warmwasser + Haushaltsstrom! Öl und Gas gibt es nicht. Alleine für den Haushaltsstrom mit den gleichen Verbrauchern in einem 30 m² kleineren Haus (185 kWh/m² Klasse) zahlten wir im Jahr 2012 monatlich 173,15 € auf heutiger Preisbasis. Wir sparen also 165,56 € im Monat an Haushaltsstrom und den Öleinkauf von 3000 l/Jahr im Wert von ca. 150 €/Monat (0,50 €/l). Dafür haben wir 30 m² mehr Wohnfläche, im Winter einen mediterranen Wintergarten und durch die Wärmepumpe eine Raumkühlung im Sommer. Die Baukosten betragen 2013 ca. 365.000 € ab Oberkante Keller. Auf 217 m² Wohnfläche nach DIN: 1.682 €/m². Für Zins- und Tilgung fallen 1.065 € im Monat an. Das entspricht 4,91 €/m² im Monat.



Energiebilanz Hybridhaus Fromhausen Jahr 2016

| | kWh, el. | kWh primär (Faktor 1,8) |
|--|--------------|----------------------------|
| 1 Haushaltsstrom aus Vergleichsgebäude 2012 | 3.400 | 6.120 |
| 2 Erzeugter Solarstrom aus 9,92 kWp | 9.773 | 17.591 |
| 3 Selbst verbrauchter Solarstrom | 2.256 | 4.061 |
| 4 Saldo: Eingespeister Solarstrom | 7.517 | 13.531 |
| 5 Vom Netz bezogener Strom | 4.576 | 8.237 |
| 6 Verbrauchter Strom (Incl. Haushalt)= 3+5 | 6.832 | 12.298 |
| 7 Verbrauchter Strom für Heiz.+WW Wärmepumpe = 6-1 | 3.432 | 6.178 |
| 8 Überschuß Energieerzeugung = 4-5 | 2.941 | 5.294 |
| 9 Überschuß ohne Haushaltsstromverbrauch (1+8) | 6.341 | 11.414 |
| 10 Vorhersage Gebäudesimulation 2013 | 3.746 | 11.051 (Faktor 2,3) |
| Quotient Überschuß zu Heizenergieverbrauch (9/7) | 1,85 | 1,85 |
| Eingespeister Überschuß+Haush.Strom / Stromverbrauch für Heizung u. Warmwasser | | |