

# FALLSTUDIE

SCHMITTE  
HERRENSCHWANDEN



**PROJEKT**

Schmitte Herrenschwanden

**ARCHITEKTUR**

unbekannt

**TYOLOGIE**

Schmiede und Wohngebäude

**BAUJAHR**

Erstellung: 1841

*Inschrift (nachträgliche?)*

*Unterkellerung*

Letzte Sanierung: 2011

*Aussenputz und Ziegel*

**ZIELE**

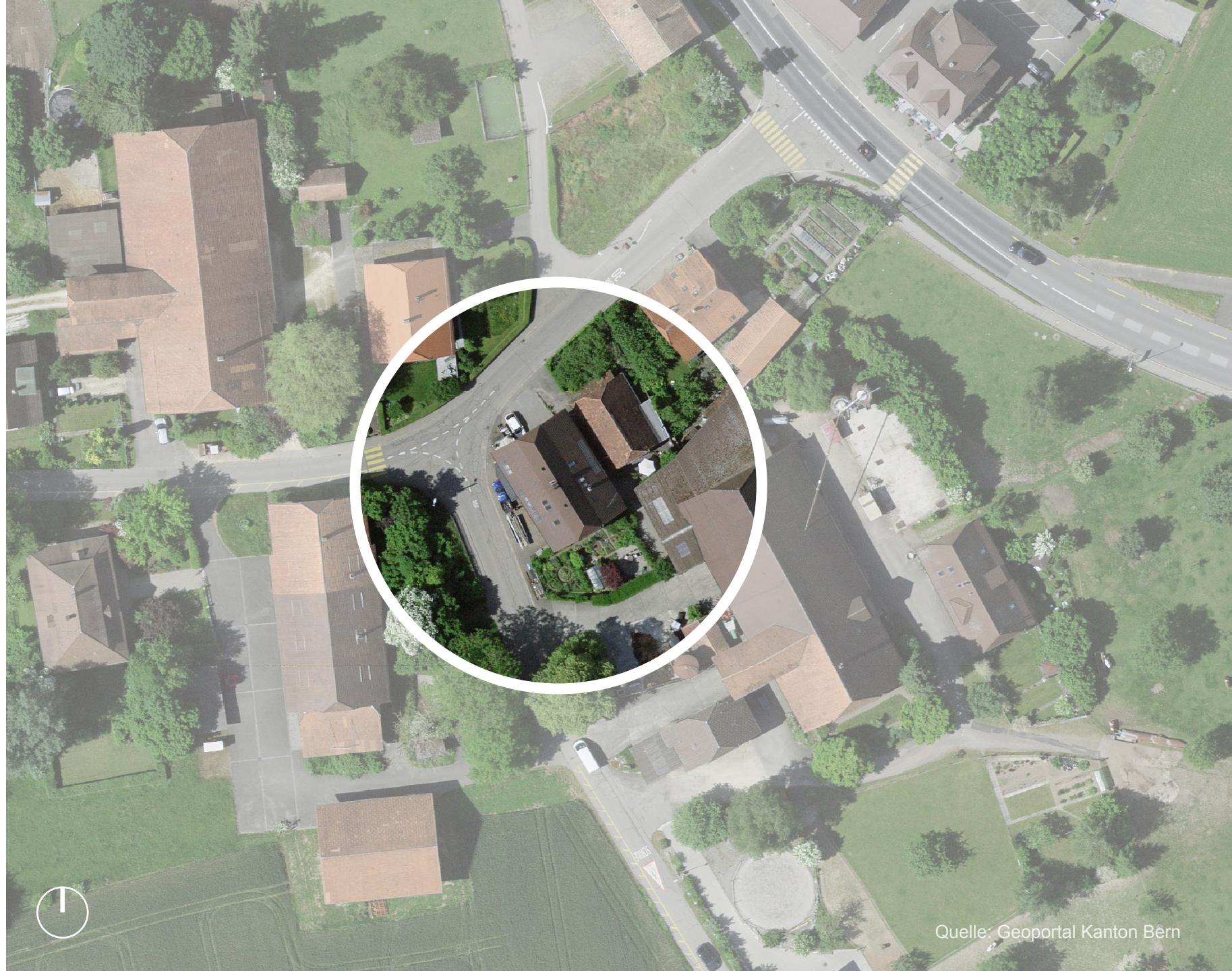
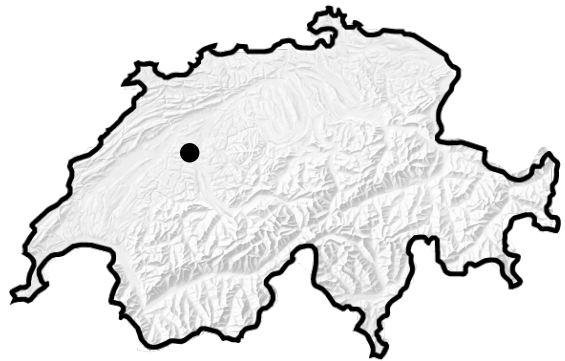
- *Sanieren*  
**Der bestehenden Bausubstanz**
- *Erneuerbare Energie*  
**Nutzen und erzeugen**
- *Integration der Massnahmen*  
**In den historischen Kontext**

## I. AUSGANGSLAGE

- Standort
- Impressionen
- Pläne
- Systemkette Bestand
- Thermischer Bedarf Bestand
- Elektrischer Bedarf Bestand

**STANDORT**

Herrenschwandenstrasse 3,  
3037 Herrenschwanden (BE)



**IMPRESSIONEN**

Südostfassade (1)  
*Gartenzugang*

Südwestfassade (2)  
*Aussenarbeitsbereich Schmiede*

Nordwestfassade (3)  
*Parkplätze*



**IMPRESSIONEN**

Nordostfassade (5,6)  
*Zugang Wohnungen  
und Schmiede*

Wohnung EG (7,8)  
*Küche und Wohnraum*

Schmiede (9)  
*Innenarbeitsbereich*



**PLÄNE**  
GRUNDRISSE | FLÄCHENAUSZÜGE

**Nettogeschossfläche NGF = 350m<sup>2</sup>**

Erdgeschoss: 130m<sup>2</sup>

Obergeschoss: 126m<sup>2</sup>

Dachgeschoss: 94m<sup>2</sup>

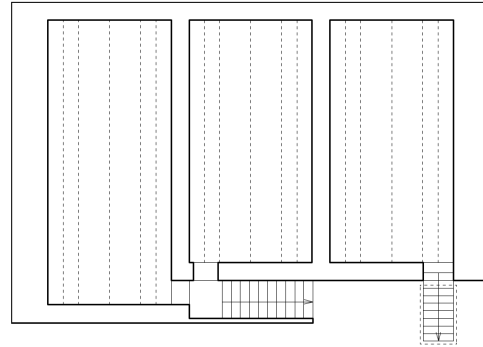
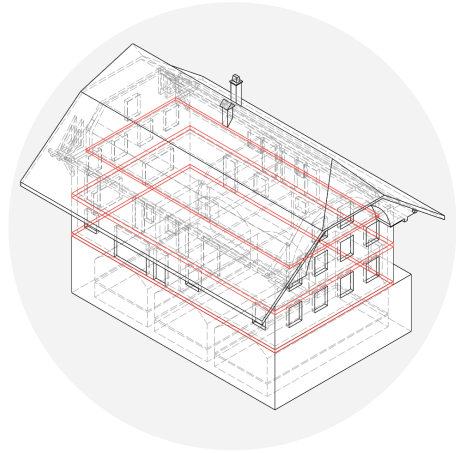
**Geschossfläche GF = 400m<sup>2</sup>**

Erdgeschoss: 145m<sup>2</sup>

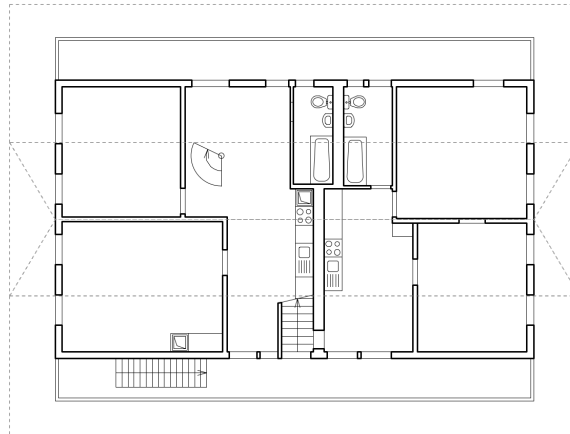
Obergeschoss: 145m<sup>2</sup>

Dachgeschoss: 110m<sup>2</sup>

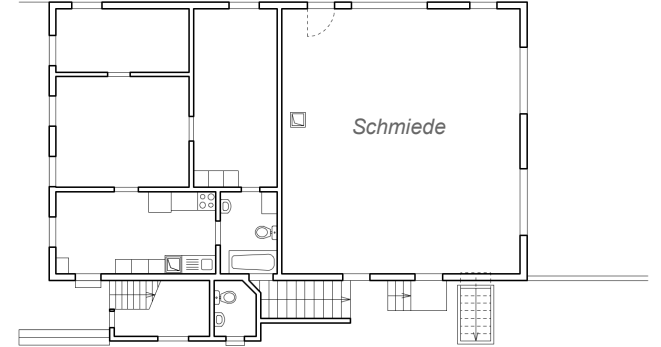
**Energiebezugsfläche EBF = 400m<sup>2</sup>**



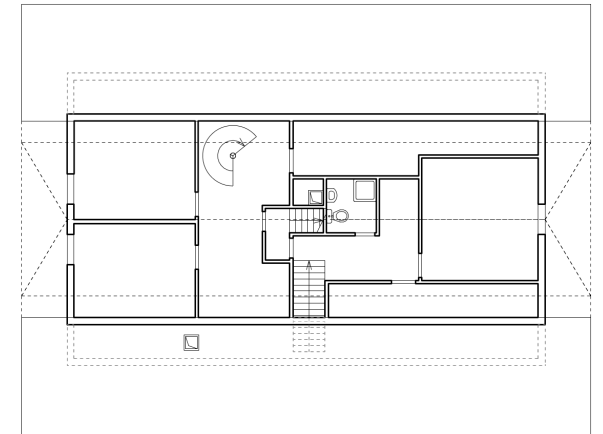
Untergeschoss



Obergeschoss



Erdgeschoss



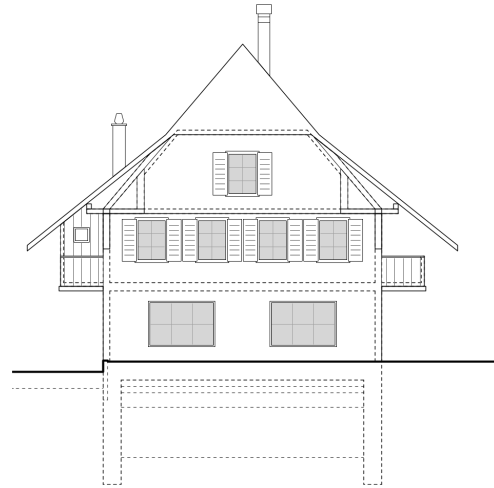
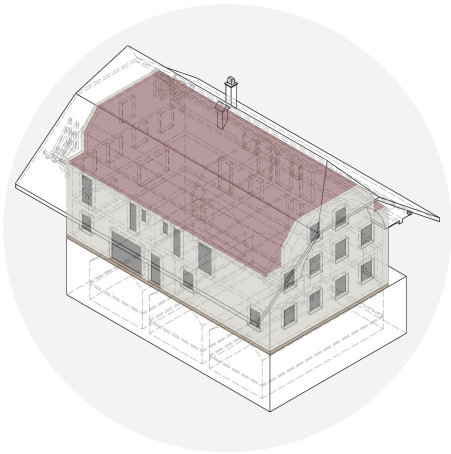
Dachgeschoss

**PLÄNE**  
ANSICHTEN | FLÄCHENAUSZÜGE

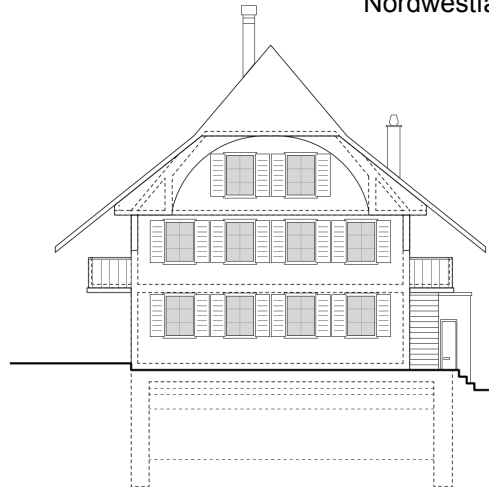
**Bodenfläche = 145m<sup>2</sup>**  
analog Geschossfläche Erdgeschoss

Fassadenfläche = 288m<sup>2</sup>  
**Opak (Aussenputz): 235m<sup>2</sup>**  
**Transparent (Fenster): 53m<sup>2</sup>**

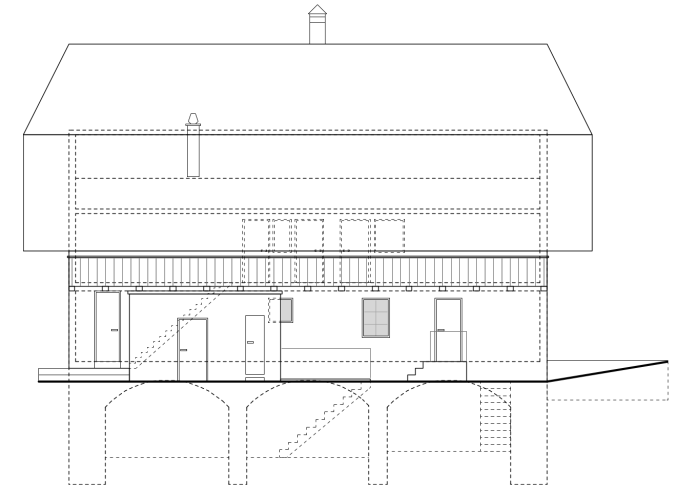
**Dachflächen**  
**Gedämmt: 190m<sup>2</sup>**  
*inkl. Aufsichtsfläche Grundriss*  
Dachfläche Südwest/Nordost je: 125m<sup>2</sup>  
*oberer Bereich 50m<sup>2</sup> (Neigung 50°)*  
*unterer Bereich 75m<sup>2</sup> (Neigung 40°)*



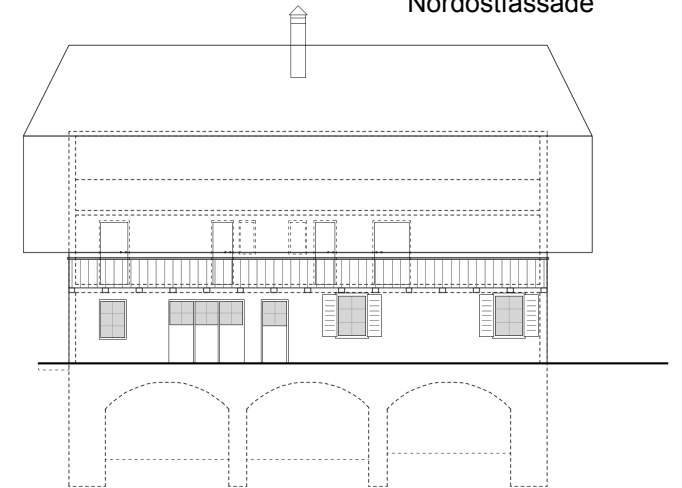
Nordwestfassade



Südostfassade



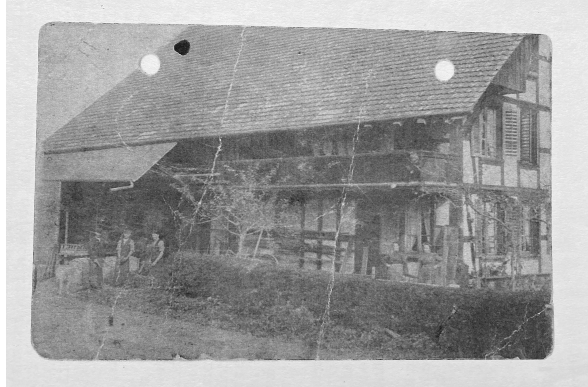
Nordostfassade



Südwestfassade



PLÄNE  
KONSTRUKTION | U-WERTE



Historische Aufnahme mit sichtbarem Fachwerk

**Quellen:** (Annahme Konstruktionsaufbauten)

Mündliche Überlieferungen

Verwandschaft

Konstruktionslehre für den Hochbau

Lehr- und Lernmittel (Fachunterricht Hochbauzeichner)

Dämmung von Fachwerk

<https://www.ubakus.de/daemmung-von-fachwerk/>

Innendämmung von Fachwerk

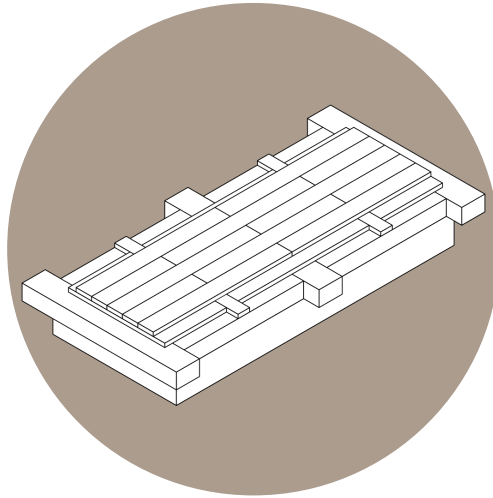
<https://www.ubakus.de/innendaemmung-von-fachwerk/>

Die Fachwerkhaus-Community

<https://www.fachwerk.de>

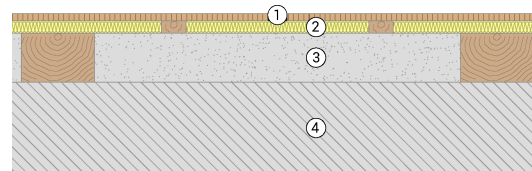
Dipl.-Ing Eicke-Hennig, Werner (2017):

Historischer Wärmeschutz: Decken und Böden

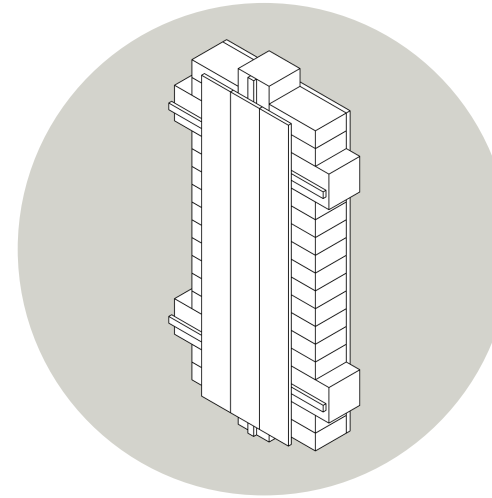


**Bodenaufbau**

1. Holzriemen | 12mm
2. Lattung mit Zellulose | 20mm
3. Lattung / Ausgleichsschicht | 80mm
4. Gewölbekellerdecke | ca. 150mm

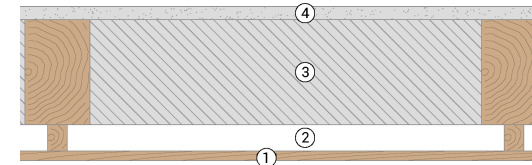


Bodenfläche = 145m<sup>2</sup>  
U-Wert= 0.722 W/(m<sup>2</sup>k)



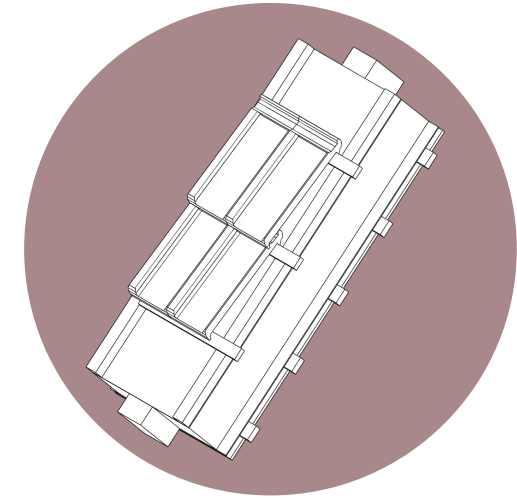
**Wandaufbau**

1. Holzvertäfelung | 15mm
2. Lattung&Konterlattung/Luftschiicht | 40mm
3. Fachwerk / Tuffstein Ausfachung | 160mm
4. Aussenputz | 20mm



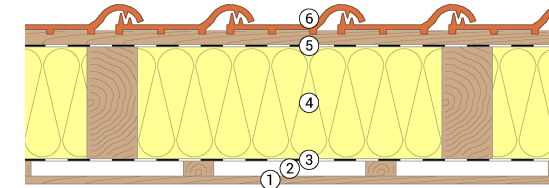
Fassadenfläche= 235m<sup>2</sup>  
U-Wert= 1.177 W/(m<sup>2</sup>k)

Verglasung (Zweifachverglasung | 53m<sup>2</sup>)  
U-Wert= 2.8 W/(m<sup>2</sup>k)  
g-Wert= 0.75



**Dachaufbau**

1. Holzvertäfelung | 15mm
2. Lattung / Luftschiicht | 30mm
3. Dampfbremse | 0.5mm
4. Balkenlage / Steinwolle | 220mm
5. Unterdachbahn | 0.5mm
6. Ziegel inkl. Lattung



Dachfläche= 190m<sup>2</sup>  
U-Wert= 0.208 W/(m<sup>2</sup>k)

# SYSTEM-KETTE

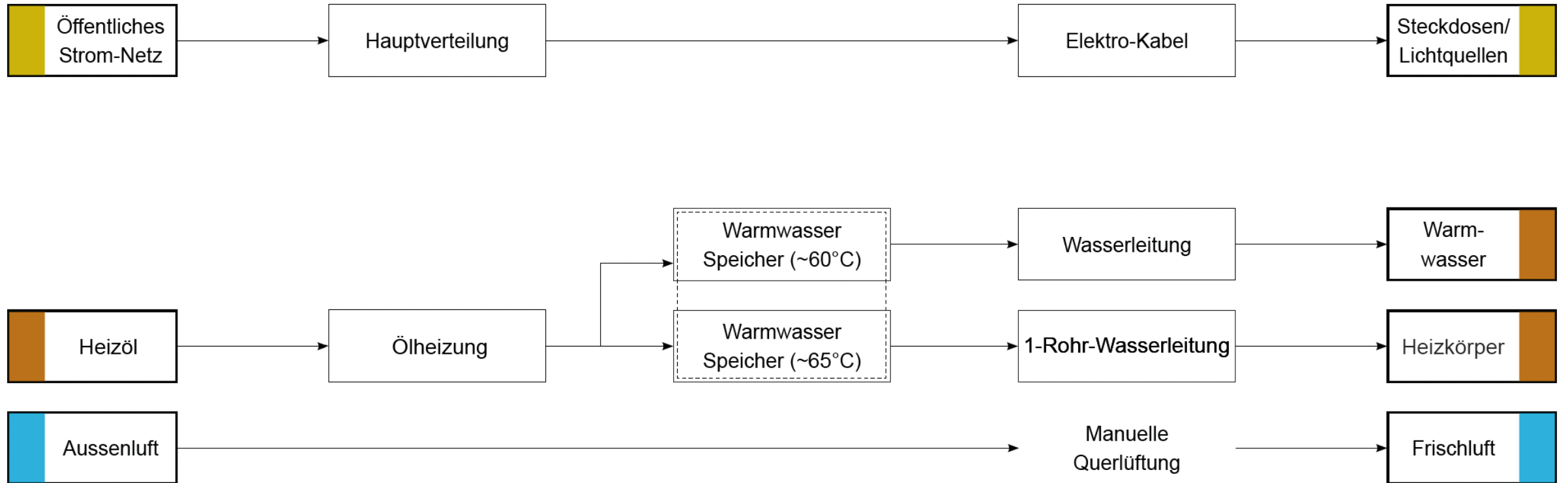
## QUELLE/ SENKE

## UMWANDLUNG

## SPEICHERUNG

## VERTEILUNG

## ABGABE RAUM



**THERMISCHER BEDARF**

**BESTAND**

Heizwärmebedarf und Warmwasserwärmebedarf gemäss Formelsammlung (Excel-Tabelle), SIA 2028 und Bestandwerten SIA 2024.

**Bemerkungen**

*Erhebliche Transmissionswärmeverluste durch die hohen U-Werte der Bestandeskonstruktion*

<b>Heizwärmebedarf</b>	$Q_H = Q_T + Q_V - \eta_g \cdot (Q_i + Q_s)$
Heizwärmebedarf	$[Q_H] = \text{Wh}$
Transmissionswärmeverluste	$[Q_T] = \text{Wh}$
Lüftungswärmeverluste	$[Q_V] = \text{Wh}$
Ausnutzungsgrad für Wärmegewinne	$[\eta_g] = -$
Interne Wärmeeinträge	$[Q_i] = \text{Wh}$
Solare Wärmeeinträge	$[Q_s] = \text{Wh}$

Auszug aus Formelsammlung

**$Q_H$  Jährlicher Heizwärme Bedarf: 55'000 kWh/a**

$Q_T = 56'000 \text{ kWh/a}$

$Q_V = 18'000 \text{ kWh/a}$

$\eta_g = \text{variiert monatlich}$

$Q_i = 13'000 \text{ kWh/a}$

$Q_s = 18'000 \text{ kWh/a}$

**$Q_w$  Warmwasserwärmebedarf Bedarf: 14'800 kWh/a**

**Thermischer Bedarf Gesamt: 69'800 kWh/a**

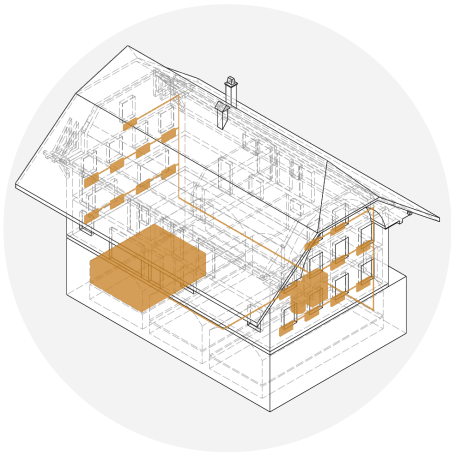
**: 400m<sup>2</sup> EBF = 174.5 kWh/m<sup>2</sup> pro EBF**

**Emissionen im Betrieb:**

**Ölheizung: 23'732 kg/a CO<sub>2</sub> Äq**

69'800 kWh/a x 0.34 kg CO<sub>2</sub> Äq

**: 400m<sup>2</sup> EBF = 59.33 kg/a CO<sub>2</sub> pro EBF**



**ELEKTRISCHER BEDARF**

**BESTAND**

Elektrizitätsbedarf gemäss Formelsammlung (Excel-Tabelle), und Bestandwerten SIA 2024.

**Bemerkungen**

*Erhöhter Elektrizitätsbedarf durch ältere bestehende Geräte und Beleuchtung*

<b>Elektrizitätsbedarf</b>	$E = E_A + E_B + E_L + E_M$
Elektrizitätsbedarf	$[E] = Wh$
Elektrizitätsbedarf der Geräte	$[E_A] = Wh$
Elektrizitätsbedarf Beleuchtung	$[E_B] = Wh$
Elektrizitätsbedarf Lüftung	$[E_L] = Wh$
Elektrizitätsbedarf Mobilität	$[E_M] = Wh$

Auszug aus Formelsammlung

**E Jährlicher Elektrischer Bedarf: 8'800 kWh/a**

$E_A = 18 \text{ kWh/m}^2 \times 400\text{m}^2 = 7'200 \text{ kWh/a}$

$E_B = 4 \text{ kWh/m}^2 \times 400\text{m}^2 = 1'600 \text{ kWh/a}$

$E_M = \text{keine}$

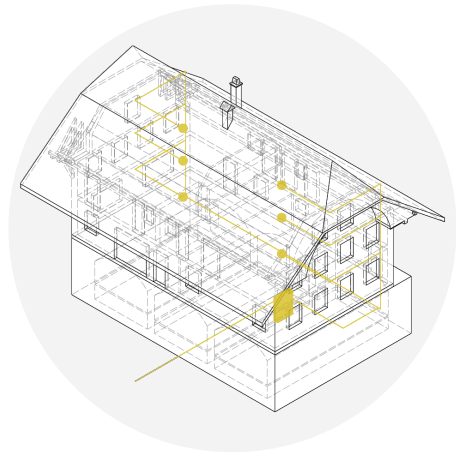
**: 400m<sup>2</sup> EBF = 22 kWh/m<sup>2</sup> pro EBF**

**Emissionen im Betrieb:**

**Strombezug vom Netz 1'144 kg/a CO<sub>2</sub>Äq**

$8'800 \text{ kWh/a} \times 0.13 \text{ kg CO}_2 \text{ Äq}$

**: 400m<sup>2</sup> EBF = 2.86 kg/a CO<sub>2</sub> pro EBF**



## II. INTEGRATED DESIGN WORKFLOW



Klima-, Komfort-,  
Potentialanalyse und  
Nachhaltigkeitsziele

Bedarf

Versorgung

Integration und  
Darstellung

Rahmenbedingungen → Nachhaltigkeitsziele → Bedarfsanalyse → Versorgungskonzept → Systemdesign → Steuerung und Regelung

Normen

Verpflichtend  
(Normen)

Wärme und  
Kälte

Passiv

Heizung und  
Kühlung

Heizung und  
Kühlung

Nutzer/  
Komfort

Freiwillig  
(Zertifikate)

Lüftung

Aktiv

Lüftung

Lüftung

Städtebaul.  
Kontext

Strom

Strom und  
Licht

Strom und  
Licht

Makro- und  
Mikroklima

Ressourcen

Planungsphasen

Konzept (SIA Phasen 1 und 2)

Entwurf (SIA Phasen 2 und 3)

Planung (SIA Phasen 4 und 5)

Ausführung

Betrieb (SIA Phase 5)

## II. INTEGRATED DESIGN WORKFLOW

### **1** KLIMA-, KOMFORT-, POTENTIALANALYSE UND NACHHALTIGKEITSZIELE

- **Komfortanalyse**
- **Klimaanalyse**
- **Potentialanalyse**
- **Nachhaltigkeitsziele**

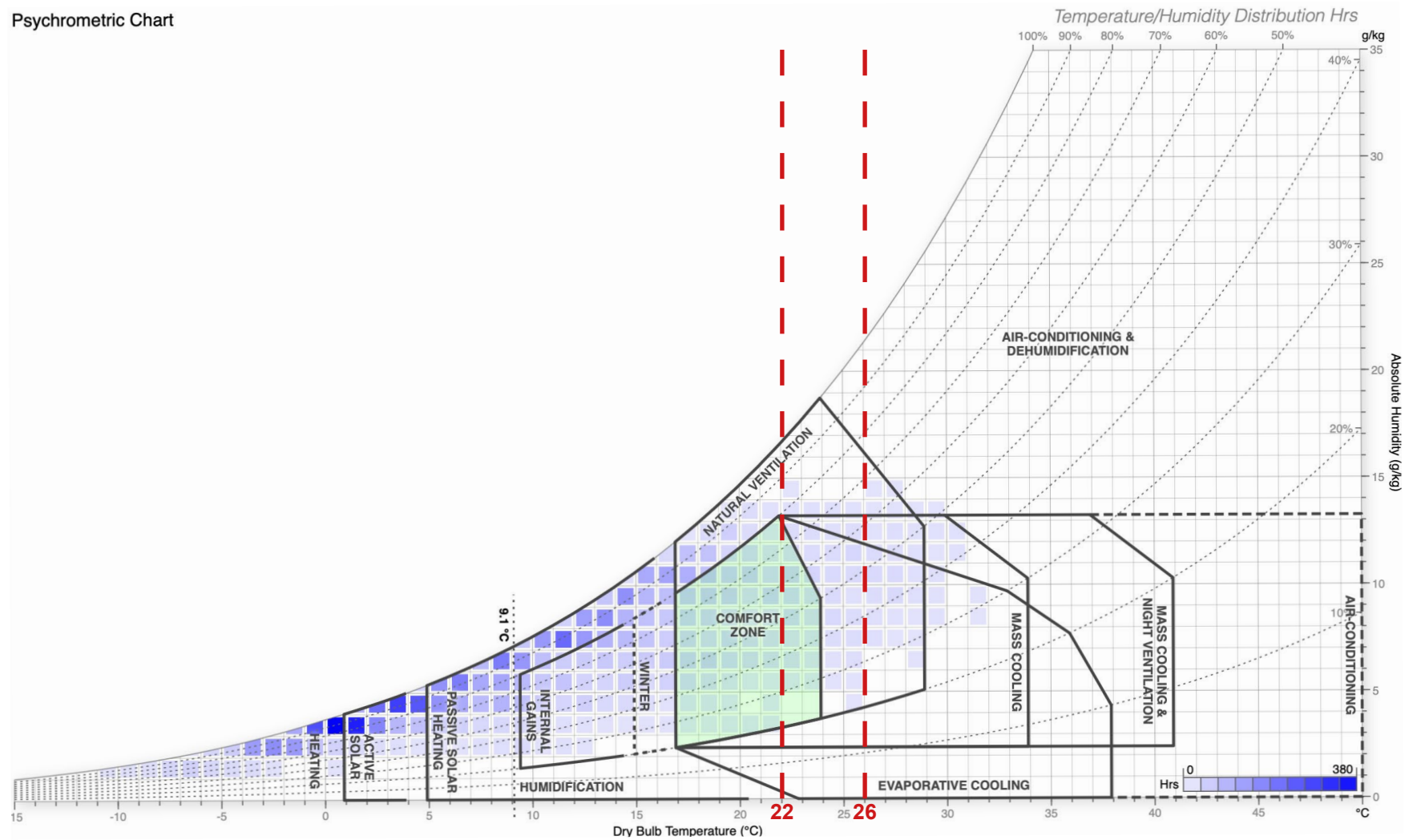
**KOMFORTANALYSE**  
**PSYCHROMETRISCHES**  
**DIAGRAMM**

**Bemerkungen**

*Blaue Flächen ausserhalb der roten Zieltemperaturen benötigen zusätzliche Kühlung oder Heizung.*

*Für die Kühlung scheint die natürliche Belüftung (Stand heute) ausreichend. Für die Heizung jedoch, ausgegangen von den üblichen solaren/internen Wärmeinträgen, scheint ein Heizsystem unumgänglich.*

Psychrometric Chart



**KLIMAANALYSE**  
WETTERDATEN

**Bemerkungen**

Wie auf dem Psychrometrischem Diagramm bereits sichtbar liegt die Temperatur über das Jahr verteilt mehrheitlich unter dem Zielwert von 22° Celsius und nur selten stark darüber (siehe unterste Spalte).

Die solare Einstrahlung ist über das ganze Jahr verteilt relativ konstant vorhanden und könnte Potential solare Energie bieten.





**KLIMAANALYSE**  
**SONNENSTANDSDIAGRAMM**

**Bemerkungen**

*Die Schmitte hat mir Ihren Dachflächen Südwest ein sehr gutes Potential und mit der Dachfläche Nordost ein mittleres Potential für solare Energie.*

**Legende**

- Nicht bestimmt
- Gering
- Mittel
- Gut
- Sehr gut
- Top

**A / S** Architecture and Building Systems



Quelle: Sun path 2D - Andrew Marsh  
Quelle: Geo-Admin

**POTENTIALANALYSE**  
ERNEUERBARE ENERGIEN

**BIOMASSE HOLZ**

Nachhaltige verholzte Biomassen: 18.4 TJ  
Nachhaltige nicht verholzte Biomassen: 38.35 TJ  
**Geplante Holzsnitzelverbundsheizung**  
Voraussichtliche Inbetriebnahme Winter 2023

**ERDE ERDWÄRME**

Nutzung zulässig  
**Sole-Wasser Wärmepumpe** (Kollektoren/Sonden)

**WASSER GRUNDWASSER**

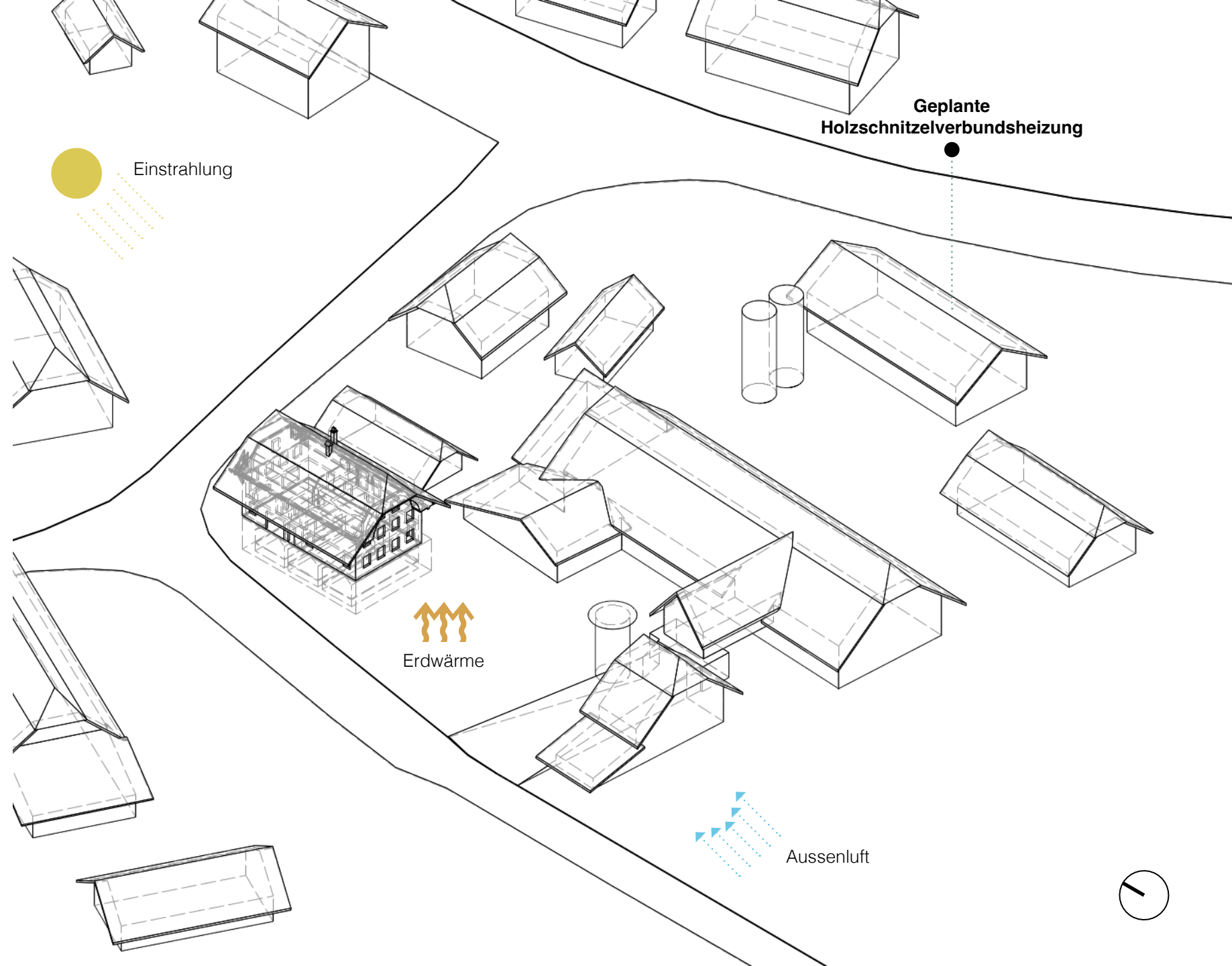
Nutzung nicht zulässig  
~~Wasser-Wasser Wärmepumpe~~

**LUFT AUSSENLUFT**

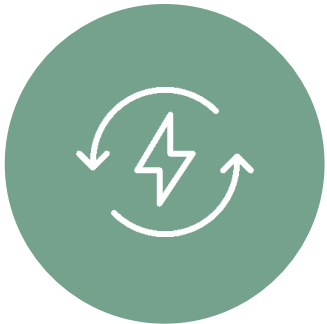
Luft-Wasser Wärmepumpe  
Geschwindigkeit 4 bis 4.5 m/s (kein hoheS Windpotential)  
**Kleinwindanlage**

**SONNE EINSTRAHLUNG**

Südwest Potential sehr gut | Nordost Potential mittel  
Solarthermie  
**Photovoltaik**



**NACHHALTIGKEITSZIELE**



**SANIEREN**  
DER BESTEHENDEN BAUSUBSTANZ

U-Werte

Richtwerte: *Anforderungen gemäss „Grenzwerte für Wärmedurchgangskoeffizienten bei Umbauten und Umnutzungen“.*  
*EN-102 „Wärmeschutz von Gebäuden zu SIA 380/1:2016*

Dach/Decke: 0.25 W/(m<sup>2</sup>k)

Fenster: 1.0 W/(m<sup>2</sup>k) *mit vorgelagerten Heizkörpern*

Wand: 0.25 W/(m<sup>2</sup>k)

Boden: 0.30 W/(m<sup>2</sup>k) *zu unbeheizten Räumen*

**ERNEUERBARE ENERGIE**  
NUTZEN UND ERZEUGEN

Potentiale nutzen und Heizwärme, Warmwasser und Strom ausschliesslich aus erneuerbaren (lokalen) Energiequellen beziehen, wenn möglich erzeugen.

**INTEGRATION DER MASSNAHMEN**  
IN DEN HISTORISCHEN KONTEXT

Baugruppe

*Baugruppen fassen vorwiegend Baudenkmäler zusammen, die durch gegenseitige Bezüge und die Wirkung im Ensemble zusätzlich aufgewertet werden. Veränderungen innerhalb einer Baugruppe sind sorgfältig, mit Blick auf das Ganze und mit Beratung der Denkmalpflege des Kantons Bern zu planen.*

Erhaltenswertes Gebäude

*Ansprechender oder charakteristischer Bau von guter Qualität, der erhalten und gepflegt werden soll. Veränderungen, die sich einordnen, und Erweiterungen, die auf den bestehenden Bau Rücksicht nehmen, sind denkbar.*

## II. INTEGRATED DESIGN WORKFLOW

### **2** BEDARFSANALYSE

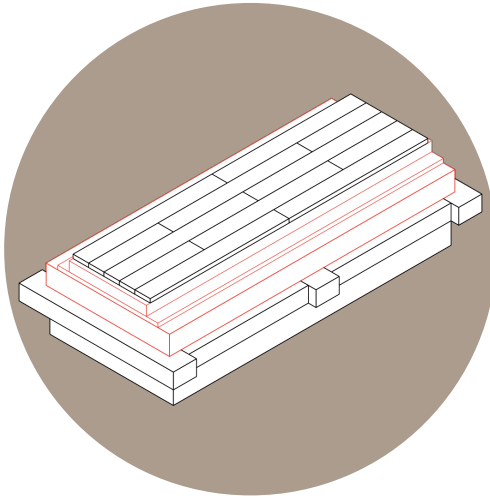
- **Sanierung**
- **Treibhausgasemissionen Bauteile**
- **Thermischer Energiebedarf neu**
- **Elektrischer Energiebedarf neu**

PLÄNE  
SANIERUNG | U-WERTE



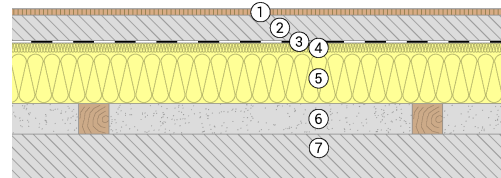
**Bemerkungen**

Ersatz der bestehenden Fenster durch eine Dreifachverglasung. Boden und Wänden mit Innendämmung um die erforderlichen Grenzwerte zu erreichen. Das Trocknungsvermögen der Fachwerkkonstruktion wird durch eine feuchtevariable Dampfbremse weiterhin gewährleistet. Um Feuchteschäden zwischen den Konstruktionsübergängen Wand-Dach zu vermeiden ist auf dem Dachboden eine zusätzliche Dampfbremse vorgesehen (z.B. OSB-Platten).

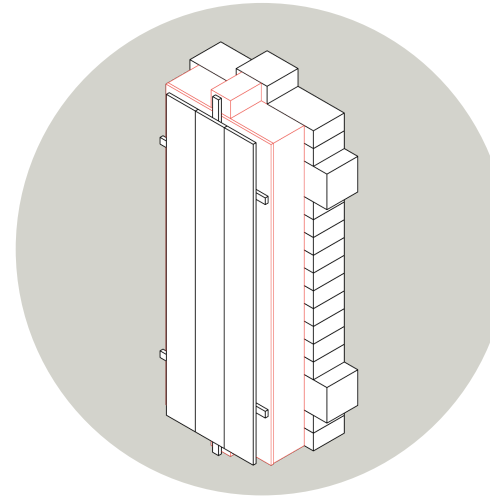


**Bodenaufbau**

1. Holzriemen | 12mm
2. Unterlagsboden | 50mm
3. PE-Folie | 0.2mm
4. Trittschalldämmung | 20mm
5. Wärmedämmung | 100mm
6. Lattung / Ausgleichsschicht | 80mm
7. Gewölbekellerdecke | ca. 150mm

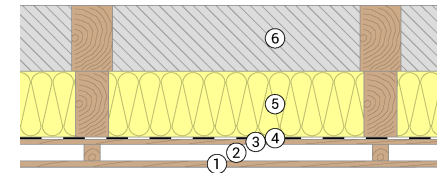


Bodenfläche = 145m<sup>2</sup>  
U-Wert= 0.228 W/(m<sup>2</sup>k)



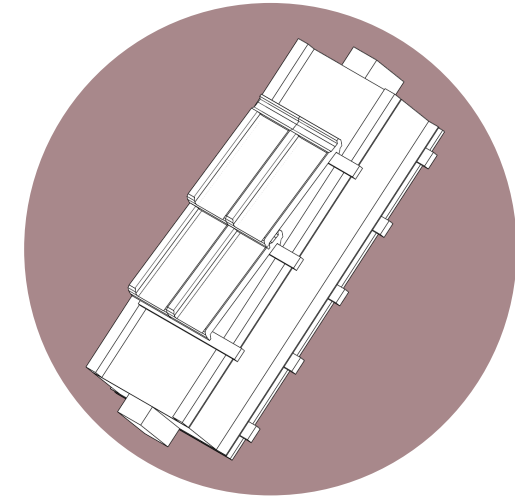
**Wandaufbau**

1. Holzvertäfelung | 15mm
2. Lattung&Konterlattung/Luftschicht | 40mm
3. Zementgebundene Spannplatte | 12mm
4. Feuchtevariable Dampfbremse | 0.5mm
5. Zellulose / Konstruktionsholz | 160mm
6. Fachwerk / Tuffstein Ausfachung | 160mm



Fassadenfläche= 235m<sup>2</sup>  
U-Wert= 0.233 W/(m<sup>2</sup>k)

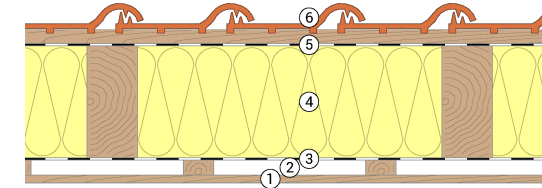
Verglasung (Dreifachverglasung | 53m<sup>2</sup>)  
U-Wert= 0.7 W/(m<sup>2</sup>k)  
g-Wert= 0.5



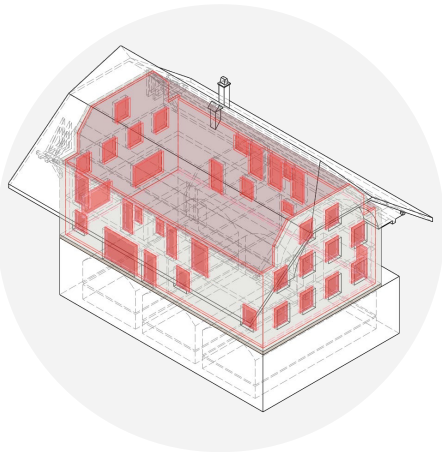
**Dachaufbau**

*keine Massnahmen notwendig*

1. Holzvertäfelung | 15mm
2. Lattung / Luftschicht | 30mm
3. Dampfbremse | 0.5mm
4. Balkenlage / Steinwolle | 220mm
5. Unterdachbahn | 0.5mm
6. Ziegel inkl. Lattung



Dachfläche= 190m<sup>2</sup>  
U-Wert= 0.208 W/(m<sup>2</sup>k)

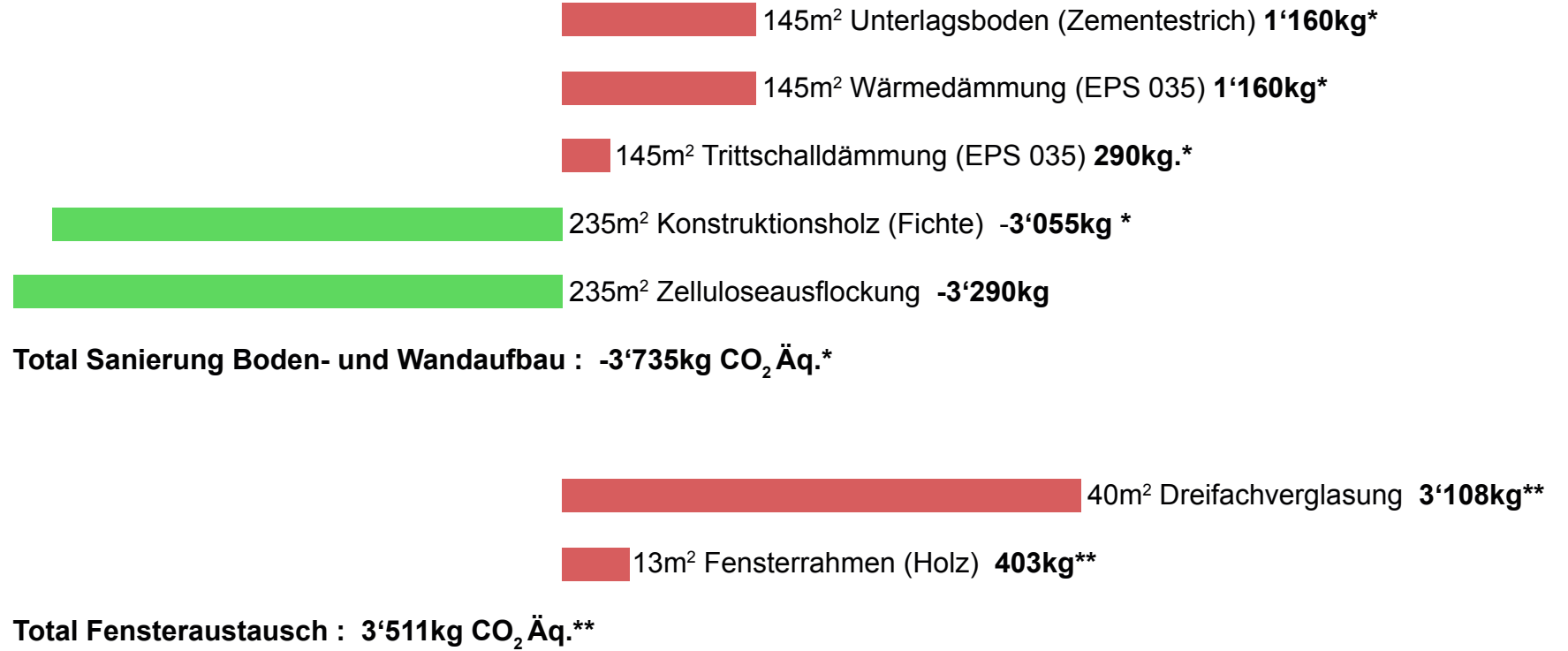


**EMISSIONEN  
BAUTEILE**



**Bemerkungen**

*Die pflanzlichen Baustoffe kompensieren die Treibhausgasemissionen der restlichen Baustoffe je nach Berechnungsmethode.*



\* Berechnungsmethode LCA: Beachte, dass Ubakus für die Bestimmung der Treibhausgasemissionen den „-1 / + 1“-Ansatz als Methode benutzt, welche in Deutschland und mittlerweile auch anderen Ländern angewendet wird.  
 \*\*Berechnungsmethode: KBOB, SIA. In der Schweiz wird der „0/0“ Ansatz oder „carbon neutral approach“ angewendet.

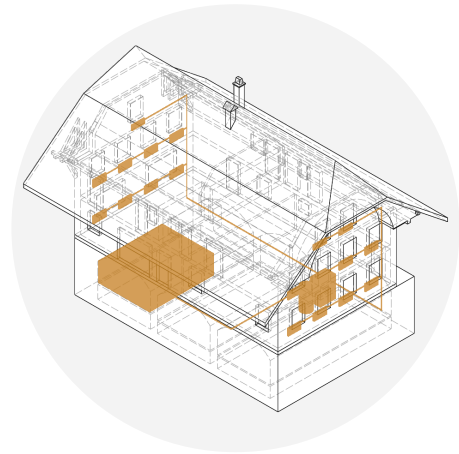
**THERMISCHER BEDARF  
SANIERT**



Heizwärmebedarf und Warmwasserwärmebedarf gemäss Formelsammlung (Excel-Tabelle), SIA 2028 und Standardwerten SIA 2024.

**Bemerkungen**

*Die Transmissionswärmeverluste konnten durch die Sanierung erheblich verringert werden, jedoch haben sich dadurch auch zwingenderweise die solaren Wärmeeinträge verringert.*



<b>Heizwärmebedarf</b>	$Q_H = Q_T + Q_V - \eta_g \cdot (Q_i + Q_s)$
Heizwärmebedarf	$[Q_H] = \text{Wh}$
Transmissionswärmeverluste	$[Q_T] = \text{Wh}$
Lüftungswärmeverluste	$[Q_V] = \text{Wh}$
Ausnutzungsgrad für Wärmegewinne	$[\eta_g] = -$
Interne Wärmeeinträge	$[Q_i] = \text{Wh}$
Solare Wärmeeinträge	$[Q_s] = \text{Wh}$

Auszug aus Formelsammlung

**$Q_H$  Jährlicher Heizwärme Bedarf: 16'000 kWh/a**

$Q_T = 16'000 \text{ kWh/a}$

$Q_V = 16'000 \text{ kWh/a}$

$\eta_g = \text{variabel}$

$Q_i = 12'000 \text{ kWh/a}$

$Q_s = 8'600 \text{ kWh/a}$

**$Q_w$  Warmwasserwärmebedarf Bedarf: 14'800 kWh/a**

**Thermischer Bedarf Gesamt: 30'800 kWh/a**

**: 400m<sup>2</sup> EBF = 77 kWh/m<sup>2</sup> pro EBF**

**ELEKTRISCHER BEDARF  
SANIERT**



Elektrizitätsbedarf gemäss Formelsammlung (Excel-Tabelle), und Standardwerten SIA 2024.

**Bemerkungen**

*Durch leicht verbesserte Geräte lässt sich der Elektrizitätsbedarf verringern. Die beiden Elektroautobatterien lassen den Bedarf steigen, ersetzen allerdings Verbrennungsmotoren und kommen uns beim Eigenverbrauch der erzeugten Solarstromenergie zugute.*

<b>Elektrizitätsbedarf</b>	$E = E_A + E_B + E_L + E_M$
Elektrizitätsbedarf	$[E] = Wh$
Elektrizitätsbedarf der Geräte	$[E_A] = Wh$
Elektrizitätsbedarf Beleuchtung	$[E_B] = Wh$
Elektrizitätsbedarf Lüftung	$[E_L] = Wh$
Elektrizitätsbedarf Mobilität	$[E_M] = Wh$

Auszug aus Formelsammlung

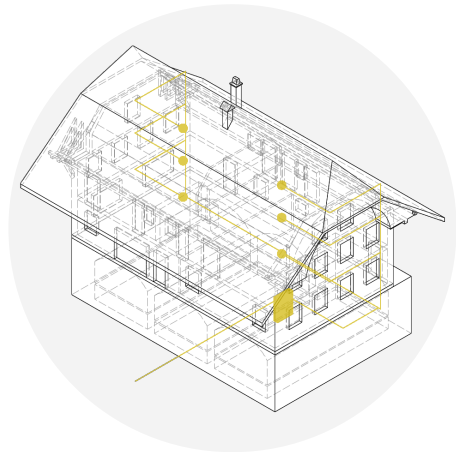
**E Jährlicher Elektrischer Bedarf: 11'200 kWh/a**

$E_A = 14 \text{ kWh/m}^2 \times 400\text{m}^2 = 5'600 \text{ kWh/a}$

$E_B = 4 \text{ kWh/m}^2 \times 400\text{m}^2 = 1'600 \text{ kWh/a}$

$E_M = 4'000 \text{ kWh/a}$  (zwei Elektroautobatterie)

**: 400m<sup>2</sup> EBF = 28 kWh/m<sup>2</sup> pro EBF**





## II. INTEGRATED DESIGN WORKFLOW

### **3** VERSORGUNGSANALYSE

- **Thermischer Ertrag**
- **Elektrischer Ertrag**
- **Treibhausgasemissionen Gebäudesysteme**

**THERMISCHER ERTRAG**

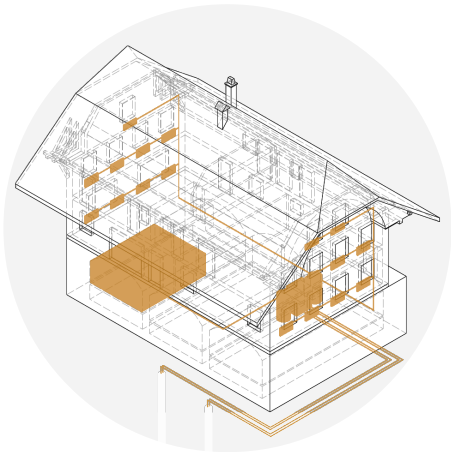
NEU



Gemäss Formelsammlung.

**Bemerkungen**

Die Ölheizung und die Holzschnitzelheizung sind als Verbrennungssysteme ungefähr gleich effizient, wobei der Brennwert des Öls höher ist und von daher weniger Masse benötigt. Bei der Wärmepumpe entfällt die Verbrennungsmasse, jedoch wird zusätzliche Exergie in Form von Elektrizität benötigt.



<b>Wärme durch Verbrennung</b>	$Q_{\text{nutz}} = \eta_v \cdot H \cdot m$
Wärme	$[Q_{\text{nutz}}] = \text{kWh}$
Effizienz des Verbrennungssystems	$[\eta_v] = -$
Heizwert	$[H] = \text{kWh/kg}$
Masse	$[m] = \text{kg}$

<b>Wärme/Kälte durch Wärmepumpe</b>	$Q_{\text{nutz}} = E \cdot COP = Q_{\text{Anergie}} + E$
Wärme/Kälte, nutzbar	$[Q_{\text{nutz}}] = \text{kWh}$
Strom (Exergie)	$[E] = \text{kWh}$
Leistungsziffer	$[COP] = -$
Wärme/Kälte aus Anergiequelle	$[Q_{\text{Anergie}}] = \text{kWh}$

Auszug aus Formelsammlung

**Ölheizung (Bestand):**

$Q_{\text{nutz}} = 30'800 \text{ kWh/a}$   
 $\eta_v = 0.9$   
 $H = 9.8 \text{ kWh/l (11.4 kWh/kg)}$   
 $m = 3'492 \text{ l (3'002 kg)}$

**Holzschnitzelheizung:**

$Q_{\text{nutz}} = 30'800 \text{ kWh/a}$   
 $\eta_v = 0.9$   
 $H = 4.0 \text{ kWh/kg}$   
 $m = 8'556 \text{ kg}$

**Sole-Wasser Wärmepumpe (alternative Variante):**

$Q_{\text{nutz}} = 30'800 \text{ kWh/a}$   
 $E = 6'844 \text{ kWh}$   
 $COP = 4.5$

**ELEKTRISCHER ERTRAG**  
NEU



Gemäss Formelsammlung und SIA 2028.

**Bemerkungen**

*Nutzen wir die Dachfläche Südwest mit herkömmlichen Aufdachmodulen erzielen wir einen deutliches plus an Strom als effektiv benötigt (Speicherungsprobleme nicht berücksichtigt).*

Solarstromertrag PV-Anlage	$E = G \cdot F_F \cdot A \cdot \eta_{PV} \cdot PR$
Stromertrag	$[E] = \text{kWh}$
Globalstrahlung auf horizontale Fläche	$[G] = \text{kWh/m}^2$
Faktor für Ausrichtung der Einstrahlungsebene	$[F_F] = -$
Fläche der PV-Module	$[A] = \text{m}^2$
Wirkungsgrad des PV-Moduls	$[\eta_{PV}] = -$
Systemwirkungsgrad / Performance Ratio	$[PR] = -$

Auszug aus Formelsammlung

**Strombezug vom Netz (Bestand)**

**E Solarstromertrag Photovoltaik Anlage Dach (neu): 19'092 kWh/a**

$G = 1'160 \text{ kWh/m}^2$

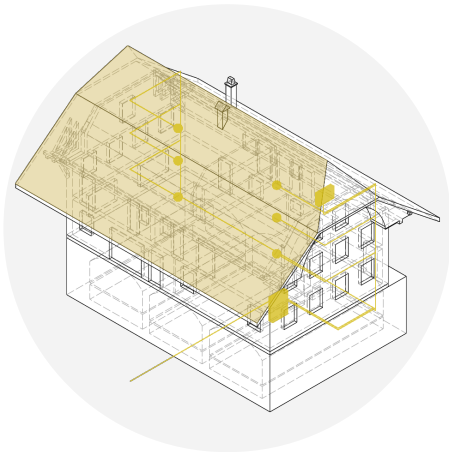
$F_F = 1.05$  (45° Südwest)

$A = 100\text{m}^2$

$\eta_{PV} = 0.209$  (Aufdach Modul)

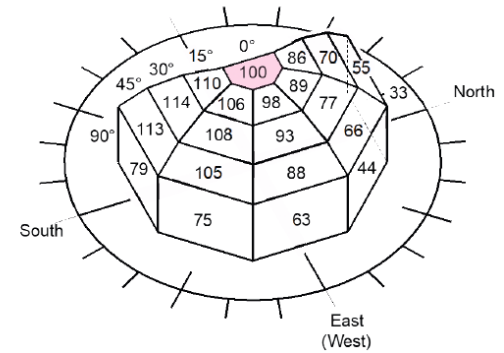
$PR = 0.75$

**: 400m<sup>2</sup> EBF = 47.73 kWh/m<sup>2</sup> pro EBF**



Bern-Liebfeld		Jan	Feb	Mar	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez	Jahr
Lufttemperatur, Mittelwert	°C	-0.1	1.3	5.3	8.1	13.2	16.1	18.4	18.4	13.9	9.6	3.9	1.2	9.1
Globalstrahlung, Summe	horizontal	118	181	335	420	546	594	624	544	373	230	122	91	4178
	E	75	116	204	244	305	329	348	316	213	126	67	54	2396
	S	201	252	337	285	284	270	305	343	324	271	179	153	3203
	W	88	126	204	228	281	306	332	297	220	145	80	64	2372
	N	48	65	99	119	161	181	182	145	98	67	41	35	1243
Niederschlag, Summe	mm	59	59	68	88	116	121	106	105	102	86	87	66	1063
Mischungsverhältnis, Mittelwert	g/kg	3.43	3.57	4.25	5.04	7.12	8.49	9.69	9.86	8.18	6.67	4.66	3.83	6.23
Absolute Feuchtigkeit, Mittelwert	g/m <sup>3</sup>	4.14	4.28	5.02	5.89	8.17	9.63	10.9	11.1	9.36	7.75	5.53	4.60	7.26

Auszug aus SIA 2028



**ELEKTRISCHER ERTRAG**  
ERTRAG VS. BEDARF



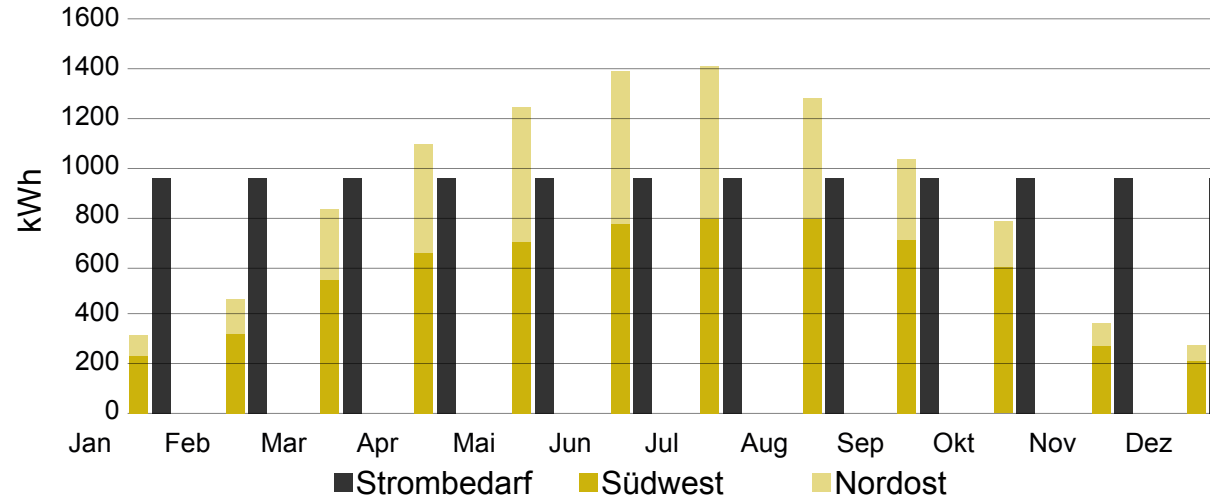
**Bemerkungen**

Mit der finalen Variante der Photovoltaikanlage mittels Solarziegel liegt der jährliche Stromertrag unter dem Bedarf. Trotzdem wird es durch die täglichen und saisonale Schwankungen nicht möglich sein diesen komplett im Eigenverbrauch zu nutzen.

Bei der Steigerung des Eigenverbrauchs im täglichen Bedarf gibt es eine Vielzahl an Strategien welche auch in kleinerem Masstab umsetzbar sind. Um hingegen die saisonalen Schwankungen auszugleichen bedarf es neuen Strategien.

Die Kombination eines auf dem Land allgegenwärtigen Silos mit einem Lastenspeicher könnte zusammen eine Ästhetik erzeugen welche die Energiewende sichtbar macht und sich langfristig, wie z.B. ein Strommasten, ins Landschaftsbild einfügt.

**Jährliche Deckung (Variante Solarziegel, siehe Integration)**



**Jährlicher Bedarf: 11'200 kWh**  
**Jährlicher Ertrag: 9'877 kWh**

**Monatlicher Bedarf: 933 kWh**

**Täglicher Bedarf: ca. 30 kWh**

**Massnahmen zur Steigerung Solastromeigenverbrauch**

**Täglicher Verbrauch**

- Ausrichtung der Module in mehrere Himmelsrichtungen (Südwest und Nordost)
- Zwei Elektroautobatterien
- Hausspeichersystem ca. 15 kWh (Tagesbedarf 30 kWh :2)
- Flexible Lasten durch neue elektrische Haushaltsgeräte

**Saisonaler Verbrauch (Vision)**

- Kombination Silooptik mit experimentellen Speichersystem (Gewicht).

Bsp. Kombination von der Optik der handelsüblichen Huber Silos mit dem experimentellen Stromspeichersystem der Universität Innsbruck, ein Auflastkolben wird in einem mit Wasser gefüllten Zylinder mittels einer Pumpe vertikal angehoben. Beim Absinken der Auflast wird eine Turbine angetrieben und die rückgewonnene Energie ins Netz gespeist.



Powertower Modellversuch  
Foto: Universität Innsbruck

Huber Silo auf Bauernhof

**EMISSIONEN**  
GEBÄUDESYSTEME



**Bemerkungen**

*Bei der Gegenüberstellung der Emissionen wird insbesondere im Betrieb deutlich wieso die Ölheizung ausgesorgt hat.*

*Erwartungsgemäss haben Anlagen wie die Wärmepumpe und die PV-Anlagen in der Erstellung erhöhte Emissionen.*

**Emissionen Erstellung\*\*:**

Thermischer Ertrag

**Ölheizung: 340 kg/a CO<sub>2</sub>Ä**

400m<sup>2</sup> x 0.85 kg CO<sub>2</sub> Äq / m = 340 kg CO<sub>2</sub> Äq  
: 400m<sup>2</sup> EBF = 0.85 kg/a CO<sub>2</sub> pro EBF

**Sole-Wasser Wärmepumpe: 13'900 kg CO<sub>2</sub>Äq**

1 Stk. = 1'930 kg CO<sub>2</sub> Äq  
300m x 39.90 kg CO<sub>2</sub> Äq / m = 11'970 kg CO<sub>2</sub> Äq  
: 400m<sup>2</sup> EBF = 34.75 kg/a CO<sub>2</sub> pro EBF

**Holzsnitzelheizung: 340 kg/a CO<sub>2</sub>Äq**

400m<sup>2</sup> x 0.85 kg CO<sub>2</sub> Äq / m = 340 kg CO<sub>2</sub> Äq  
: 400m<sup>2</sup> EBF = 0.85 kg/a CO<sub>2</sub> pro EBF



**Emissionen Betrieb\*\***

Thermischer Ertrag

**Ölheizung: 10'472 kg/a CO<sub>2</sub>Äq**

30'800 kWh/a x 0.34 kg CO<sub>2</sub> Äq  
: 400m<sup>2</sup> EBF = 26.18 kg/a CO<sub>2</sub> pro EBF

**Sole-Wasser Wärmepumpe: 1'540 kg/a CO<sub>2</sub>Äq**

30'800 kWh/a x 0.05 kg CO<sub>2</sub> Äq  
: 400m<sup>2</sup> EBF = 3.85 kg/a CO<sub>2</sub> pro EBF

**Holzsnitzelheizung: 616 kg/a CO<sub>2</sub>Äq**

30'800 kWh/a x 0.02 kg CO<sub>2</sub> Äq  
: 400m<sup>2</sup> EBF = 1.54 kg/a CO<sub>2</sub> pro EBF

Elektrischer Ertrag

**Strombezug vom Netz**

**Photovoltaik Anlage (Aufdach) 20'900 kg CO<sub>2</sub>Äq**

20.9 kWp x 1'000 kg CO<sub>2</sub> Äq pro kWp  
: 400m<sup>2</sup> EBF = 52.25 kg/a CO<sub>2</sub> pro EBF

**Photovoltaik Anlage (Solarziegel) 13'280 kg CO<sub>2</sub>Äq**

13.28 kWp x 1'000 kg CO<sub>2</sub> Äq pro kWp  
: 400m<sup>2</sup> EBF = 33.2 kg/a CO<sub>2</sub> pro EBF



Elektrischer Ertrag

**Strombezug vom Netz 1'456 kg/a CO<sub>2</sub>Äq**

11'200 kWh/a x 0.13 kg CO<sub>2</sub> Äq  
: 400m<sup>2</sup> EBF = 3.64 kg/a CO<sub>2</sub> pro EBF

**Photovoltaik Anlage (Aufdach) -661.96 kg/a CO<sub>2</sub>Äq**

Strombezug 2'800 kWh/a x 0.13 kg CO<sub>2</sub> Äq = 364 kg/a CO<sub>2</sub>Äq  
Stromabgabe 7'892 kWh/a x -0.13 kg CO<sub>2</sub> Äq = -1'025.96 kg/a CO<sub>2</sub>Äq  
: 400m<sup>2</sup> EBF = -1.65 kg/a CO<sub>2</sub> pro EBF

**Photovoltaik Anlage (Solarziegel) 172 kg/a CO<sub>2</sub>Äq**

Strombezug 2'800 kWh/a x 0.13 kg CO<sub>2</sub> Äq = 364 kg/a CO<sub>2</sub>Äq  
Stromabgabe 1'477 kWh/a x -0.13 kg CO<sub>2</sub> Äq = -192 kg/a CO<sub>2</sub>Äq  
: 400m<sup>2</sup> EBF = 0.43 kg/a CO<sub>2</sub> pro EBF

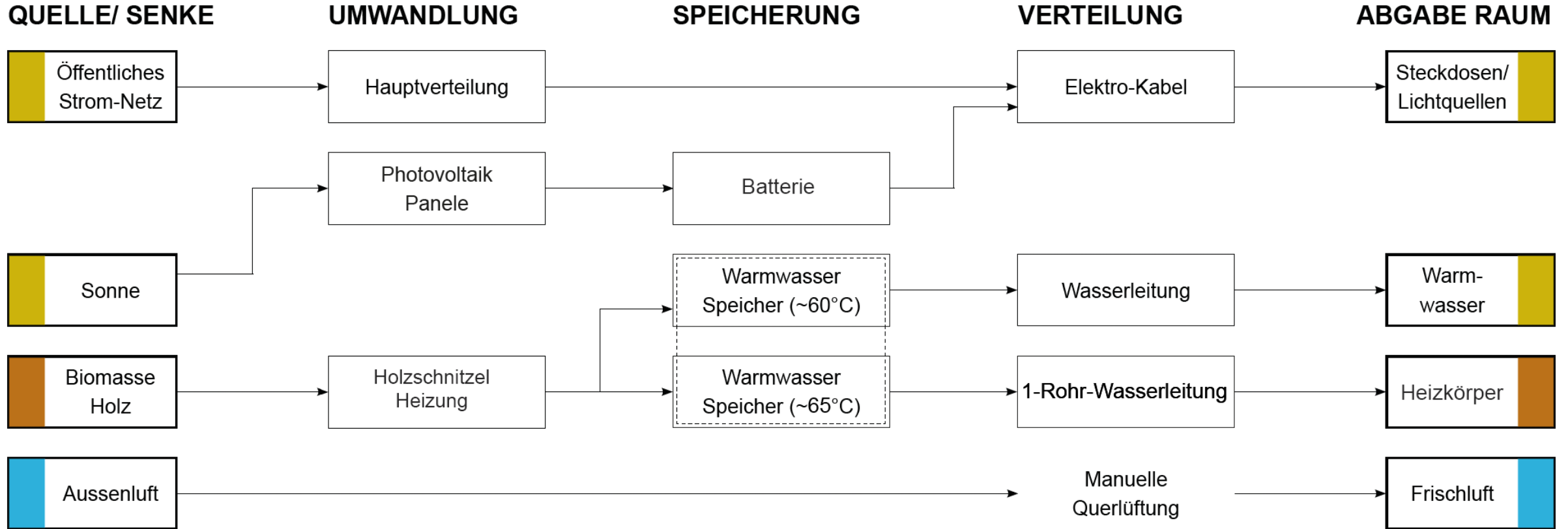
## II. INTEGRATED DESIGN WORKFLOW



### INTEGRATION UND DARSTELLUNG

- Systemkette neu
- Integration Photovoltaik

# SYSTEM-KETTE



INTEGRATION  
PHOTOVOLTAIK



SOLARZIEGEL VARIANTE

Photovoltaik Anlage Dach

Globalstrahlung auf hor. Fläche: 1'160 kWh/m<sup>2</sup>  
Faktor Ausrichtung: 1.05 Südwest | 0.66 Nordost  
Fläche PV: 40m<sup>2</sup> Südwest | 40m<sup>2</sup> Nordost

Wirkungsgrad PV Modul: 0.166\*

\* Solarziegel M45-10 Terracotta

Performance Ratio: 0.75

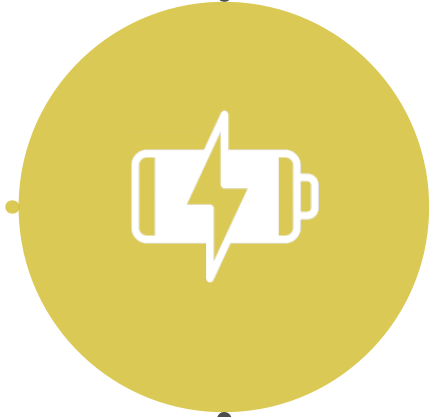
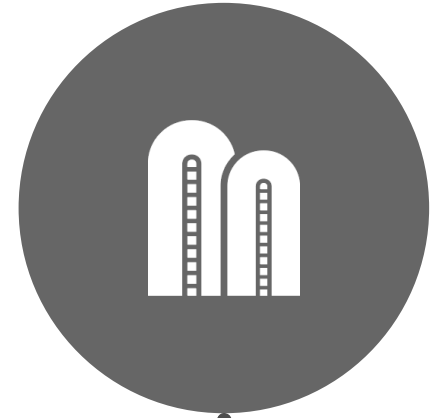
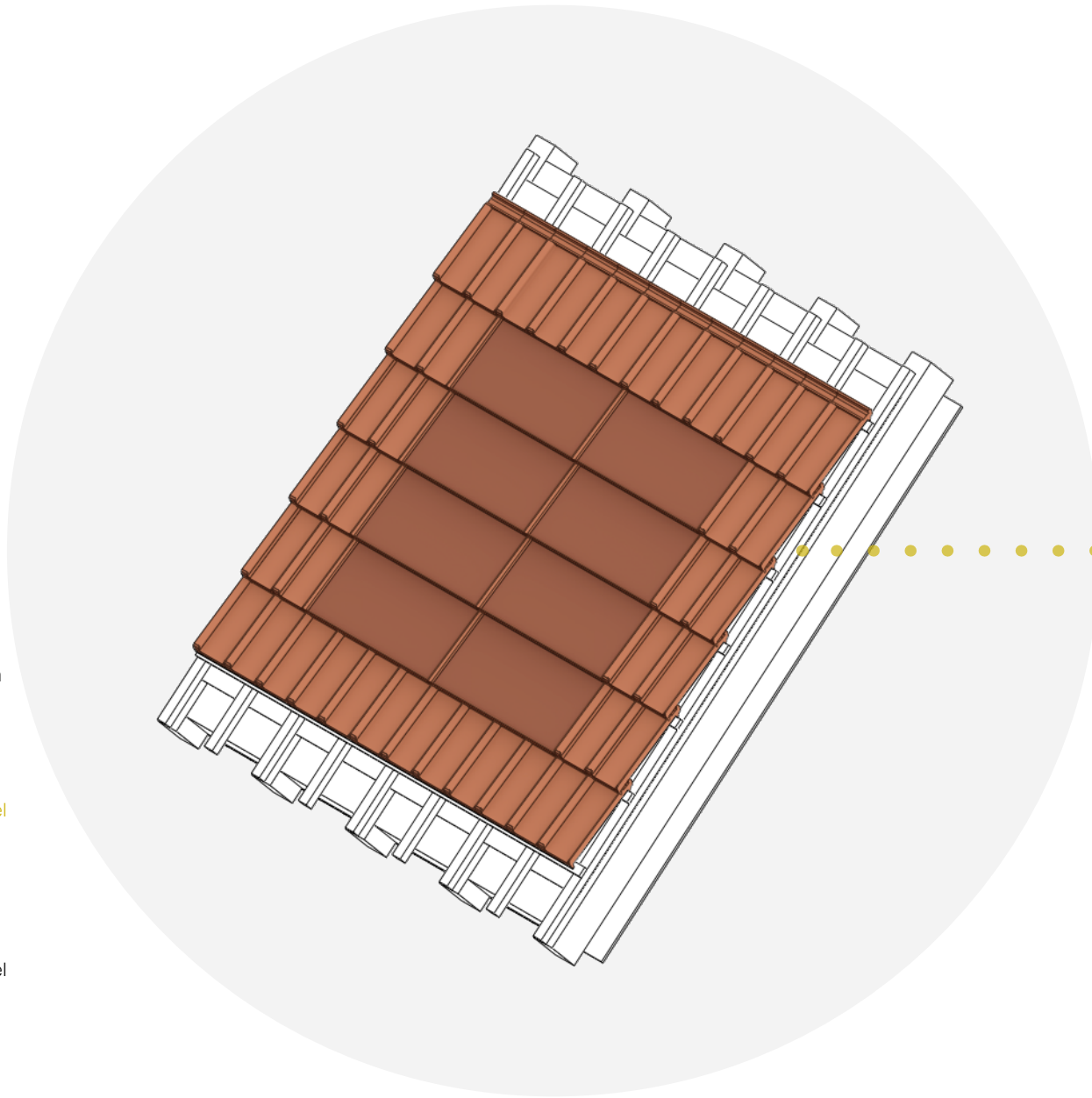
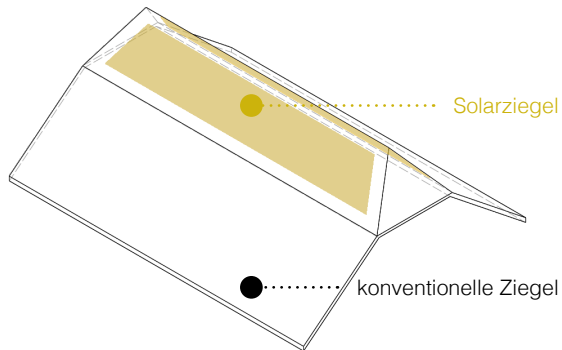
Elektrischer Ertrag: 9'877 kWh/a

6'065 kWh/a Südwest | 3'812 kWh/a Nordost

24.69 kWh/a pro m<sup>2</sup> EBF

GRUNDSATZVORSCHLAG

Integration Photovoltaik in die Baugruppe  
Belegung der, in der Baugruppe Herrenschwanden vielfach  
vorhandenen, Krüppelwalmdächer im oberen Bereich der  
Dachfläche mit Solarziegel und im untern mit konventionellen  
Ziegeln



siehe Ertrag vs. Bedarf  
saisonaler Verbrauch (Vision)



**PROJEKT**

Schmitte Herrenschwanden

**ARCHITEKTUR**

unbekannt

**TYPOLOGIE**

Schmiede und Wohngebäude

**BAUJAHR**

Erstellung: 1841

*Inschrift (nachträgliche?)*

*Unterkellerung*

Sanierung: letztmals 2011

*Ziegel und Aussenputz*

**ENERGETISCHE ECKDATEN**

	Total	
➤ <b>Thermischer Energiebedarf</b>	<b>30'800 kWh/a</b>	<b>77 kWh/a pro m<sup>2</sup> EBF</b>
Heizung (Holzschnitzelheizung)	16'000 kWh/a	40 kWh/a pro m <sup>2</sup> EBF
Kühlung	- kWh/a	- kWh/a pro m <sup>2</sup> EBF
Warmwasser (Holzschnitzelheizung)	14'800 kWh/a	37 kWh/a pro m <sup>2</sup> EBF
➤ <b>Elektrischer Energiebedarf</b>	<b>11'200 kWh/a</b>	<b>28 kWh/a pro m<sup>2</sup> EBF</b>
Lüftung (natürlich)	- kWh/a	- kWh/a pro m <sup>2</sup> EBF
Geräte, Beleuchtung, Mobilität	11'200 kWh/a	28 kWh/a pro m <sup>2</sup> EBF
➤ <b>Elektrischer Energieertrag</b>	<b>9'877 kWh/a</b>	<b>24.69 kWh/a pro m<sup>2</sup> EBF</b>
Photovoltaik Anlage (Solarziegel)	9'877 kWh/a	24.69 kWh/a pro m <sup>2</sup> EBF

**PROJEKT**

Schmitte Herrenschwanden

**ARCHITEKTUR**

unbekannt

**TYOLOGIE**

Schmiede und Wohngebäude

**BAUJAHR**

Erstellung: 1841

*Inscription (nachträgliche?)*

*Unterkellerung*

Sanierung: letztmals 2011

*Ziegel und Aussenputz*

**TREIBHAUSGASEMISSIONEN**

	Total CO <sub>2</sub> Äq.	
<b>Erstellung</b>	<b>13'396 kg</b>	<b>33.49 kg/m<sup>2</sup> EBF</b>
Gebäudestruktur		
- Sanierung Boden- und Wandkonstruktion*	-3'735 kg	-9.34 kg/m <sup>2</sup> EBF
- Fensteraustausch**	3'511 kg	8.78 kg/m <sup>2</sup> EBF
Gebäudesysteme**		
- Holzschnitzelheizung	340 kg	0.85 kg/m <sup>2</sup> EBF
- Photovoltaik Anlage (Solarziegel)	13'280 kg	33.2 kg/m <sup>2</sup> EBF
<b>Betrieb**</b>	<b>788 kg</b>	<b>1.97 kg/m<sup>2</sup> EBF</b>
Holzschnitzelheizung	616 kg	1.54 kg/m <sup>2</sup> EBF
Photovoltaik Anlage (Solarziegel)		
- Strombezug vom Netz (2'800kWh/a)	364 kg	0.91 kg/m <sup>2</sup> EBF
- Stromabgabe ans Netz (1'477 kWh/a)	-192 kg	-0.48 kg/m <sup>2</sup> EBF

\* Berechnungsmethode LCA: Beachte, dass Ubakus für die Bestimmung der Treibhausmissionen den „-1 / + 1“-Ansatz als Methode benutzt, welche in Deutschland und mittlerweile auch anderen Ländern angewendet wird.

\*\*Berechnungsmethode: KBOB, SIA. In der Schweiz wird der „0/0“ Ansatz oder „carbon neutral approach“ angewendet.