

Alte Bausubstanz wird zukunftsfähig:
**Umbau einer historischen Scheune
zum KfW-Effizienzhaus 40**

Passivhauskomponenten
& ökologische Dämmstoffe

Erfahrungen aus Planung,
Umsetzung und Nutzung

Dr. Martin Schneider (Bauherr)
Dipl.-Ing. Architekt Fridtjof Schneider



Übersicht

- Ausgangssituation
- Ziele

- Entwurfserläuterung
- Wohnerlebnis
- Übersicht eingesetzte Baustoffe
- Bauteilbeschreibungen
- Energiestandard
- Haustechnisches Konzept

- Innendämmung - Gesichtspunkte und Detaillösungen
- Primärenergiebedarf Passivhaus - Dämmung / Wärmeerzeugung
- Graue Energie von Dämmstoffen
- Strohballendämmung

- Besonderheit "Kontrollierte Hinterlüftung"
- Förderungen
- Einschätzung zu Eigenleistungen, Übertragbarkeit auf andere Projekte

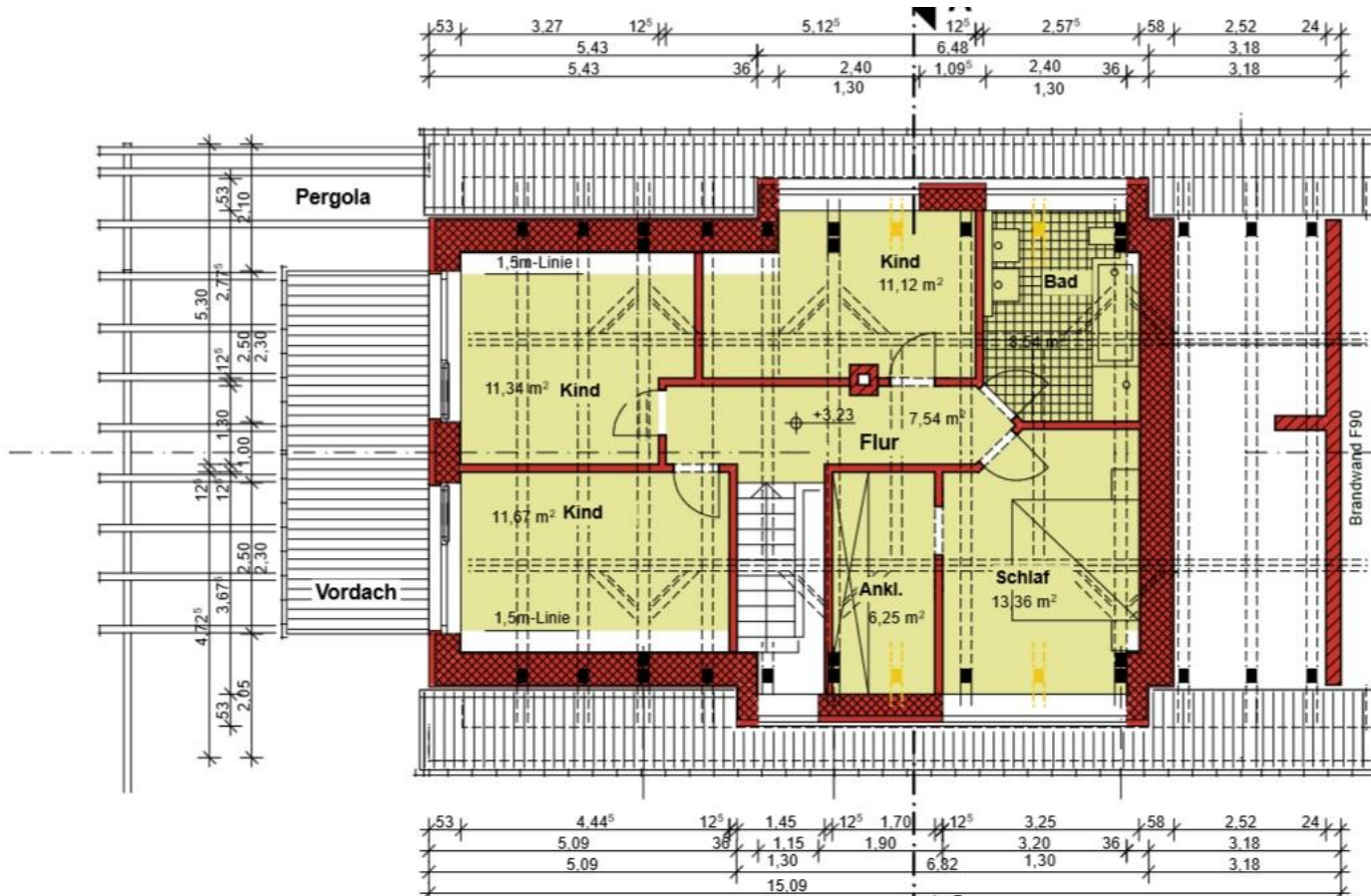
- Zielerreichung
- was kann man noch besser machen?

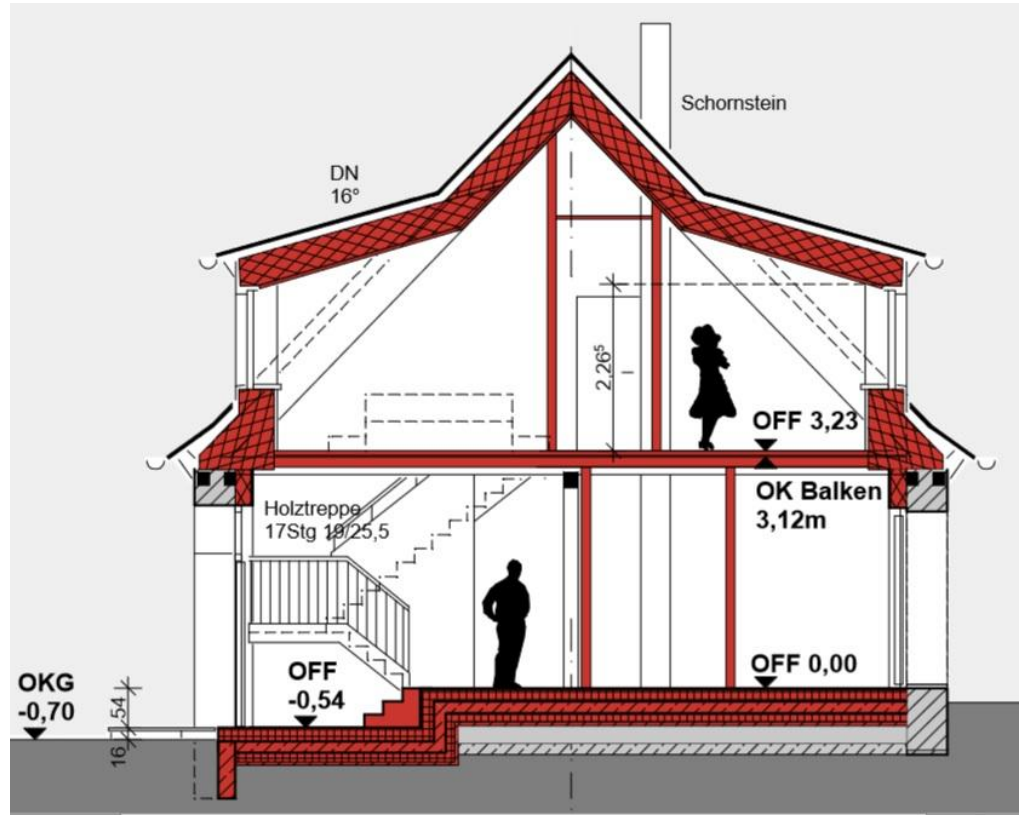
Ausgangssituation / Ziele

- Scheune im 3-Seit-Hof
- Baujahr ca. 1845, dazu Schuppen ca. 1960
- Bruchstein/Lehm-Mauerwerk
55 cm dick, ca. 4 m hoch
- liegender Stuhl in sehr gutem Zustand
- nahe Passivhaus-Wärme (und Strom)
- Minimierung "graue Energie"
- hoher Anteil Eigenleistung
- überschaubare Gesamtkosten
- trotzdem modern, guter Komfort
- licht-und luftdurchflutet
- Erhalt Hof- und Scheunencharakter
- Erhalt Bruchstein-Optik (Rückseite)











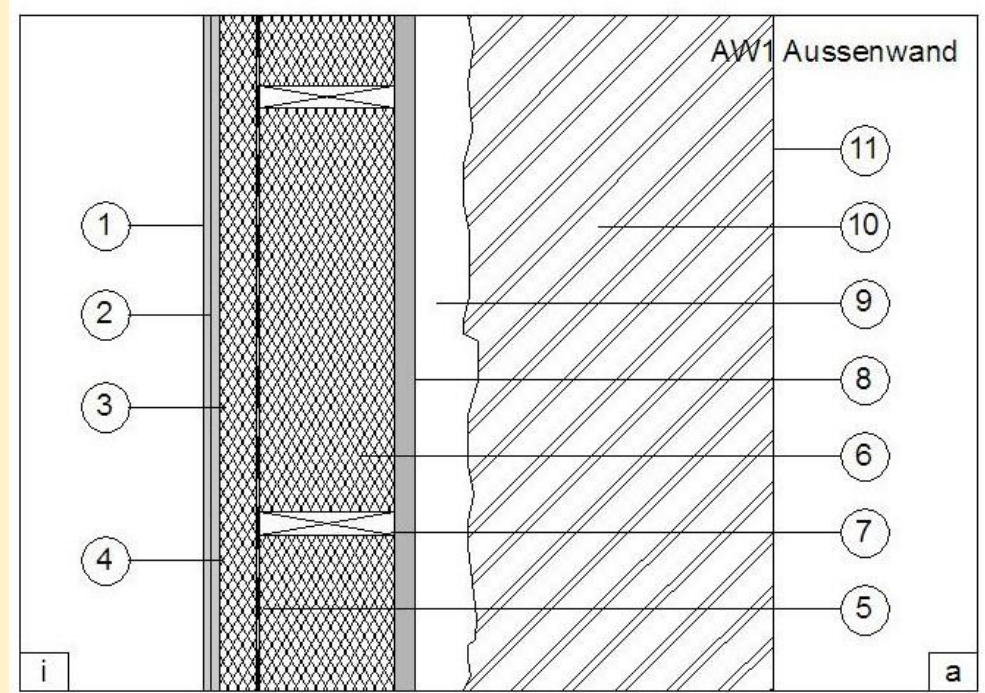
Baustoffauswahl

- Kriterien:
 - mineralisch oder nachwachsend
 - geringe Herstellungsenergie, kurze Transportwege
 - Wiederverwendung von Rückbaumaterial (Holz)
 - End of Life: unkompliziert zu entsorgen, kompostieren, wieder zu verwenden
- Dämmung der Hauptflächen:
 - Strohballen / Isofloc / Schaumglasschotter
- Tragwerk:
 - Bestandswand Granit, neue Holzständerwände, Dachkonstruktion aus Vollholz
- Bepunktungen:
 - Dachschalung und Deckenschalungen aus Vollholz anstelle OSB-Platten
- Fußböden:
 - Fertigparkett und Linoleum (DG komplett)
- Kompromisse:
 - Kunststoff-Fenster, Innenausbau mit Gipskarton anstelle Lehmplatten

Außenwand EG - $U=0,14 \text{ W/m}^2\text{K}$

EG Wand mit Innendämmung

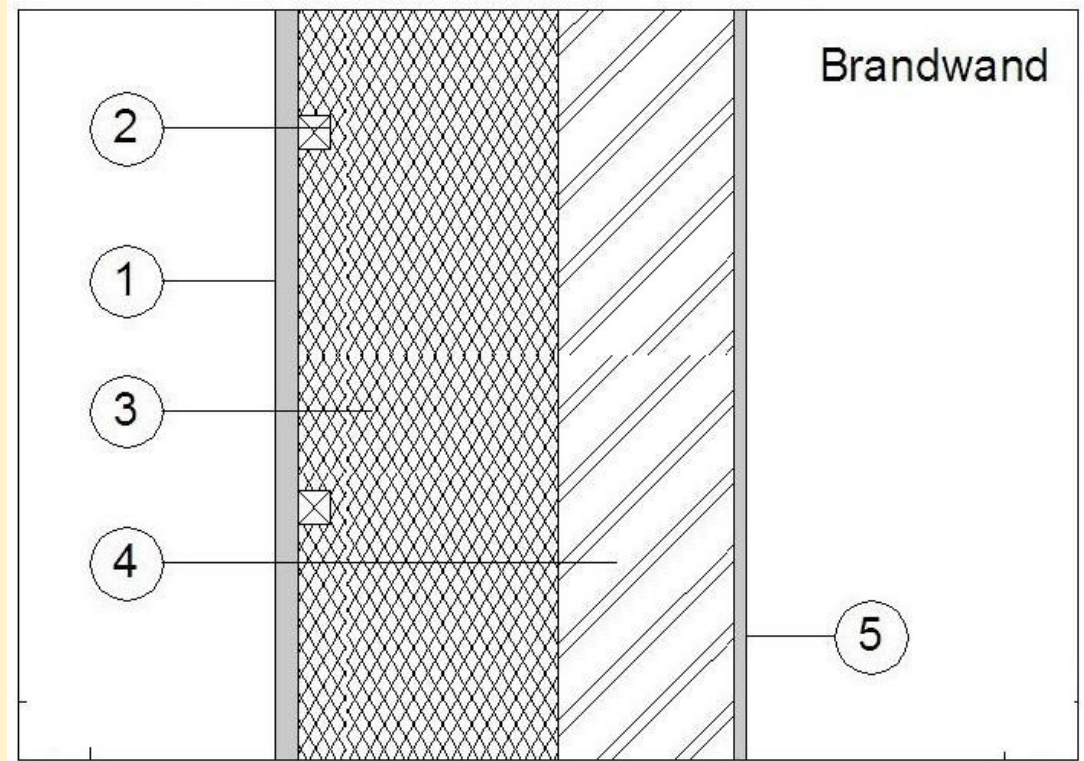
- Gipskartonbeplankung
- Installationsebene 4 cm gedämmt
- Damfbremmsbahn
- Isofloc-Einblasdämmung 27 cm zwischen Vollholzständern
- Holzweichfaserplatte 2,0 cm
- Luftspalt 8 cm
- Bestandswand Granit 55 cm



Brandwand zu kalter Scheune - $U=0,11\text{W}/\text{m}^2\text{K}$

MW + Strohballen

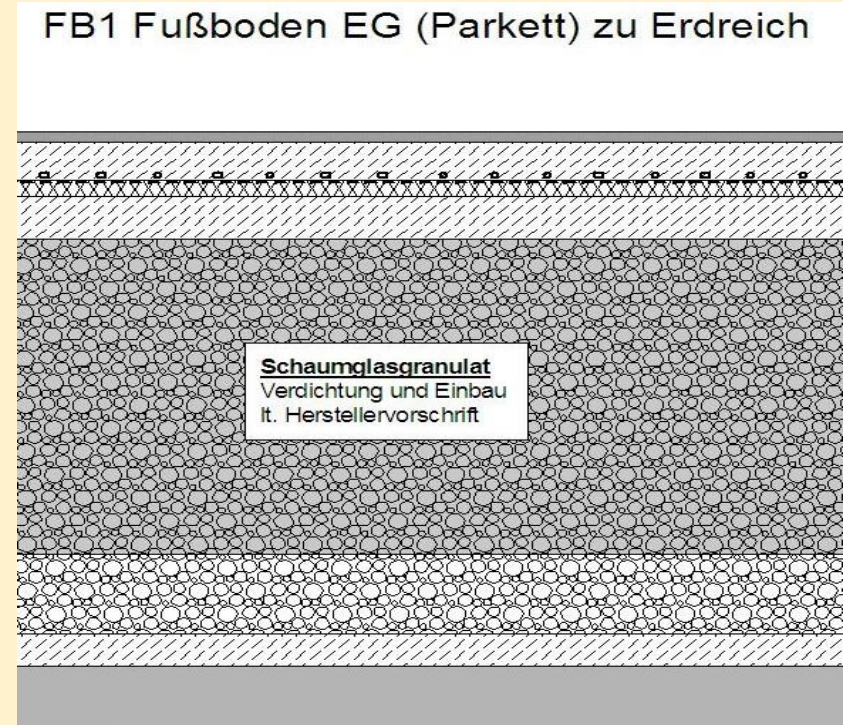
- Kalkzementputz
- Hochlochziegel-MW 24 cm
- Strohballendämmung 40 cm gestapelt und mit Vertikallatten ans Mauerwerk gepresst (Latten im Mauerwerk mit Zugbändern befestigt)
- Lehm- oder Kalkputz min. 3 cm



Fußboden EG - $U=0,16W/m^2K$

Boden mit Schaumglasschotter

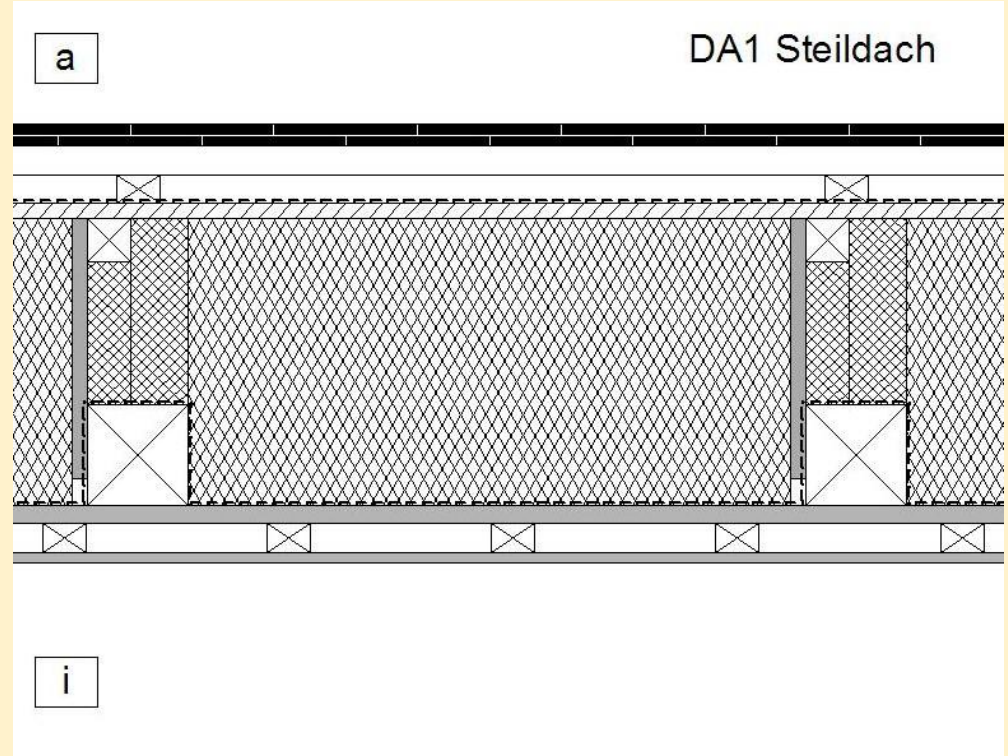
- Fertigparkett schwimmend auf Heizestrich
- Trittschalldämmung EPS 3,5 cm
- Unterbeton 6 cm
- Schaumglasschotter 58 cm i.Mi. (kapillarbrechend)
- Betonboden 15 cm (Bestand)
- Kiespolster 10 cm (Bestand)
- gewachsener Boden (tonig, lehmig)



Dachaufbau - $U=0,13\text{W}/\text{m}^2\text{K}$

Dach mit Strohballedämmung

- Biberschwanzdeckung auf Lattungen
- Lehmstrich 2 cm + Unterspannbahn-
- Strohballedämmung 40 cm zwischen Bestandsbalken (seitlich OSB-Platten angelascht für Dämmstärke 40 cm)
- Damfbremsbahn
- Vollholzschalung Rauspund 2,5 cm
- Installationsebene 4 cm gedämmt
- Gipskartonbeplankung



Energiestandard

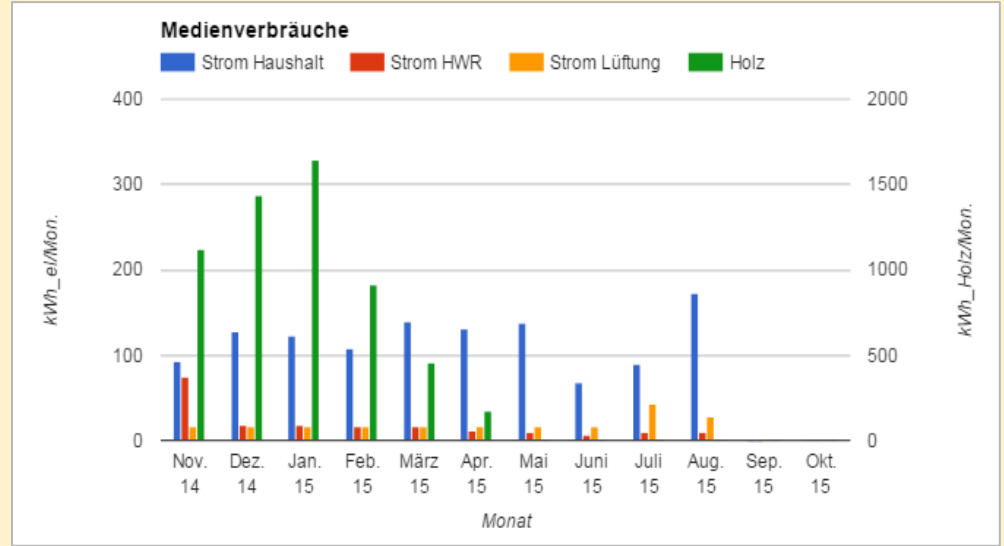
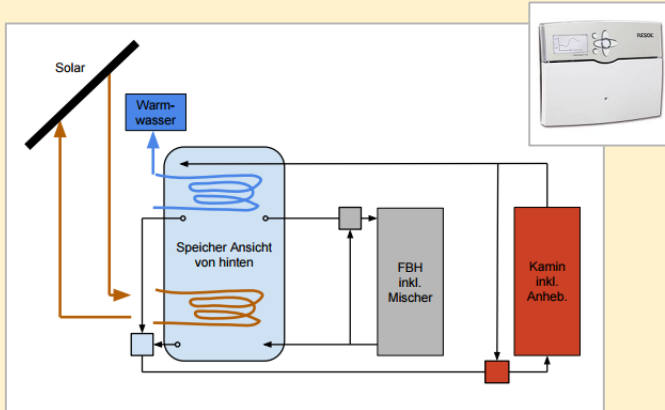
klassische Komponenten:

- 3-fach-Verglasung
- Außenbauteile mit U-Wert max. 0,15 W/m²K
- Lüftungsanlage mit WRG (Paul Novus)
- Blower-Door-Test n=0,6
 - schwer zu erreichen, da durch bestehende Dachkonstruktion viele Bauteildurchdringungen zu beachten waren
 - im Bauverlauf sehr konsequenter und durchdachter Umgang mit Luftdichtheit (Lob an Bauherren-Eigenleistung)

Energiebezugsfläche:	162,4	m ²
	Verwendet:	Monatsverfahren
Energiekennwert Heizwärme:	28	kWh/(m ² a)
Heizlast:	18	W/m ²
Drucktest-Ergebnis:	0,6	h ⁻¹
Primärenergie-Kennwert (WW, Heizung, Kühlung, Hilfs- u. Haushalts-Strom):	49	kWh/(m ² a)
Primärenergie-Kennwert (WW, Heizung und Hilfsstrom):	23	kWh/(m ² a)
Primärenergie-Kennwert Einsparung durch solar erzeugten Strom:		kWh/(m ² a)
Übertemperaturhäufigkeit:		%
Energiekennwert Nutzkälte:		kWh/(m ² a)
Energiekennwert Entfeuchtung:		kWh/(m ² a)
Kühllast:		W/m ²

Technik

- 1.500 l Pufferspeicher, ohne Heizstab
- 15 m² Solaranlage
- 10 kW Holz-Kamin wasserführend
- Lüftungsanlage, ohne Elektroheizer, Fechte-/Wärmerückgewinnung
- Fußbodenheizung konventionell
- multifunktionale Steuerung Resol MX



Jahres-Hochrechnung Verbräuche:

1.430	232	252	30
Strom Haushalt	Strom HWR	Strom Lüftung	Holz (primär)
kWh/a	kWh/a	kWh/a	kWh/m2a

- gegenüber ca. 1.000 kWh/a in Mietwohnung
- macht Spaß!

Wohnen mit Flair - Innen



Bad von der Idee zur
Umsetzung



Kaminecke



Esstisch-
Blick



Wohnen mit Flair - Galerie



Wohnen mit Flair - Balken/Sparren/Stuhl



Treppenhaus



Kinderzimmer

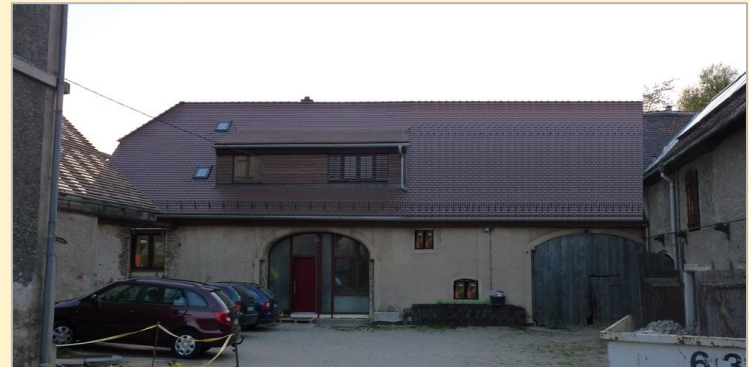
Wohnen mit Flair - Eingang



Wohnen mit Flair - Diskussion Scheunencharakter

Problemkreise:

- Dachsprung
- Gaube
- Fenster



Wohnen mit Flair - Außen



Land-Idylle



Südfront

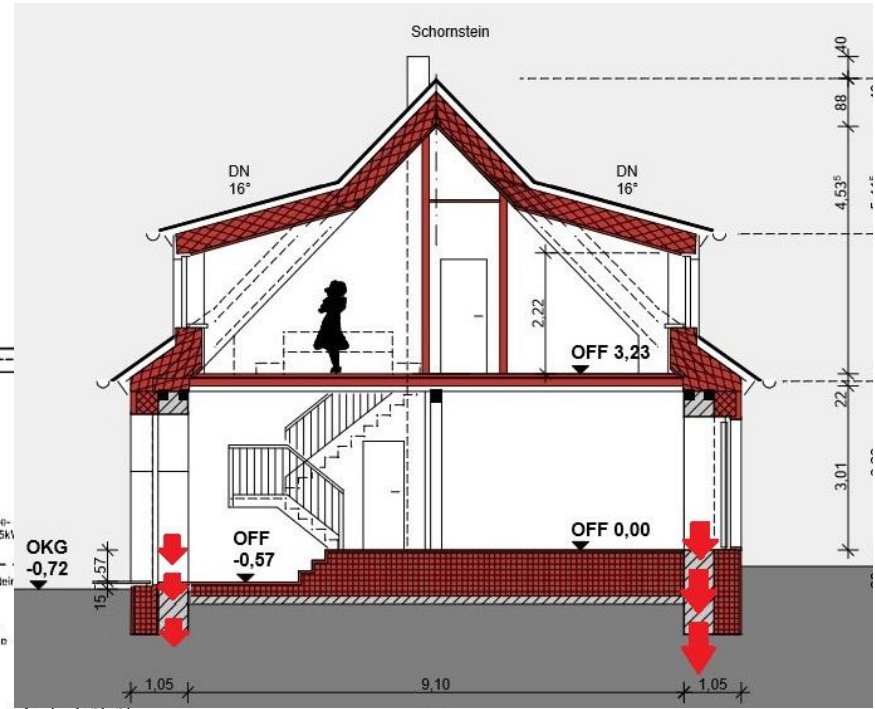
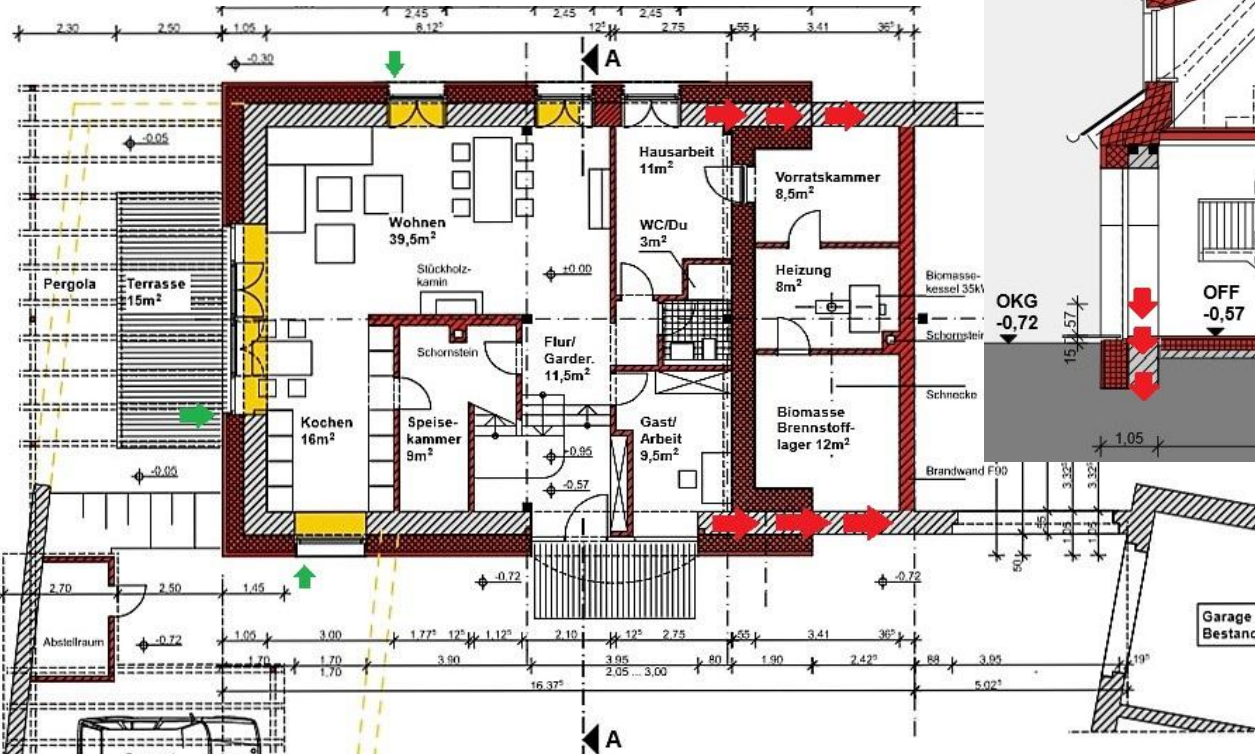
Eigenleistung Strohballenbau

- Sparren-Aufdopplung Kasten für Kasten
- Kalkstrich vor Unterspannbahn
- Brandwandisolierung gehalten von Latten
- Lehmstrich zum Brandschutz
- ohne "Altherrenriege" und Freunde unmöglich

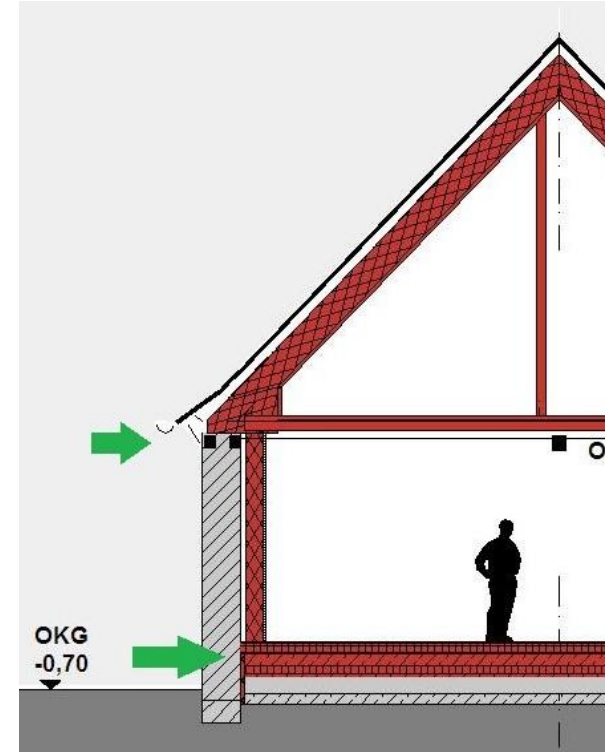
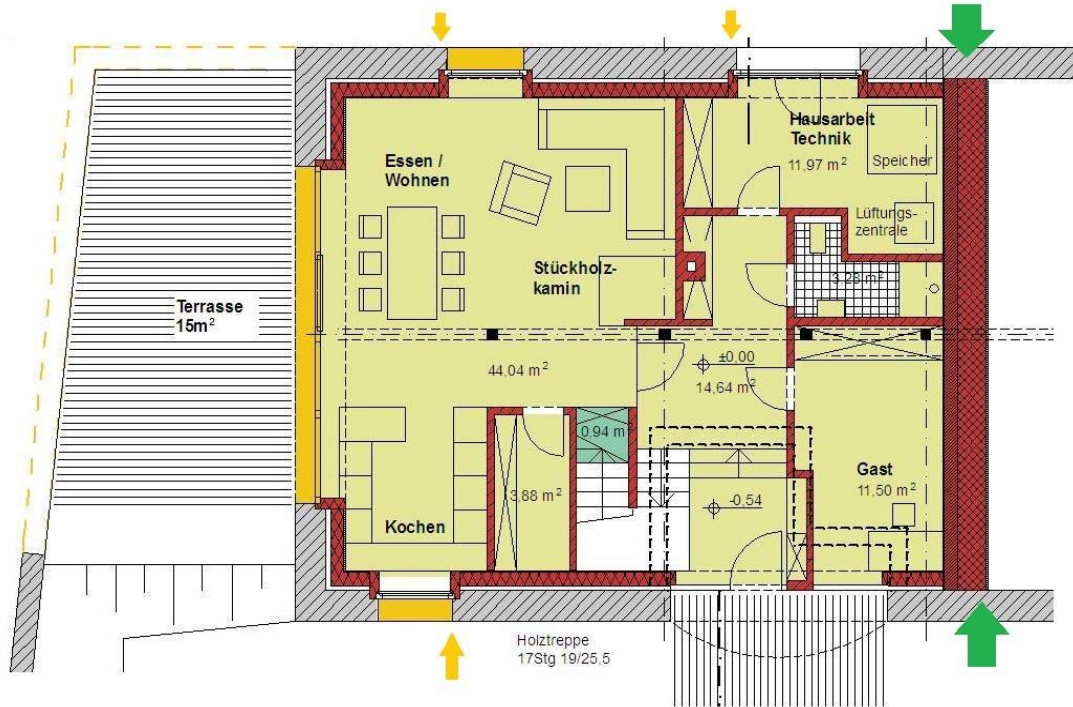


Wärmebrücken

bei Außendämmung der "Scheune"



Wärmebrücken bei Innendämmung



Argumente für/gg. Innendämmung der “Scheune”

- + Verhinderung wesentlicher Wärmebrücken (55 cm starke Granitwand)
 - + Erhalt des äußeren Erscheinungsbildes,
 - + Lüftungsanlage mit WRG reduziert im Winter die Feuchtelast
 - + innen tiefe Fensterbänke (*Lümmelnischen*)
 - + typische Problempunkte fehlen: keine einbindenden Innenwände und Holzdecken
 - Verlust von Speichermasse (sommerlicher Wärmeschutz)
 - “normalerweise” reduziertes Dämmniveau
 - “neue” Wärmebrücken an Fensterleibung / -brüstung (je nach beabsichtigter Lage der Fenster in der Wand)
- Entscheidung nicht eindeutig



Innendämmung - aber wie?

- Ziel war ein Dämmniveau auf PH-Standard - ca. 0,15 W/m²K
- Temperaturverhalten der ½ m starken Granitwand im Verlauf des Jahres?
 - keine wissenschaftlich verlässliche Untersuchungen bekannt
 - Berechnung nicht möglich
 - gedämpfte Temperaturspitzen und eine Amplitudenverschiebung
- Einbau der Lüftungsanlage führt zur Verminderung der relativen Raumluftfeuchte im Winter > Dämmstärke kann etwas erhöht werden
 - Rel. Luftfeuchte im Winter kann in gängigen Berechnungsprogrammen für die Wasserdampfdiffusion variiert werden
- Getrennte Innenwand mit Hinterlüftungsfuge zur Granitwand
 - wenn System funktioniert, ist jede Dämmstärke möglich
- Warme Raumluft darf nie (konvektiv) hinter die Dämmebene gelangen

Innendämmung gewählt - $U=0,14 \text{ W/m}^2\text{K}$

EG - Innendämmung

- Gipskartonbeplankung
- Installationsebene 4 cm gedämmt
- Damfbremsbahn
- Isofloc-Einblasdämmung 27 cm zwischen Vollholzständern
- Holzweichfaserplatte 2,0 cm
- Luftspalt 8 cm
- Bestandswand Granit 55 cm



Innendämmung

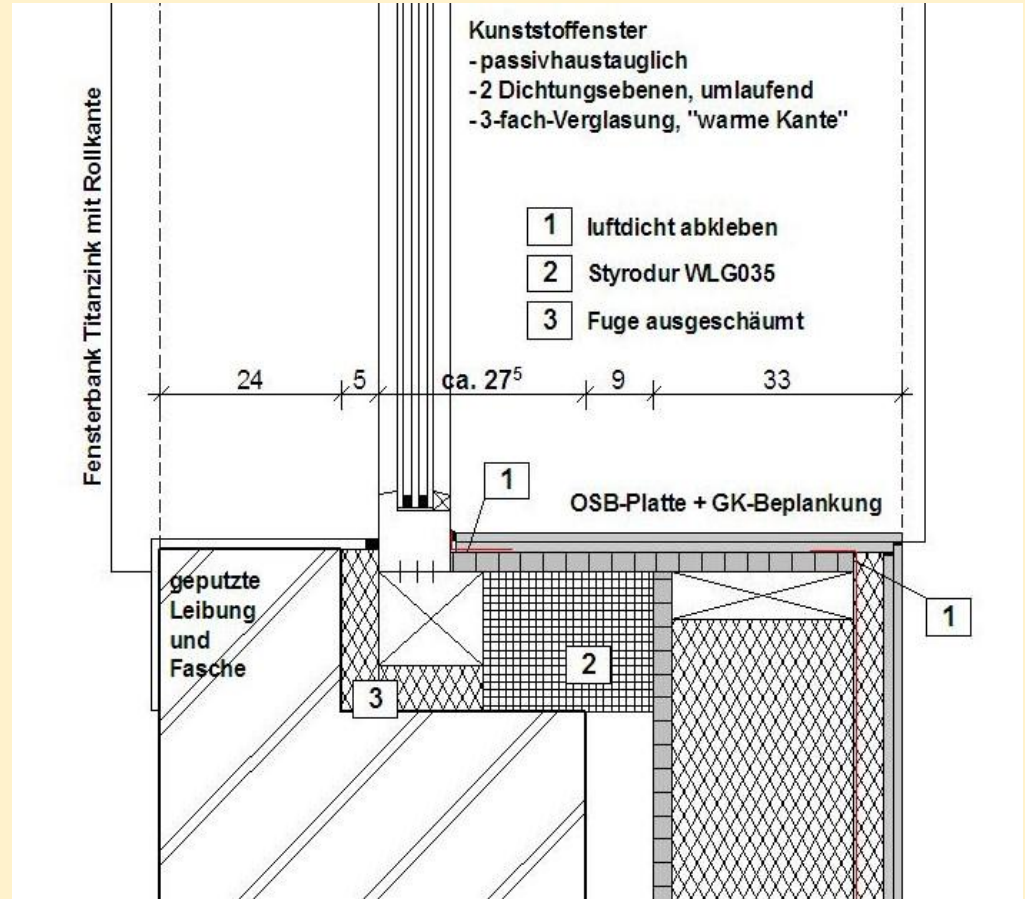
Fensteranschluss

Fenster nach außen gerückt um Schießscharteneindruck zu verhindern und (bei großen Fenstern) innen Raum zu gewinnen

geometrische Wärmebrücke unvermeidlich

ABER:

Eingangsverglasung wurde in die Dämmebene versetzt, um den Charakter des "Scheunentores" zu betonen

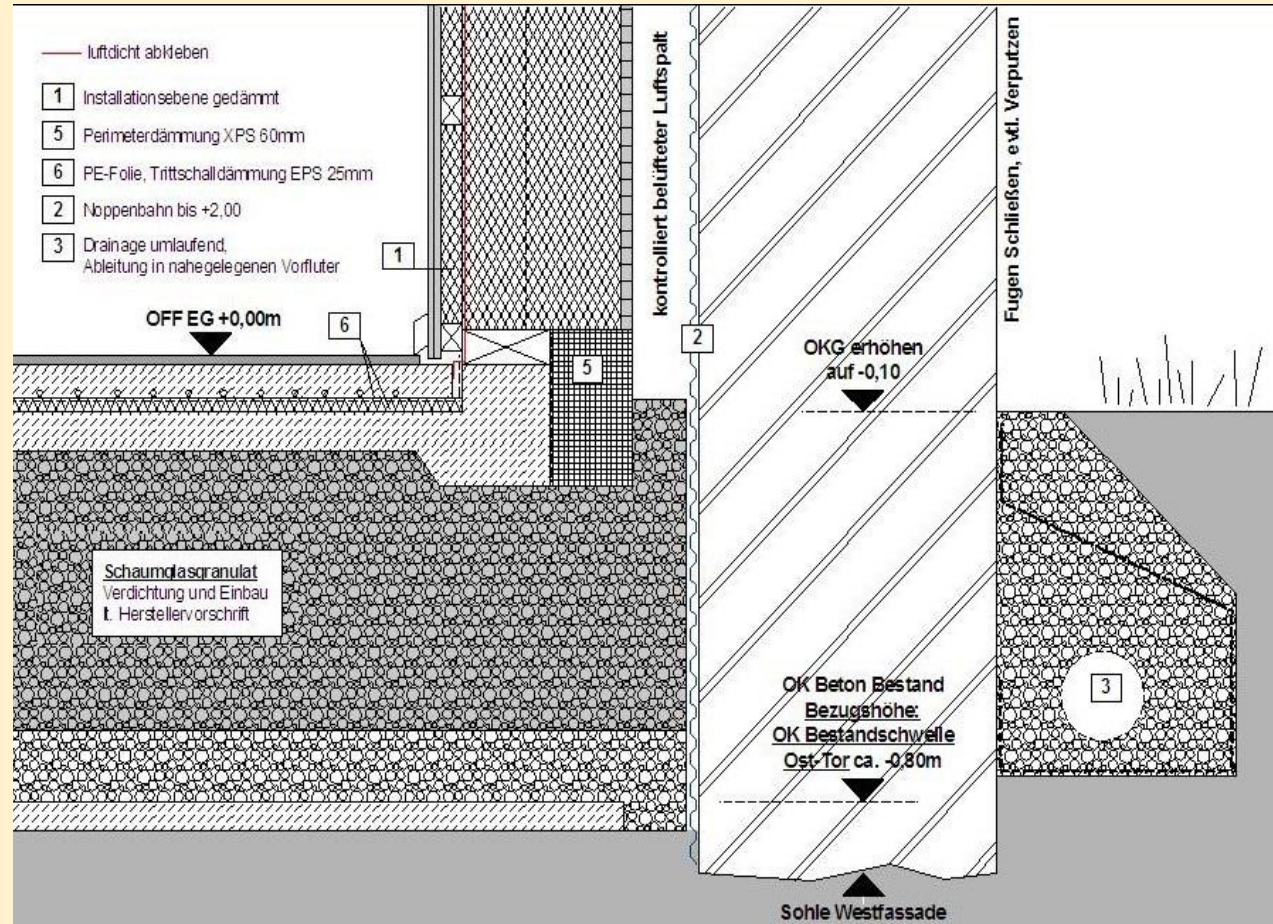


Innendämmung

Innendämmung als entkoppelte Ständerwand erlaubt im Granit-Sockel

- auf nachträglichen Einbau einer **Horizontalsperre**,
- auf **Unterfangung** der teilweise zu gering gegründeten Aussenwand

zu verzichten.



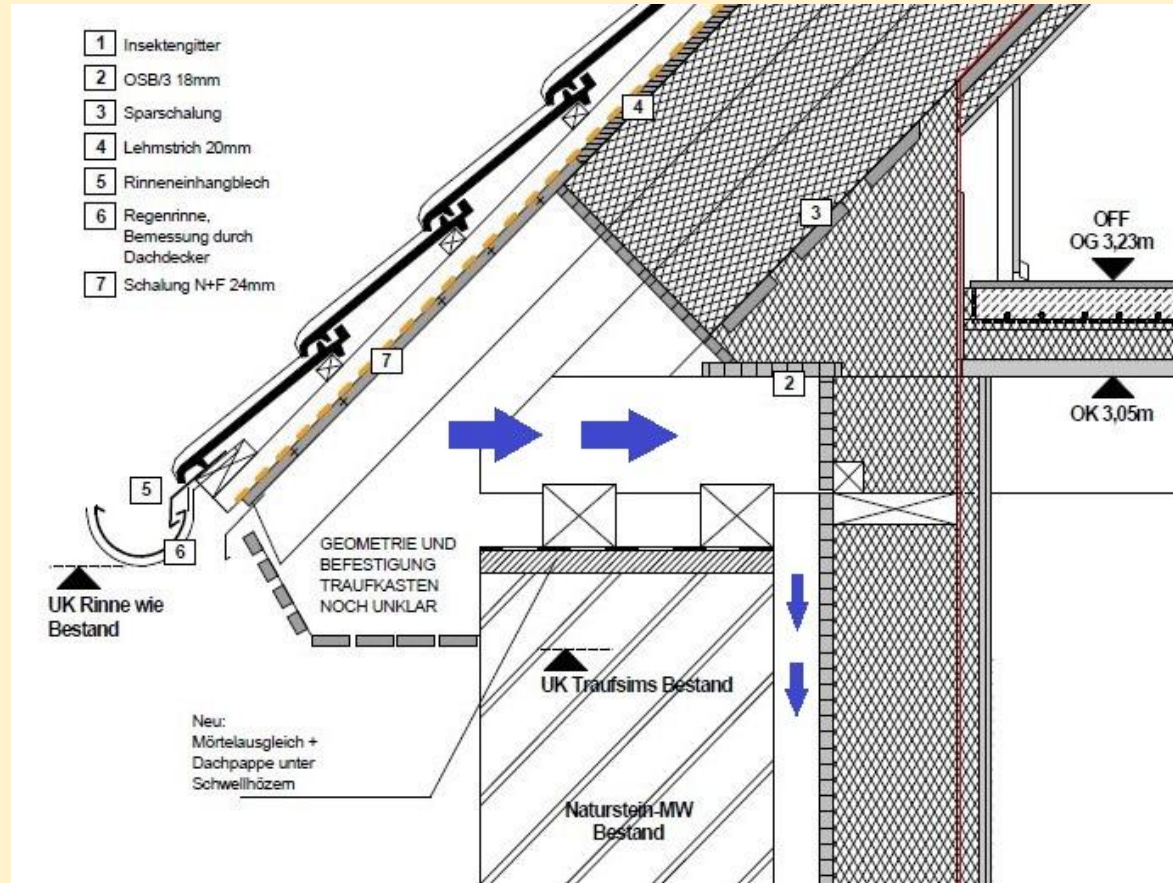
Innendämmung

Hinterlüftung:

- ausschließlich von oben (3,5 m hohe Wand)
- Sensoren messen Temperatur und Luftfeuchte
- bei kritischen Werten wird Belüftung unterbrochen
- Luftaustausch wird mittels Ventilator verstärkt

Traufkonstruktion:

- bauphysik. unkritisch
- von außen kontrollierbar



Details Kontrollierte Hinterlüftung

- Ziel: Abführung evtl. Feuchtequellen
- Haushaltlüfter je Längseite
- HT-Verrohrung über Traufkasten in jeden Zwischenraum
- Homematik-Sensorik und -Steuerung
- ist gleichzeitig (preiswerte) Raffstore-Steuerung



**HomeMatic CCU2 weiss mit
homeputer CL Studio Software
4.0**

Zentrale für das HomeMatic System in weiss mit vollständiger homeputer CL Studio Software 4.0: fast nichts ist unmöglich!

219,00 EUR



**HomeMatic Funk-Schaltaktor
4fach Hutschiene**

zur Nachrüstung Ihrer Hutschienen-
Installation mit Funk

99,95 EUR



**HomeMatic Funk Kombisensor
OC3**

249,95 EUR



**Funk Temperatur-
Luftfeuchtesensor OTH**

49,95 EUR



**HomeMatic Funk Rolladenaktor
mit Tastenaufsatz 1fach**

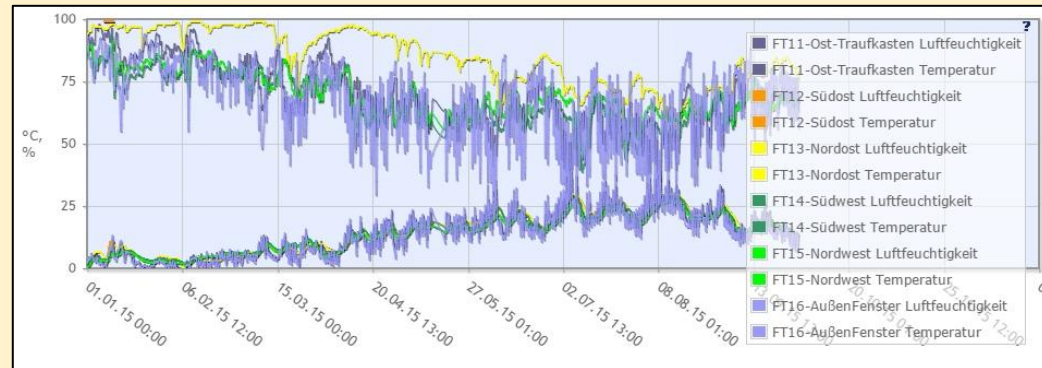
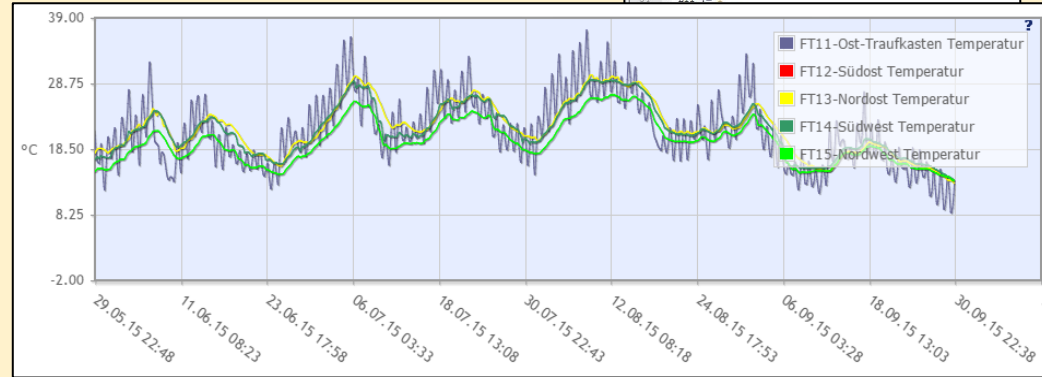
Rolladenaktor zur Nachrüstung für beliebige Schaltersysteme. **Wichtig:** passenden Adapter 1 x kostenlos mitbestellen!

59,95 EUR

Erfahrungen Kontrollierte Hinterlüftung

```
37 //  
38 // Berechnung Absolutfeuchte in Pascal für Lüftung  
39 //  
40 AbsF11 := F11*(0,036*T11*T11+1,716*T11+40,91*T11+887)  
41 AbsF12 := F12*(0,036*T12*T12+1,716*T12+40,91*T12+887)  
42 AbsF13 := F13*(0,036*T13*T13+1,716*T13+40,91*T13+887)  
43 AbsF14 := F14*(0,036*T14*T14+1,716*T14+40,91*T14+887)  
44 AbsF15 := F15*(0,036*T15*T15+1,716*T15+40,91*T15+887)  
45 PotF12 := AbsF11/AbsF12*1,00  
46 PotF13 := AbsF11/AbsF13*1,00  
47 PotF14 := AbsF11/AbsF14*1,00  
48 PotF15 := AbsF11/AbsF15*1,00  
49 //  
50 // Lüftersteuerung  
51 //  
52 Wenn AbsF11 < (0,96 * AbsF12) und  
53 AbsF11 < (0,96 * AbsF13) dann  
54 l11 := 1
```

- Vergleich abs. Feuchte aller 30 Min.
=> für 5 Min. bei Bedarf
- Sicherheitslüftung Morgenstunden
(geringste absolute Tagesfeuchte)
- 1 Sensor ausgefallen, 1 unklar
- finaler Beweis steht aus, aber gutes Gefühl!
- Grenzwert für Luftfeuchte???
- bei konsequenter Entkopplung zwischen Wand und "Einbauhaus" Kondensat unproblematisch?
=> Kontrolle unnötig?!

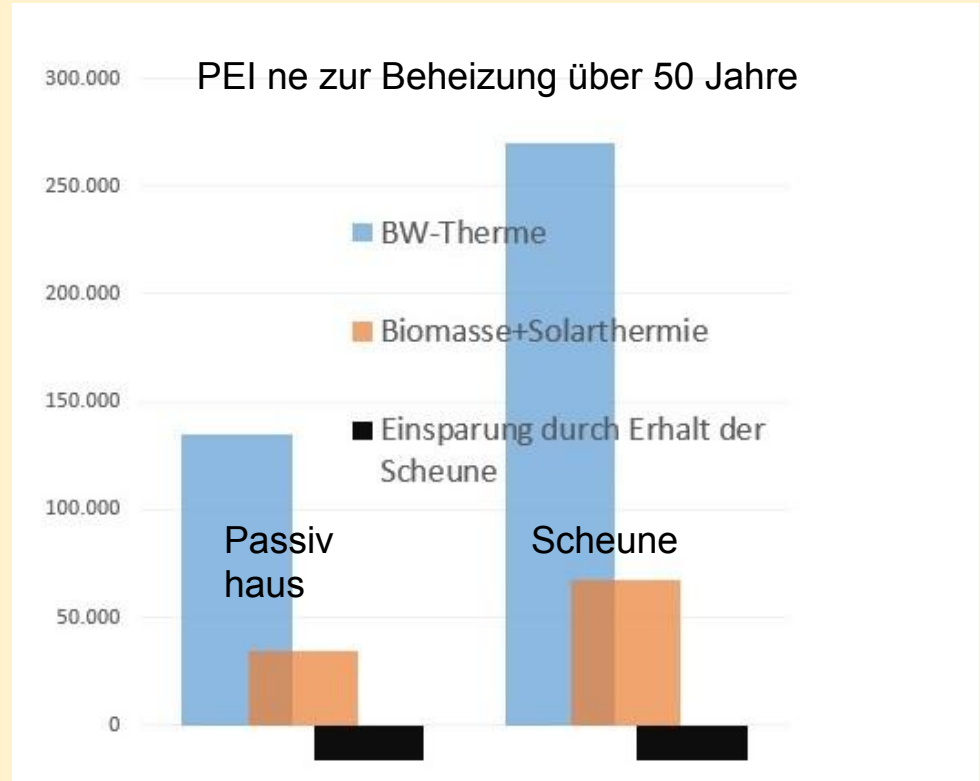


Primärenergiebedarf

1 - Der Primärenergiebedarf zum Beheizen eines Gebäudes ist wesentlich abhängig von der Art seiner Beheizung (und der Warmwassererzeugung)

Wie teile ich das Budget sinnvoll zwischen Bauwerk und Haustechnik auf?

2 - Einsparung durch Nutzung vorhandener Bausubstanz ("Scheune": Außenwände, Bodenplatte, Erdbau) ist im Vergleich zum Heizenergiebedarf über 50 Jahre nicht unerheblich



Dachdämmung

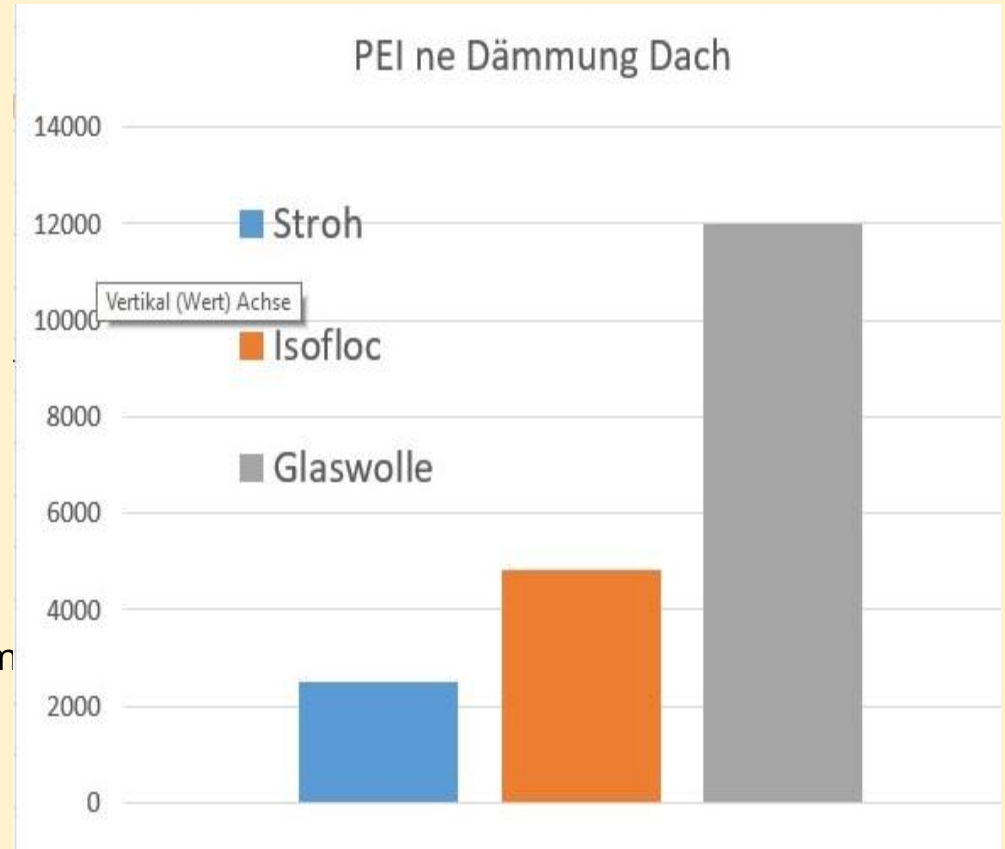
als **Strohballendämmung**

Vorteile:

- geringer Einsatz Grauer Energie
- Verbesserung des sommerlichen Wärmeschutzes
- rein natürlicher Baustoff
- EoL: Entsorgung als Kompost

Nachteile

- etwas höherer Aufwand der Tragkonstruktion (Stegträger für 40 cm Dämmstärke)
- hoher Arbeitszeitaufwand (Eigenleistungspotential)



Strohballendämmung - Fakten

Mineralwolle - nur 30 cm:

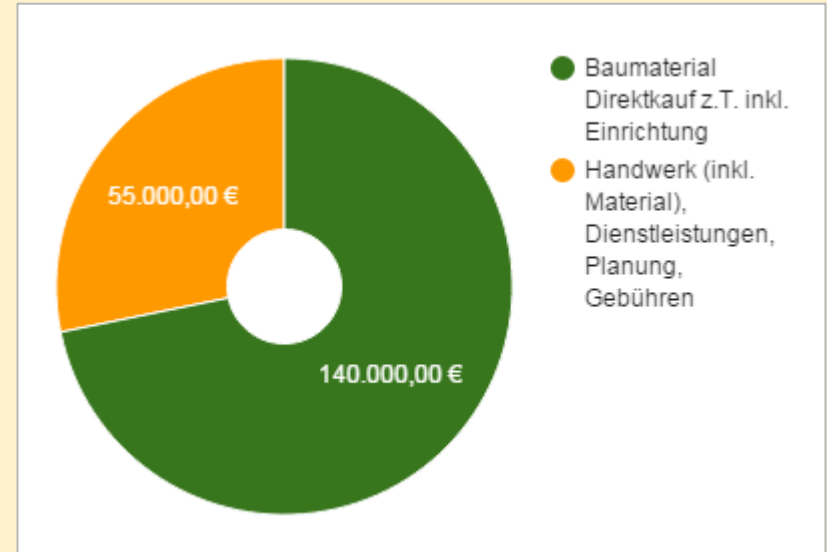
- geringerer Dachversprung zwischen Wohnhaus und verbleibender Scheune (ungebrochene Optik)
- deutlich schlechterer sommerlicher Wärmeschutz (Hauptargument)
- höherer Energieaufwand in Herstellung

Strohballendämmung (www.fasba.de)

- inzwischen mit Allgemeiner bauaufsichtlicher Zulassung
- festgelegter Bemessungswert Lambda 0,052 W/mK
- mit Verputz ca. 30 mm auch als feuerhemmende Wand

Finanzierung und Fördermittel

- Gesamtkosten ca. 195.000 €
- Energierelevante Bauteile und Geräte (Fenster₁₇, Kamin₄, Solar₁₀, Lüftung₈) bedeutender Anteil
- Förderung **#1**: Sanierung mit Passivhauskomponenten SAB-Zuschuss 120 €/m²
- Förderung **#2**: KfW zinsgünstiger Kredit und Tilgungszuschuss





Wir danken für Ihre
Aufmerksamkeit!