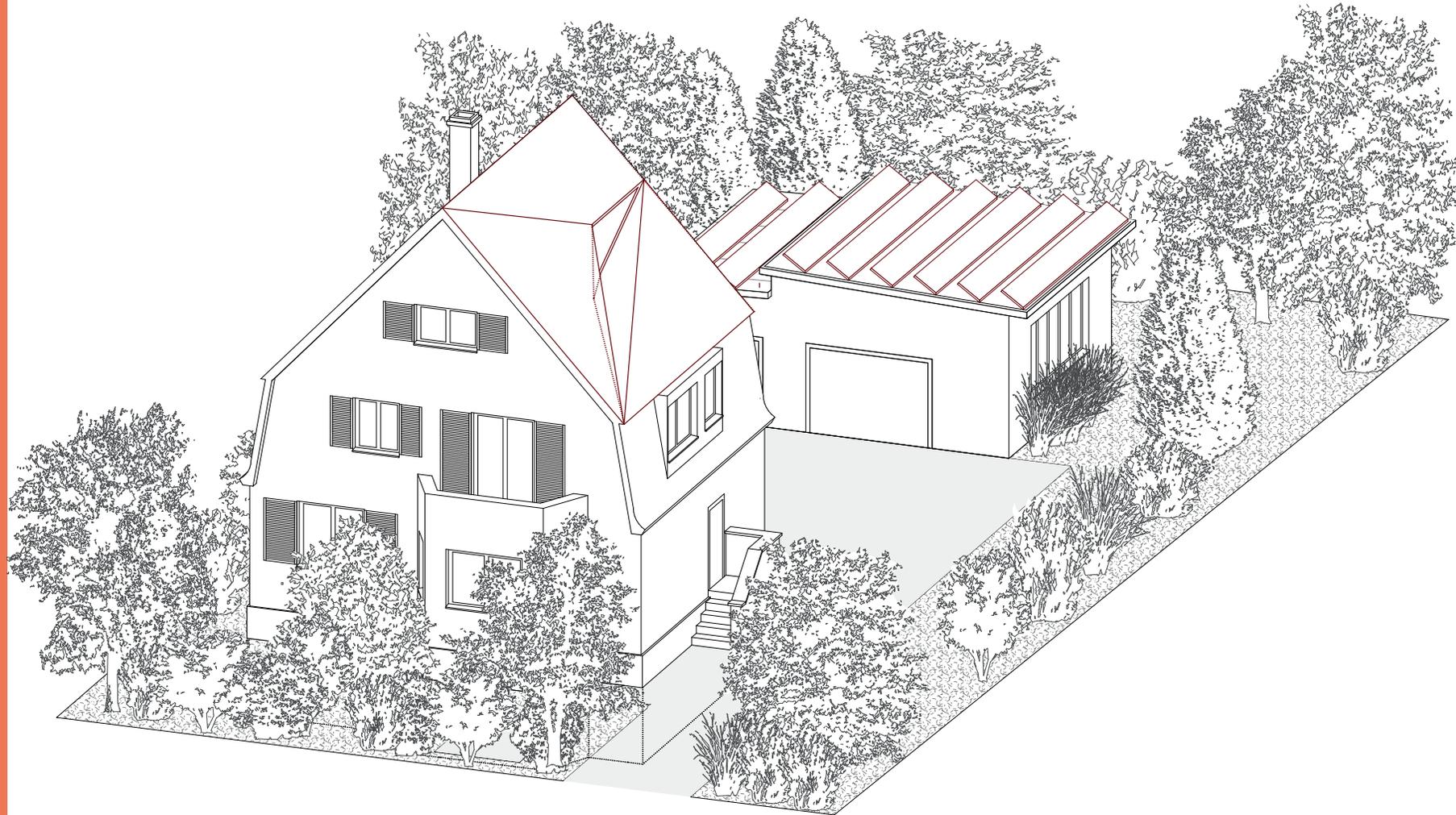


FALLSTUDIE

SOLARTHERMISCHE GAUBE



PROJEKT

Einfamilienhaus
Muttenz, Basel-Land

ARCHITEKTUR

Grauwiler Architekten

TYOLOGIE

Wohnen

BAUJAHR

Erstellung: 1929
Sanierung Fenster: 1997
Sanierung Dach: 2000

ZIELE

- *Sanierung*
Nachhaltig energetische Sanierung des freistehenden Hauses.
- *Energiegewinnung*
Decken eines maximalen Anteils von Warmwasser und Strom mittels solaren Gewinnen.
- *Speicherung*
Umnutzung des bestehenden Öltanks zur Speicherung von Heizwasser.

I. AUSGANGSLAGE

- ▶ Standort
- ▶ Impressionen
- ▶ Pläne

STANDORT
Brühlweg 34,
MuttENZ (CH)



IMPRESSIONEN

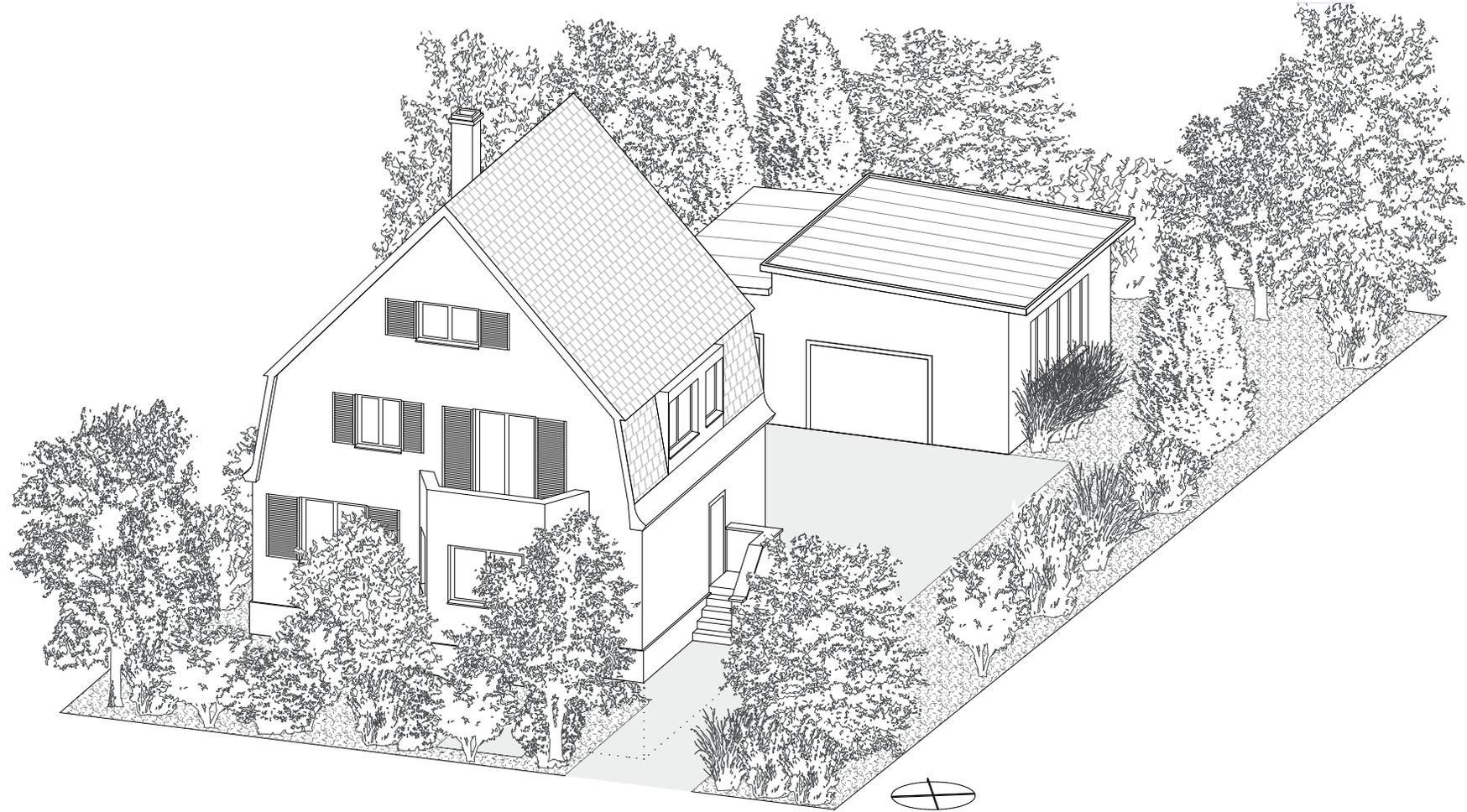
Links: Süd- & Westfassade
Rechts: Nordfassade

Das Haus befindet sich in der Gemeinde Muttenz in der Agglomeration von Basel. Es handelt sich um einen Typus, welcher in den 1930-er Jahren mehrfach nach denselben Plänen gebaut wurde.

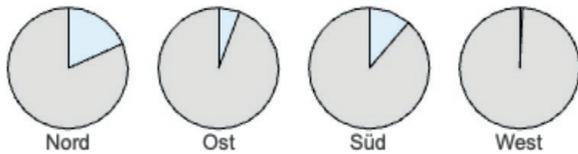


PLÄNE

Das 3-geschossige Gebäude liegt leicht zurückversetzt zur Strasse. Im hinteren Teil der Parzelle befindet sich eine Garage sowie ein Abstellbereich (Schopf). Das Satteldach ist Nordwest/Südost ausgerichtet. Diverse Büsche und Bäume säumen die Parzellengrenze.



Fensteranteil/ Fassade



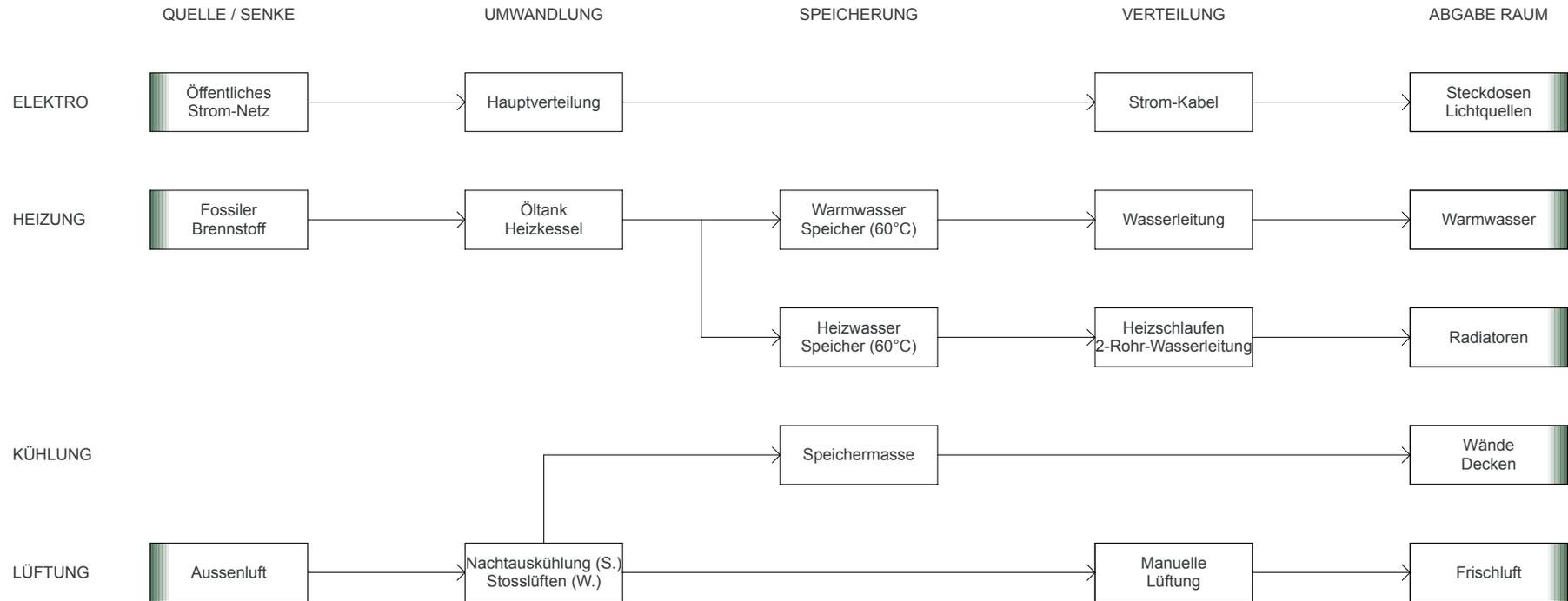
PLÄNE

Eine Ölheizung erzeugt Warmwasser sowie Heizwasser, dessen Tank sich im Untergeschoss befindet. Der jährliche Verbrauch liegt bei ca. 3`000 Liter Heizöl. Das Haus ist bis auf das marginal isolierte Dach ungedämmt. Die Aussen- und Innenwände bestehen aus massivem Mauerwerk.



Volumenberechnung beheizt

DG	81.5 m3	37 m2
1 OG	166 m3	54.5 m2
EG	170 m3	61.5 m2
Total	417.5 m3	153 m2



II. INTEGRATED DESIGN WORKFLOW

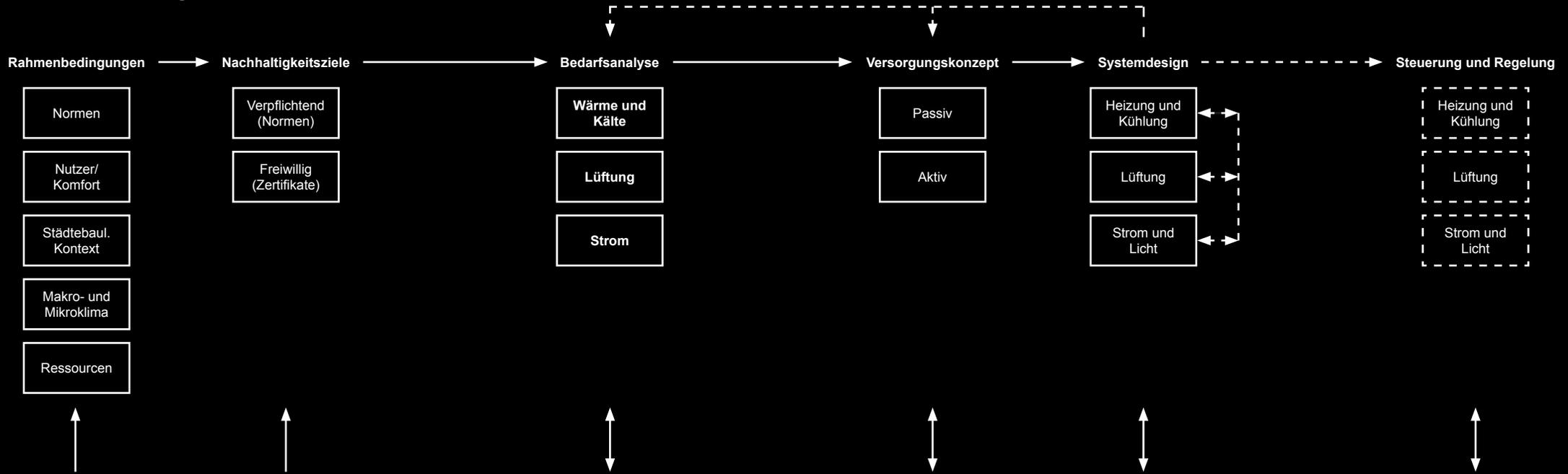


1
Klima-, Komfort-,
Potentialanalyse und
Nachhaltigkeitsziele

2
Bedarf

3
Versorgung

4
Integration und
Darstellung



II. INTEGRATED DESIGN WORKFLOW

1

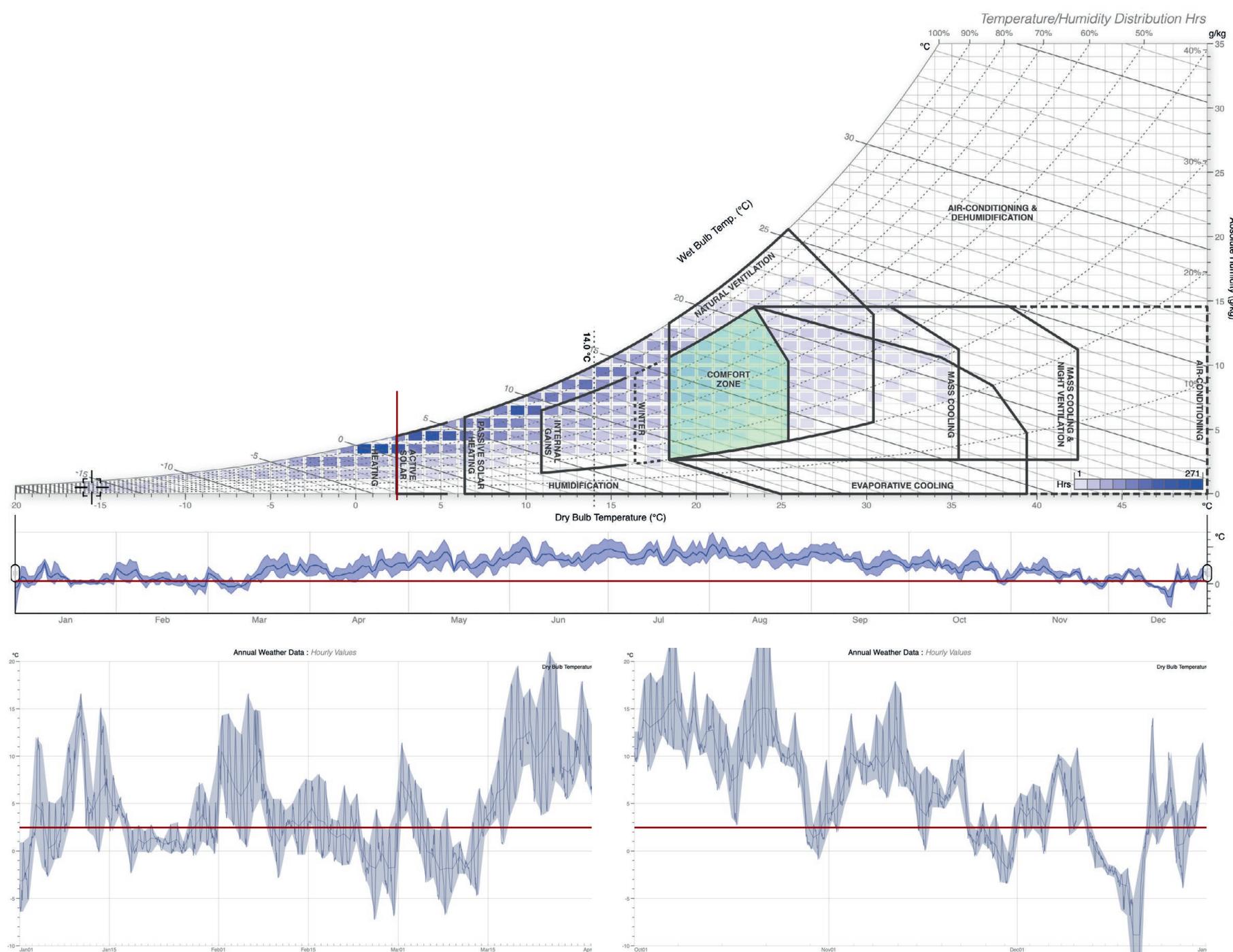
KLIMA-, KOMFORT-, POTENTIALANALYSE UND NACHHALTIGKEITSZIELE

- Wetterdaten und lokale Klimaaanalyse
- Potentialanalyse
- Nachhaltigkeitsziele

KLIMAANALYSE

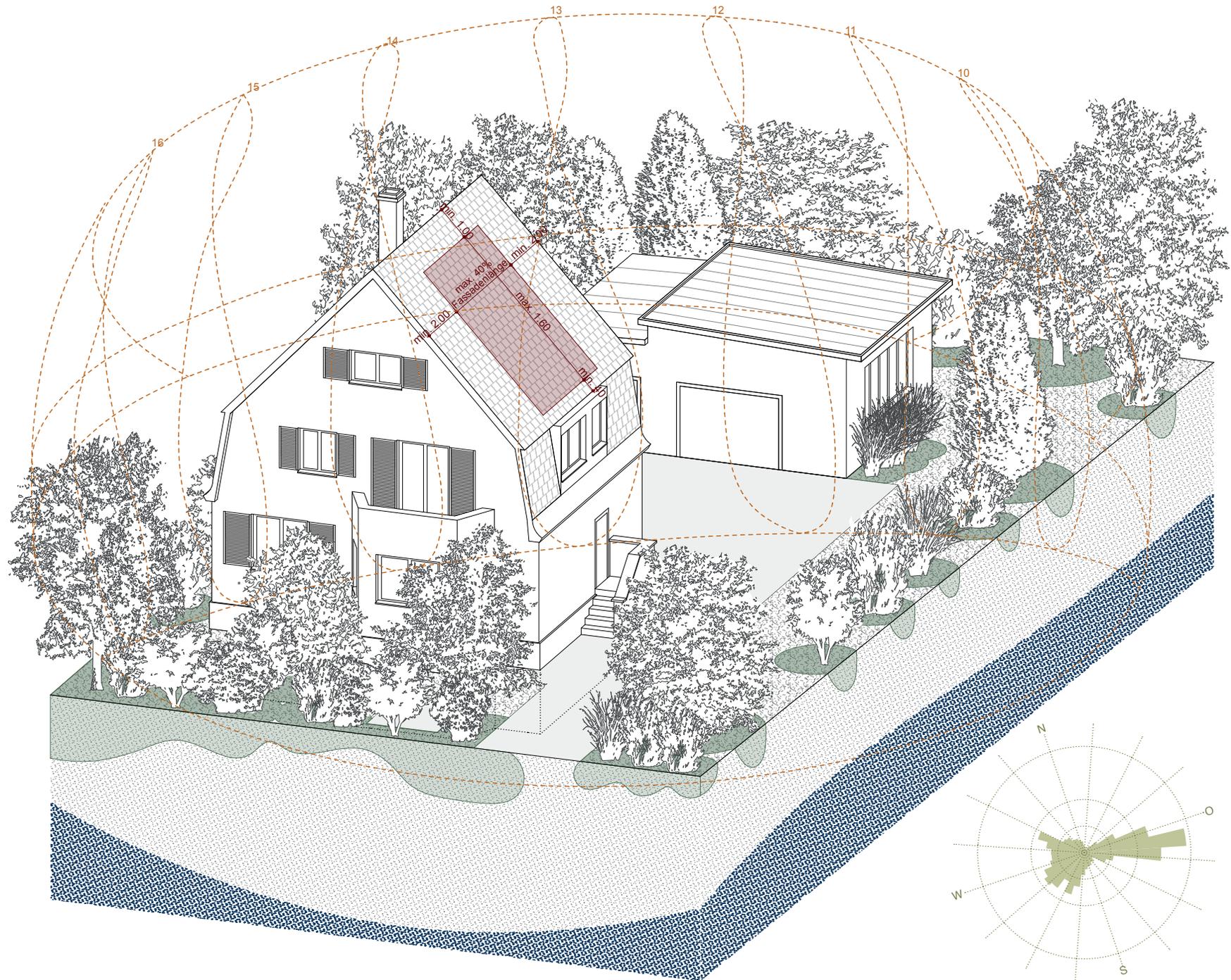
Das Psychrometric Chart nach Andrew Marsh zeigt, dass bei einer durchschnittlichen Aussen-temperatur von 14° Celsius u.a. mit der Bauteilmasse gekühlt werden kann. Ferner kann bis auf wenige Stunden im Jahr das Haus mit Solarthermie geheizt werden. Betrachten wir den Temperaturverlauf des Ortes, so wird ersichtlich, dass nur an wenigen Tagen die Temperatur unter - 5° Celsius beträgt.

*Quelle: Andrew Marsh



POTENTIALANALYSE

Das Grundstück befindet sich in einer Grundwasserschutzzone, welche Erdsonden verbietet. Ferner eignet sich ein Erdregister aufgrund der vielen Wurzeln in den Grünflächen nur bedingt. Gemäss dem Geoportal ist kein regelmässiger Wind vorhanden. Verschattungen durch die Nachbargebäude sind durch die existierenden Grenzabstände nicht möglich.



*Quelle: Geoportal Baselland

NACHHALTIGKEITSZIELE

Die Ausrichtung des Satteldaches beinhaltet - nach Angabe von Sonnendach.ch - ein hohes Potential.

Durch Einhalten der Bauvorschriften ist es möglich, die Dachfläche um 25% in ihrer Grösse zu erweitern. Nebst der energetischen Sanierung soll die Erweiterung der Dachfläche mittels Nutzung der Solarthermie helfen, einen möglichst grossen Anteil an Warm- und Heizwasser zu decken.

*Quelle: Sonnendach.ch



+ 25 Dachfläche nach Südosten



Brühlweg 34
4132 MuttENZ

Suitability: Very high



CNES, Spot Image, swiss



Solar radiation onto your roof

1'219 kWh/m²

Average solar radiation per annum

63'375 kWh

Total solar radiation per annum

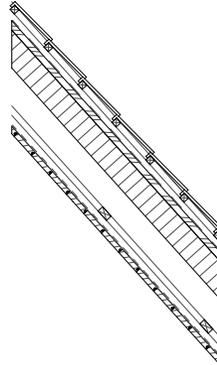


II. INTEGRATED DESIGN WORKFLOW

2 BEDARFSANALYSE

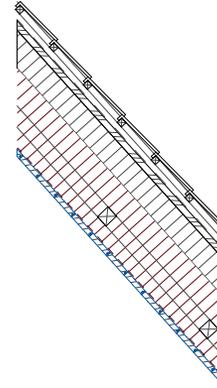
- **U-Werte**
- **Treibhausgaspotential**
- **Energiebedarf**

BESTAND



DACHAUFBAU	392 mm	0.33 W/m²K
Tonziegel	15 mm	
Querlattung	30 mm	
Hinterlüftungsebene	30 mm	
Abdichtung	5 mm	
Unterdach	30 mm	
Sparen	200 mm	
Mineralwolle	100 mm	
Konstruktionslattung	50 mm	
PE - Folie		
Täfer (Nut & Feder)	21 mm	

SANIERUNG

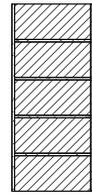


DACHAUFBAU Nordwest	437 mm	0.14 W/m²K
Tonziegel	15 mm	
Querlattung	30 mm	
Hinterlüftungsebene	30 mm	
Abdichtung	5 mm	
Unterdach	30 mm	
Sparen	200 mm	
Mineralwolle	100 mm	
Zellulose	150 mm	
Konstruktionslattung		
Zellulose	110 mm	
PE - Folie	50 mm	
Täfer (Nut & Feder)	21 mm	

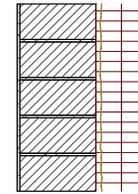
U- WERTE

Das Gebäude ist bis auf das Dach ungedämmt. Die Fenster, deren U-Wert von 1.1W/m²K ist, werden beibehalten. Für die energetische Sanierung orientieren sich die Ziele an den U-Werten der SIA 2028.

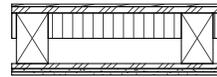
Unterirdisch wird die Dämmung raumseitig angebracht, um das Ausgraben des Hauses zu vermeiden. Die Konstruktionen sind bis auf den Boden aufgrund des drückenden Wassers diffusions-offen gedacht.



WAND OBERGESCHOSSE	335 mm	1.33 W/m²K
Gipsglattstrich	5 mm	
Grundputz	10 mm	
Mauerwerk	300 mm	
Aussenputz	20 mm	



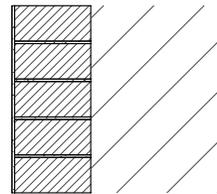
WAND OBERGESCHOSSE	528 mm	0.16 W/m²K
Gipsglattstrich	5 mm	
Grundputz	10 mm	
Mauerwerk	300 mm	
Aussenputz	20 mm	
Holzfaserdämmplatte	100 mm	
Holzfaserdämmplatte	100 mm	
Grundputz	10 mm	
Kalkfeinputz	3 mm	



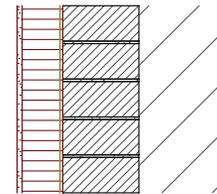
BODENAUFBAU UG - EG	288 mm	0.26 W/m²K
Parkett	10 mm	
Holzwerkstoffplatte	30 mm	
Balken	200 mm	
Holzwerkstoffplatte	30 mm	
Gipskartonplatten	18 mm	



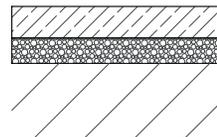
BODENAUFBAU UG - EG	298 mm	0.20 W/m²K
Parkett	10 mm	
Holzwerkstoffplatte	30 mm	
Balken	200 mm	
Holzwerkstoffplatte	30 mm	
Gipskartonplatten	18 mm	



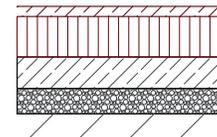
WAND UNTERGESCHOSS	310 mm	1.53 W/m²K
Grundputz	10 mm	
Mauerwerk	300 mm	
Erdreich		



WAND UNTERGESCHOSS	490 mm	0.18 W/m²K
Lehm Oberputz	10 mm	
Lehm Unterputz	10 mm	
Steinwolle	160 mm	
Grundputz	10 mm	
Mauerwerk	300 mm	
Erdreich		



BODENAUFBAU UNTERGESCHOSS	240 mm	2.94 W/m²K
Magerbeton	140 mm	
Sauberkeitsschicht	100 mm	



BODENAUFBAU UNTERGESCHOSS	240 mm	0.19 W/m²K
Anhydritestrich	40 mm	
Schaumglas	180 mm	
Magerbeton	140 mm	
Sauberkeitsschicht	100 mm	

TREIBHAUSGASPOTENTIALE

Betrachten wir den CO₂-Ausstoss für den Bestand, so wird ersichtlich, dass primär das Mauerwerk einen erheblichen Ausstoss produzierte. Für die energetische Sanierung werden primär nur Materialien verwendet, welche CO₂ während ihrer Lebenszeit binden. Spannend ist der Vergleich des CO₂-Ausstosses des Betriebes mit der jetzigen Energieversorgung und dem gespeicherten CO₂ für die Herstellung der Materialien.

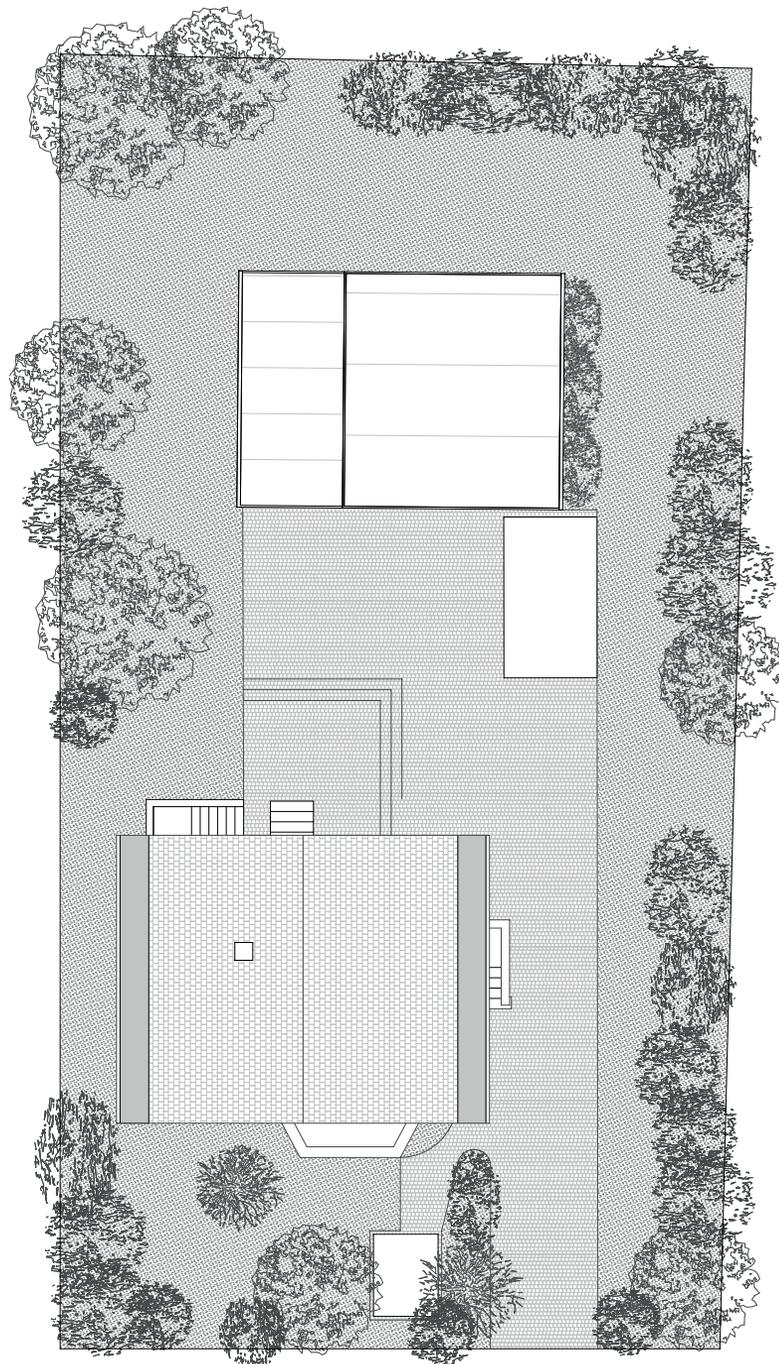
*Quelle: ubakus



ENERGIEBEDARF

Durch die Erweiterung des Dachgeschosses wird die Energiebezugsfläche um 20m² grösser. Die Werte für den Warmwasserbedarf und den Stromverbrauch richten sich nach den Empfehlungen der SIA 2028. Zusätzlich zum elektrischen Bedarf wurde noch ein Elektroauto hinzugefügt, welches die jährlich gefahrenen Strecken der Bewohner deckt.

*Quelle: SIA 2028



ECKDATEN

Personenbelegung: 3 Personen

Energiebezugsflächen & -Volumen:

3 Obergeschoss	38 m ³	20 m ²
2 Obergeschoss	81.5 m ³	37 m ²
1 Obergeschoss	166 m ³	54.5 m ²
Erdgeschoss	170 m ³	361.5 m ²
Total	455.5 m³	173 m²

DIMENSIONIERUNG BOILER

$$35 \text{ l/d} \times 3 \times 3\text{d} = 315 \text{ l}$$

$$V_w \times P \times T = V \quad (\text{Kennwerte aus SIA 2028})$$

ENERGIEBEDARF THERMISCH

Warmwasser:	13.5 kWh/m ²	x 173 m ²	= 2'335.5 kWh
Heizung:			= 9'420 kWh
Kühlung:			= 0
Total			= 11'755.5 kWh = 68 kWh/m²

ENERGIEBEDARF STROM

Geräte:	14 kWh/m ²	x 173 m ²	= 2'422 kWh
Beleuchtung:	4 kWh/m ²	x 173 m ²	= 692 kWh
Lüftung:			= 0
Mobilität:	0.2kWh/m ²	x 1 (Auto) x 14'000km	= 2'800 kWh
Total			= 5'914 kWh = 34 kWh/m²

II. INTEGRATED DESIGN WORKFLOW

3 VERSORGUNGSANALYSE

- **Heizwärmebedarf, Solare- und interne Gewinne**
- **Strom- und Warmwasserertrag**
- **Heizwasserspeicher**
- **Vergleich Bedarf und Ertrag**

HEIZWÄRMEBEDARF & SOLARE / INTERNE GEWINNE

Mittels der energetischen Nachrüstung kann der Heizwärmebedarf um 71.5% reduziert werden. Somit liegt der Wärmebedarf pro Jahr bei 9`420 kWh.

Betrachten wir die Verteilung der Wärmeverluste der Sanierung, wird ersichtlich, dass über die Hälfte der Wärme durch das Lüften verloren geht. Dies kann durch das Lüftungsverhalten der Bewohner weiter reduziert werden.

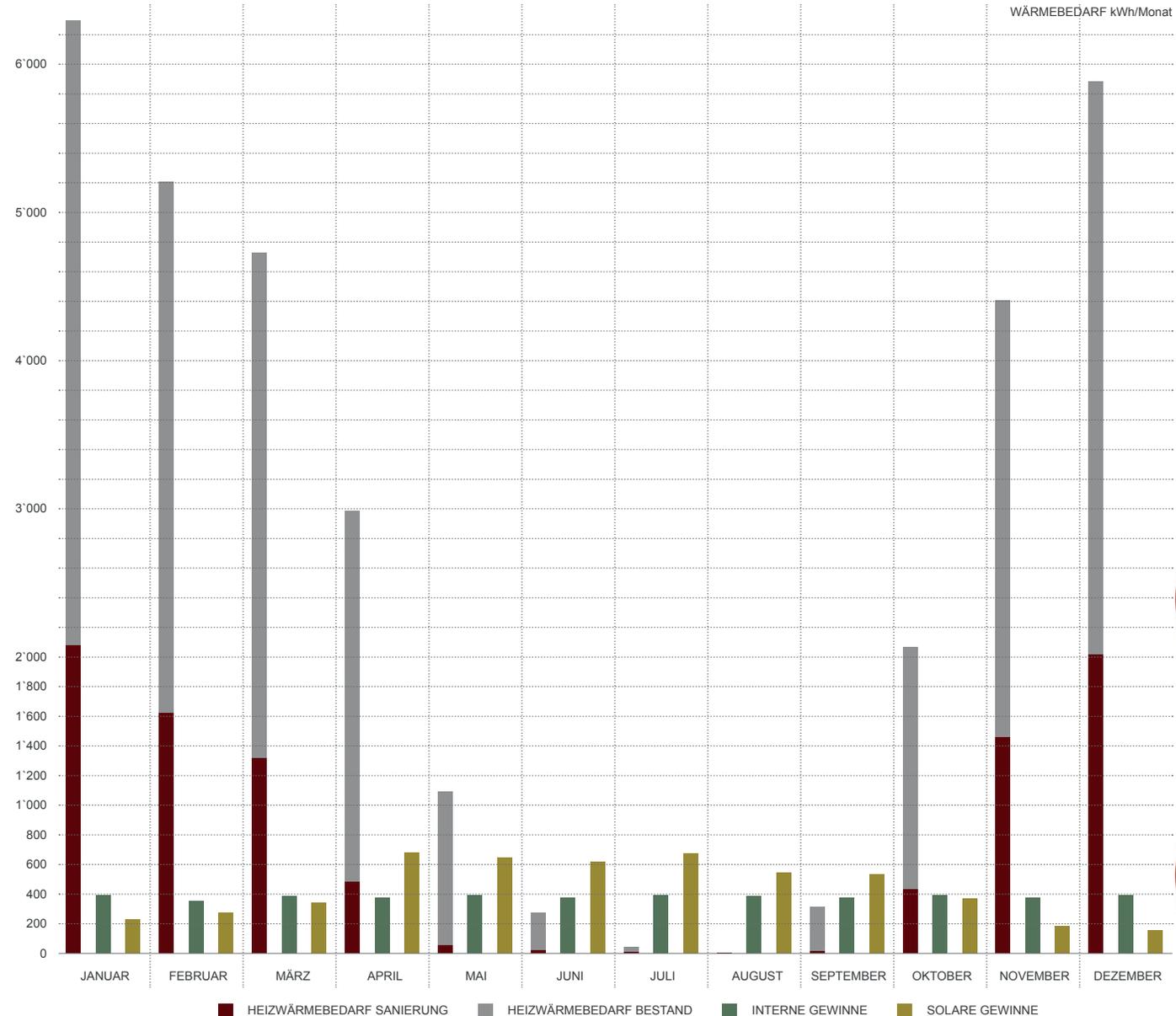
*Quelle: ubakus

33`256 kWh/a
217.5 kWh/a_{/m2 EBF}

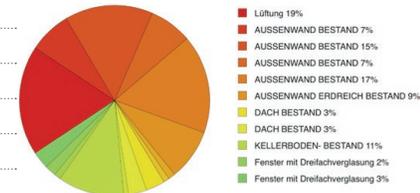
Reduktion um 71,5%

Reduktion um 75%

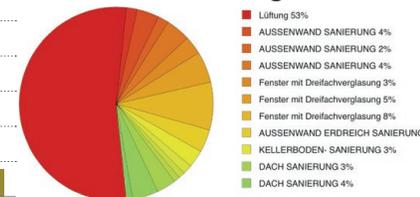
9`420 kWh/a
54.5 kWh/a_{/m2 EBF}

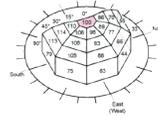


Verteilung Wärmeverluste Bestand



Verteilung Wärmeverluste Sanierung



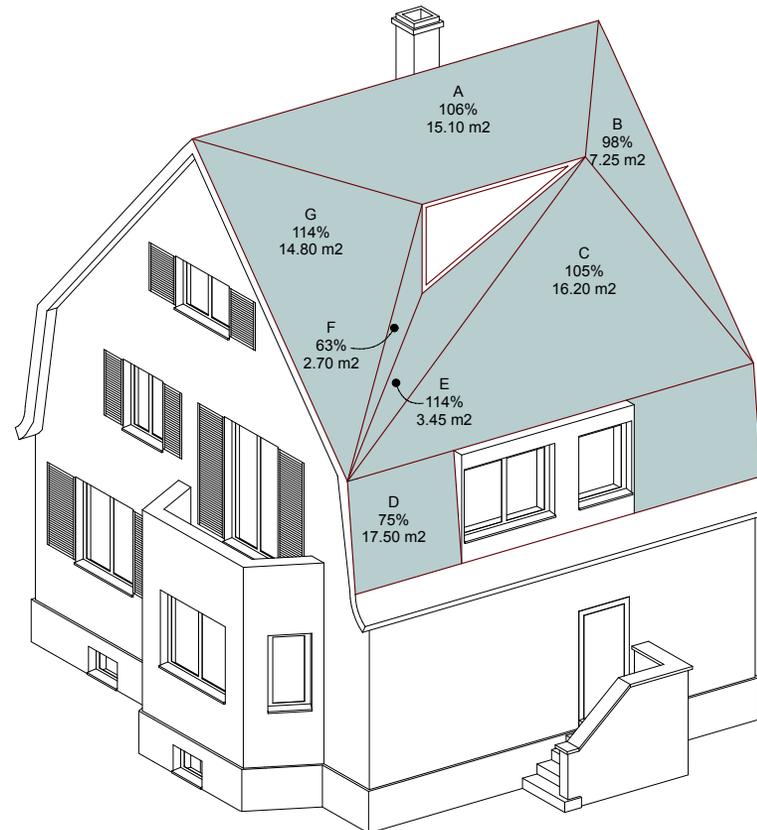


OST: 2304 MJ/m² / 3.6 = 640 kWh/m²
 SÜDEN: 3133 MJ/m² / 3.6 = 870 kWh/m²
 SÜD/OST: (gemittelter wert) = 755 kWh/m²

HEIZWASSERERTRAG

Der Heiz- und Warmwasserbedarf kann durch die thermische Nutzung des Dachaufbaus über das Jahr gedeckt werden. Betrachten wir jedoch den Januar mit einer geringen Globalstrahlung, so können die solaren und internen Gewinne sowie die Kollektoren des Daches nur 75.5% des Wärmebedarfs decken. Die restlichen 24.5% an Heiz- und Warmwasserbedarf muss eine Luftwärmepumpe decken.

*Quellen: SIA 2028 | Case Studies



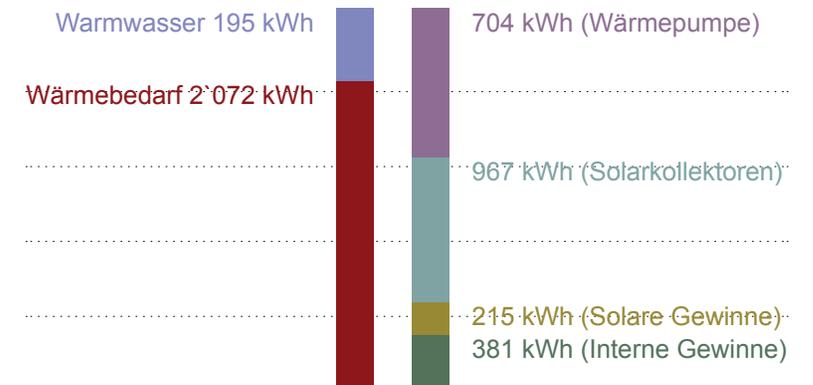
Betrachtung Jahr

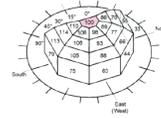
A| 755 kWh/m² x 1.06 x 15.1m² x 0.4 x 0.8 = 3`841.5 kWh
 B| 755 kWh/m² x 0.98 x 7.25m² x 0.4 x 0.8 = 1`716.5 kWh
 C| 755 kWh/m² x 1.05 x 16.20m² x 0.4 x 0.8 = 4`109.5 kWh
 D| 755 kWh/m² x 0.75 x 17.50m² x 0.4 x 0.8 = 3`171 kWh
 E| 755 kWh/m² x 1.14 x 3.50m² x 0.4 x 0.8 = 964 kWh
 F| 640 kWh/m² x 0.63 x 2.70m² x 0.4 x 0.8 = 348.5 kWh
 G| 870 kWh/m² x 1.14 x 14.80m² x 0.4 x 0.8 = 4`697 kWh
Energiebedarf thermisch Heizung < Total = 18`848 kWh/ a

Betrachtung Januar

A| 36.5 kWh/m² x 1.06 x 15.1m² x 0.4 x 0.8 = 186 kWh
 B| 36.5 kWh/m² x 0.98 x 7.25m² x 0.4 x 0.8 = 83 kWh
 C| 36.5 kWh/m² x 1.05 x 16.20m² x 0.4 x 0.8 = 199 kWh
 D| 36.5 kWh/m² x 0.75 x 17.50m² x 0.4 x 0.8 = 154 kWh
 E| 36.5 kWh/m² x 1.14 x 3.50m² x 0.4 x 0.8 = 47 kWh
 F| 20 kWh/m² x 0.63 x 2.70m² x 0.4 x 0.8 = 11 kWh
 G| 53 kWh/m² x 1.14 x 14.80m² x 0.4 x 0.8 = 287 kWh
Total = 967 kWh

Vergleich Bedarf/Ertrag Januar



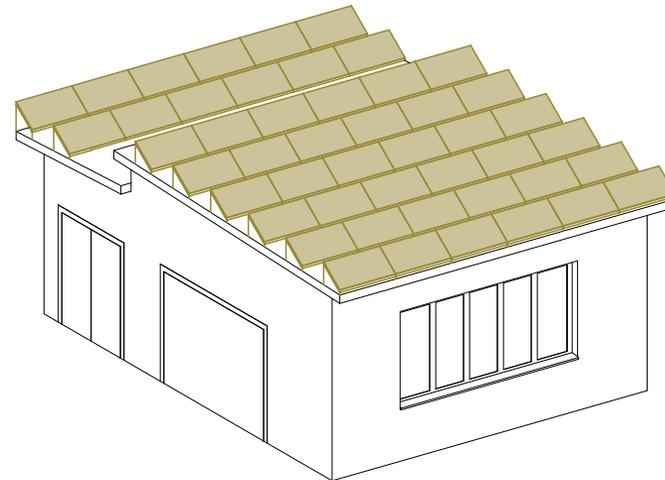


Horizontalstrahlung Jahr: $4026 \text{ Mj/m}^2\text{a} / 3.6 = 1118 \text{ kWh/m}^2\text{a}$
Horizontalstrahlung Januar: $110 \text{ Mj/m}^2\text{a} / 3.6 = 30.5 \text{ kWh/m}^2\text{a}$

Ausrichtungsfaktor: 108%
Fläche: 57.5 m²
Moduleffizienz: 18 %
Performance Ratio: 75%

Stromertrag Jahr:
 $1118 \text{ kWh/m}^2\text{a} \times 1.08 \times 57.5 \text{ m}^2 \times 18\% \times 75\% = 9\text{'}373 \text{ kWh}$

Stromertrag Januar:
 $30.5 \text{ kWh/m}^2\text{a} \times 1.08 \times 57.5 \text{ m}^2 \times 18\% \times 75\% = 255.5 \text{ kWh}$



STROMERTRAG

Die Garage und der Schopf eignen sich aufgrund der geringen Verschattung optimal für eine PV-Anlage.

Der erzeugte Strom deckt die benötigte Exergie für die Luftwärmepumpe im Januar.

Stromüberschüsse - primär in den Sommermonaten - werden in einer Batterie gespeichert, um das Elektroauto zu laden. Weitere Überschüsse werden in das Netz eingespeisen.

*Quellen: SIA 2028 | Case Studies

Heizwärmebedarf

Temperatur warmen Reservoir: + 40°C
Temperatur kalten Reservoir: - 10° C
COP = 3.5

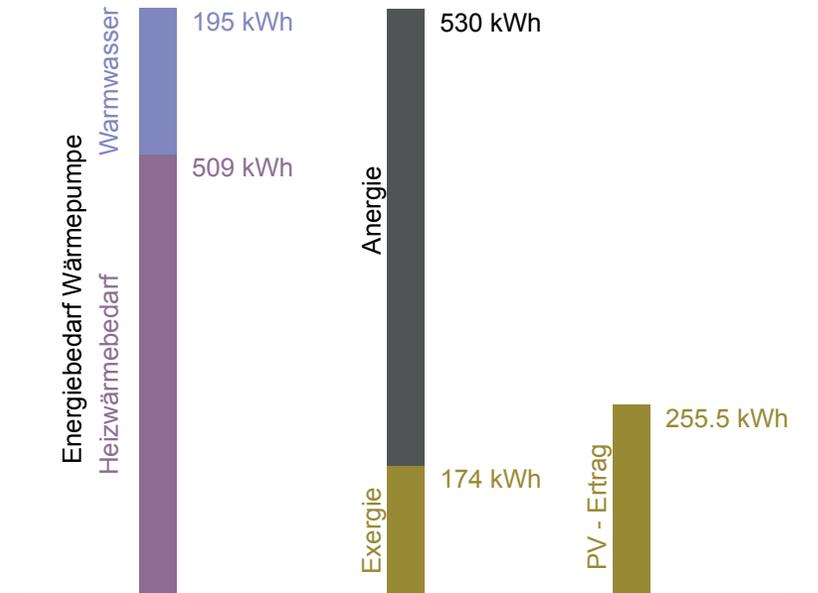
$509 \text{ kWh} / 3.5 = 145 \text{ kWh}$

Warmwasser

Temperatur warmen Reservoir: + 60°C
Temperatur kalten Reservoir: + 40° C
COP = 7

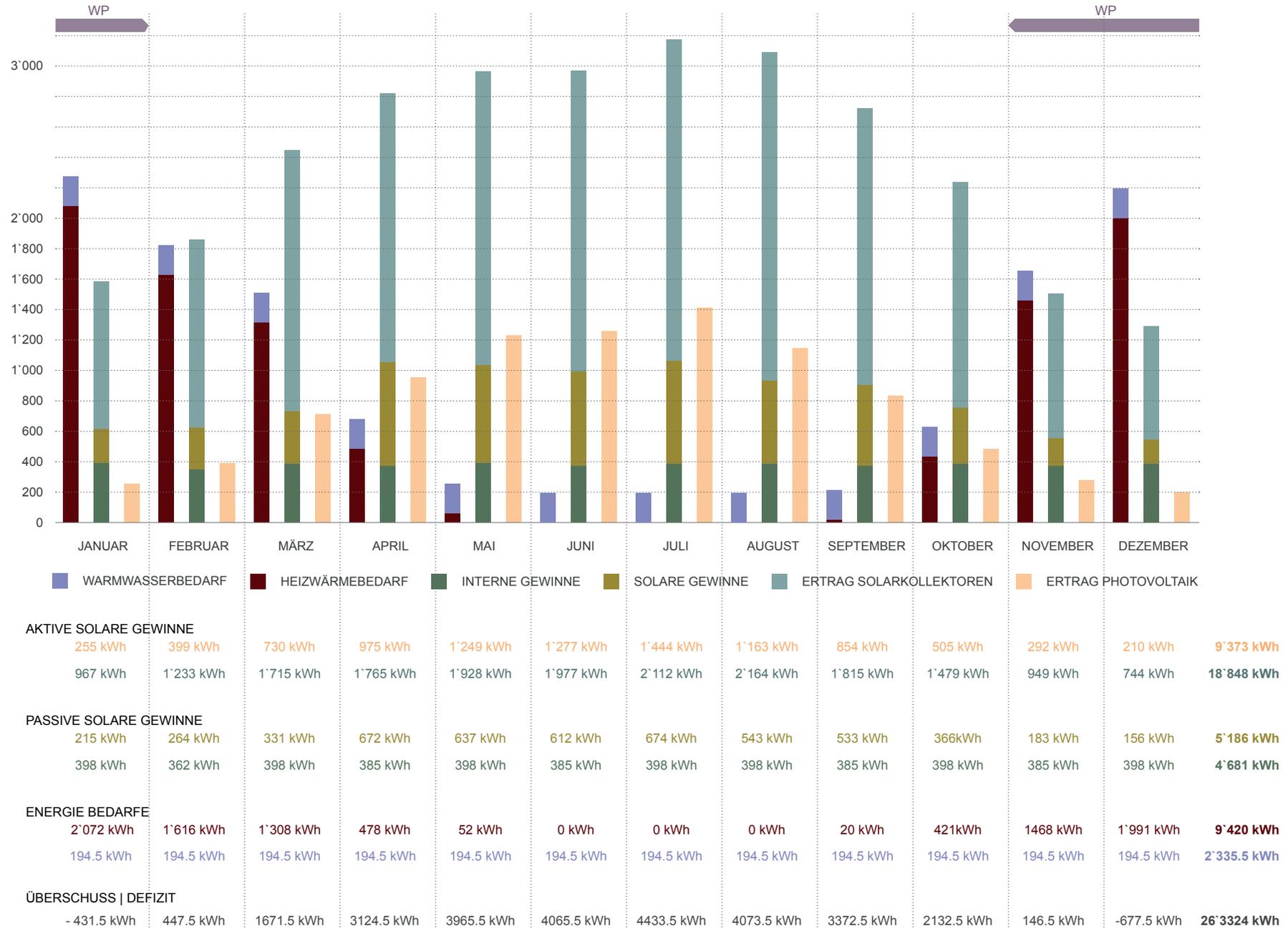
$195 \text{ kWh} / 7 = 29 \text{ kWh}$

Exergie: 174 kWh
Anergie: 530 kWh



VERGLEICH BEDARF & ERTRAG

Bei der Betrachtung über das Jahr ist offensichtlich, dass von November bis Januar der Bedarf nicht komplett von der Solarthermie gedeckt werden kann. Die Wärmepumpe mit dem Ertrag der PV-Anlage hilft hierbei den Bedarf zu decken. In den Sommermonaten herrscht ein Überschuss an produzierter Energie. Jene Energie wird in dem Solar-tank gespeichert.



II. INTEGRATED DESIGN WORKFLOW

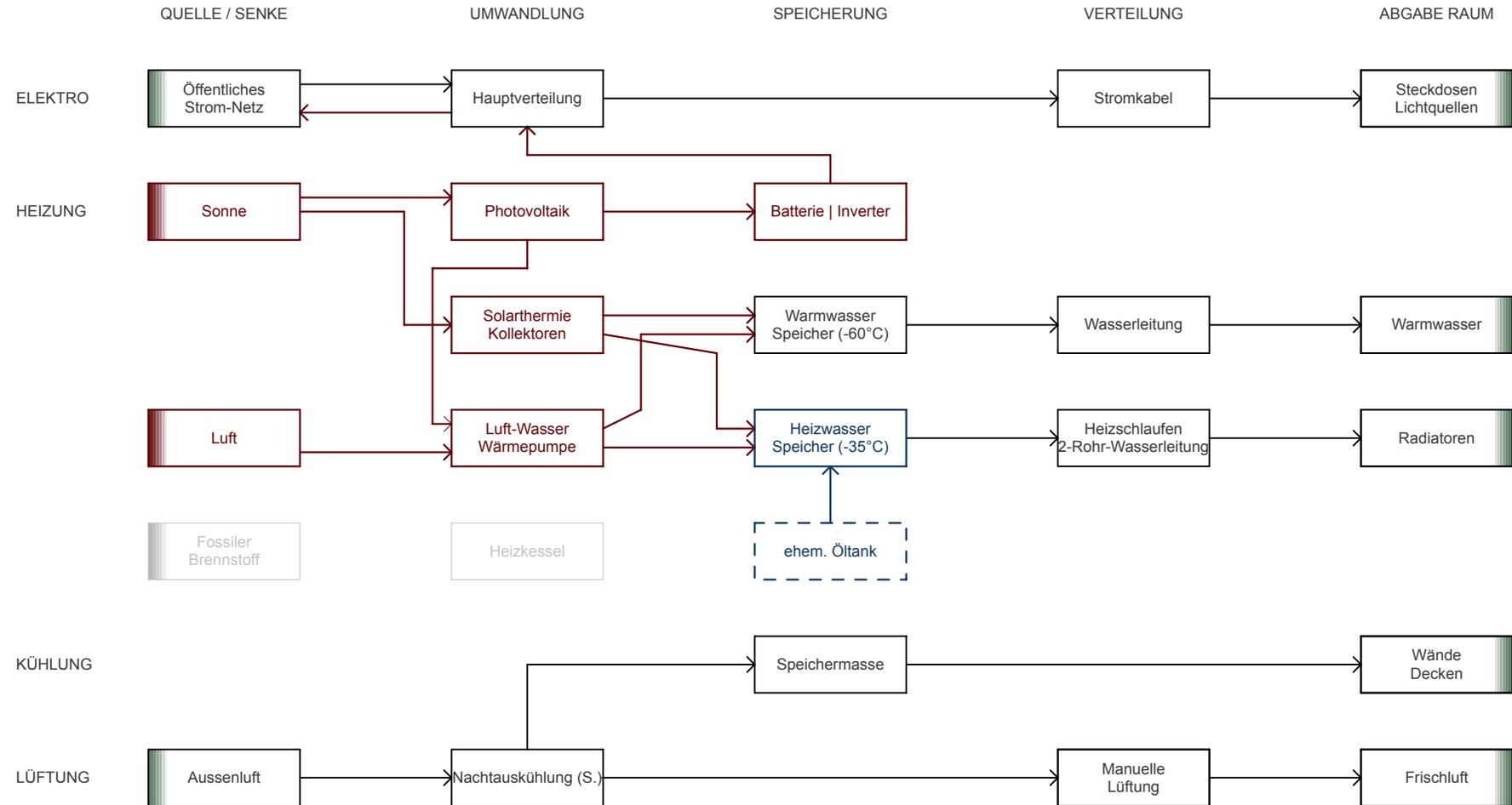
4

INTEGRATION UND DARSTELLUNG

- **System Design: Systemkette**
- **System Design: Heizung und Lüftung**
- **System Design: Strom und Warmwasser**
- **Architektonisches Design: Detail Dachaufbau**

SYSTEMKETTE

Ziel ist es, möglichst viel der bestehenden Infrastruktur bei-zubehalten. Die Sonne wird zum primären Energieversorger. Der Öltank wird zum Solartank. Als Unterstützung hilft eine Luftwärmepumpe, die durch die PV-Anlage gespeisen wird. Durch die zusätzliche Dämmung ist das Gebäude besser vor Überhitzung geschützt und kann mittels Nachtauskühlung und der Aktivierung der Bauteilmasse gekühlt werden.

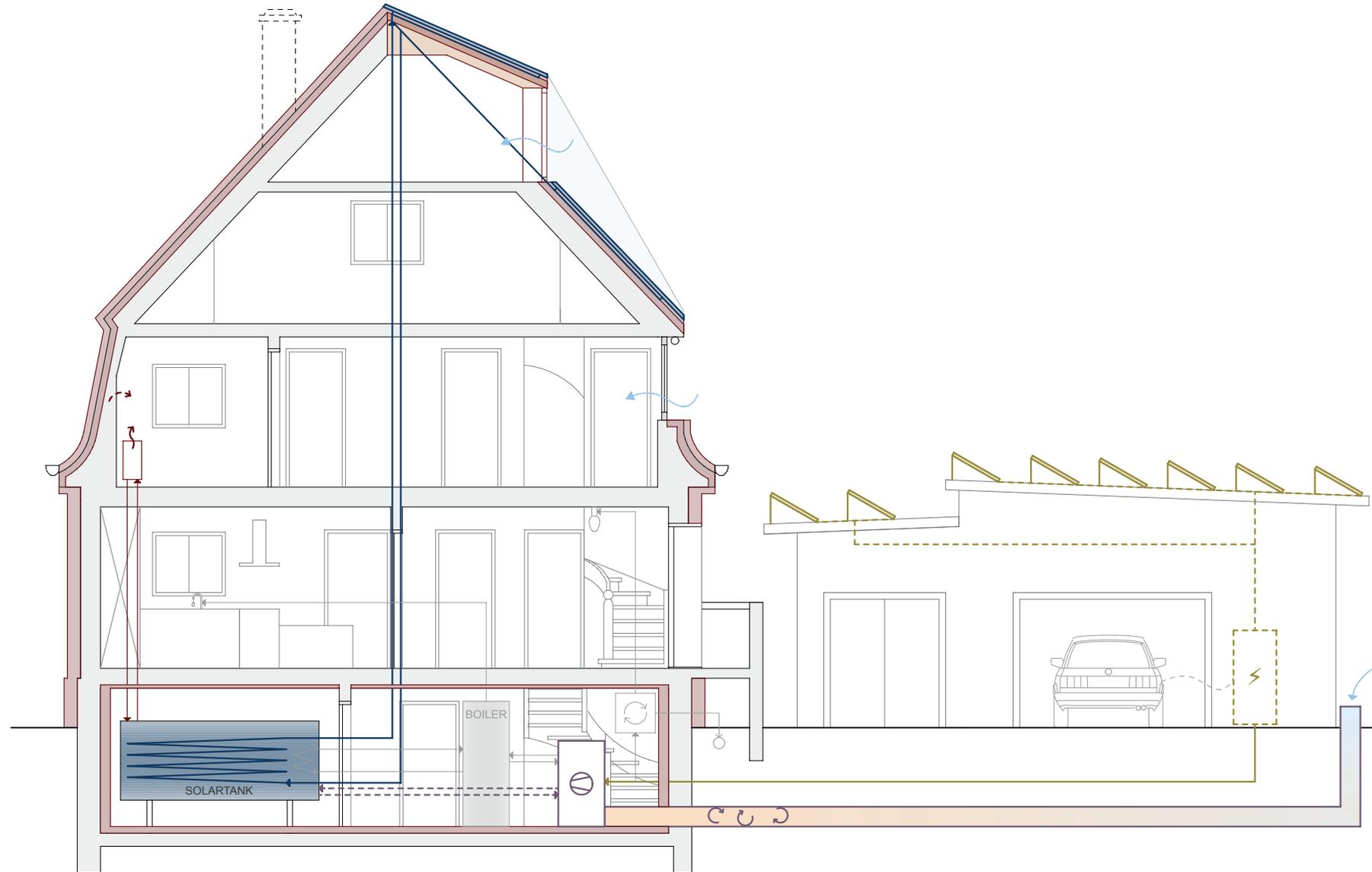


HEIZUNG UND LÜFTUNG

Die Lüftung bleibt wie im Bestand manuell.

Über die Solarthermie-Anlage auf dem ausgebauten Dach wird der Speicher erwärmt und an die Radiatoren verteilt.

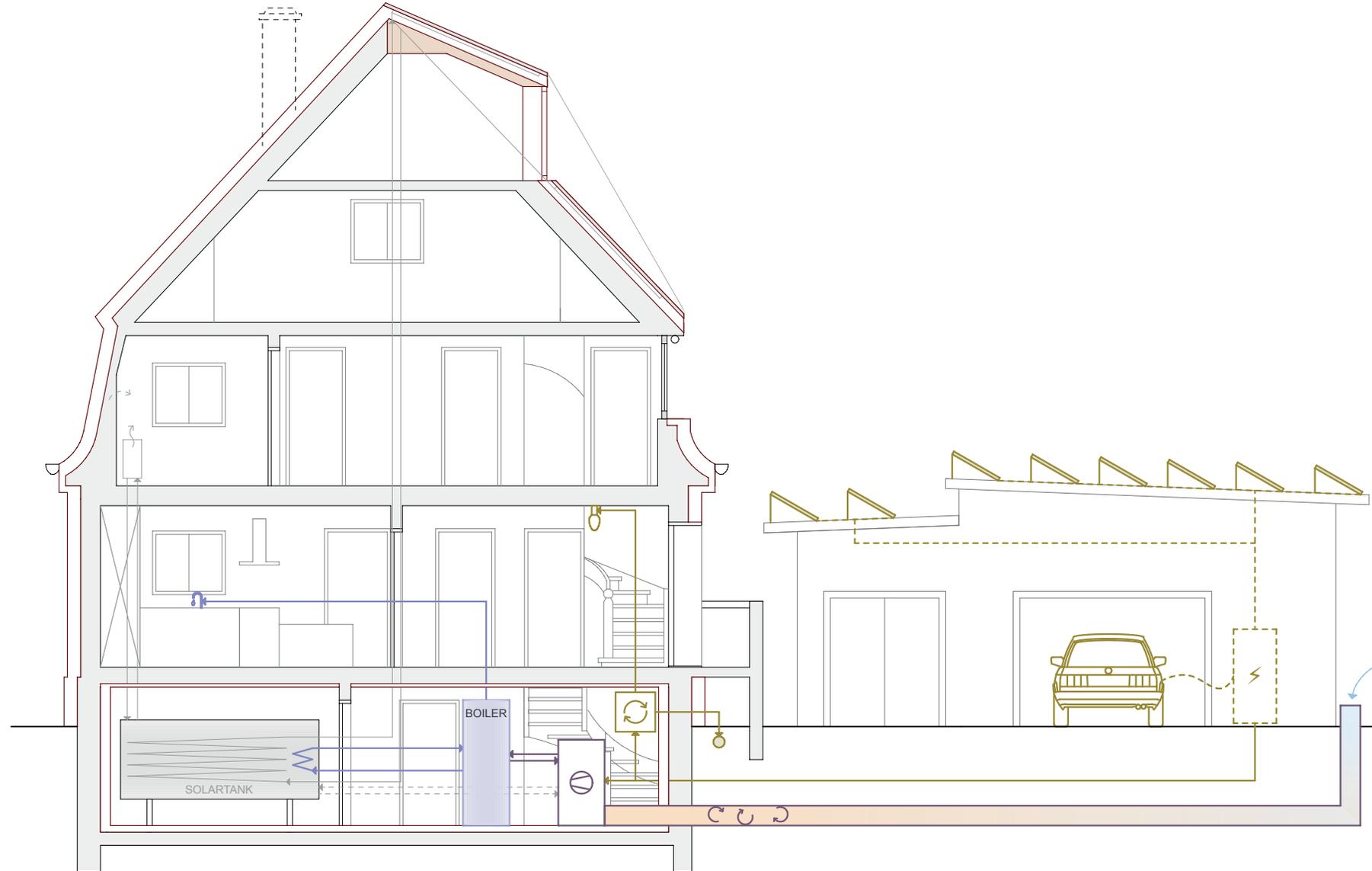
Die Luftwärmepumpe, welche die Luft über einen Kanal ansaugt und vom Erdreich leicht erwärmt wird, deckt die fehlende Energie in den Wintermonaten. Dabei wird sie von der PV-Anlage gespeisen.



STROM UND WARMWASSER

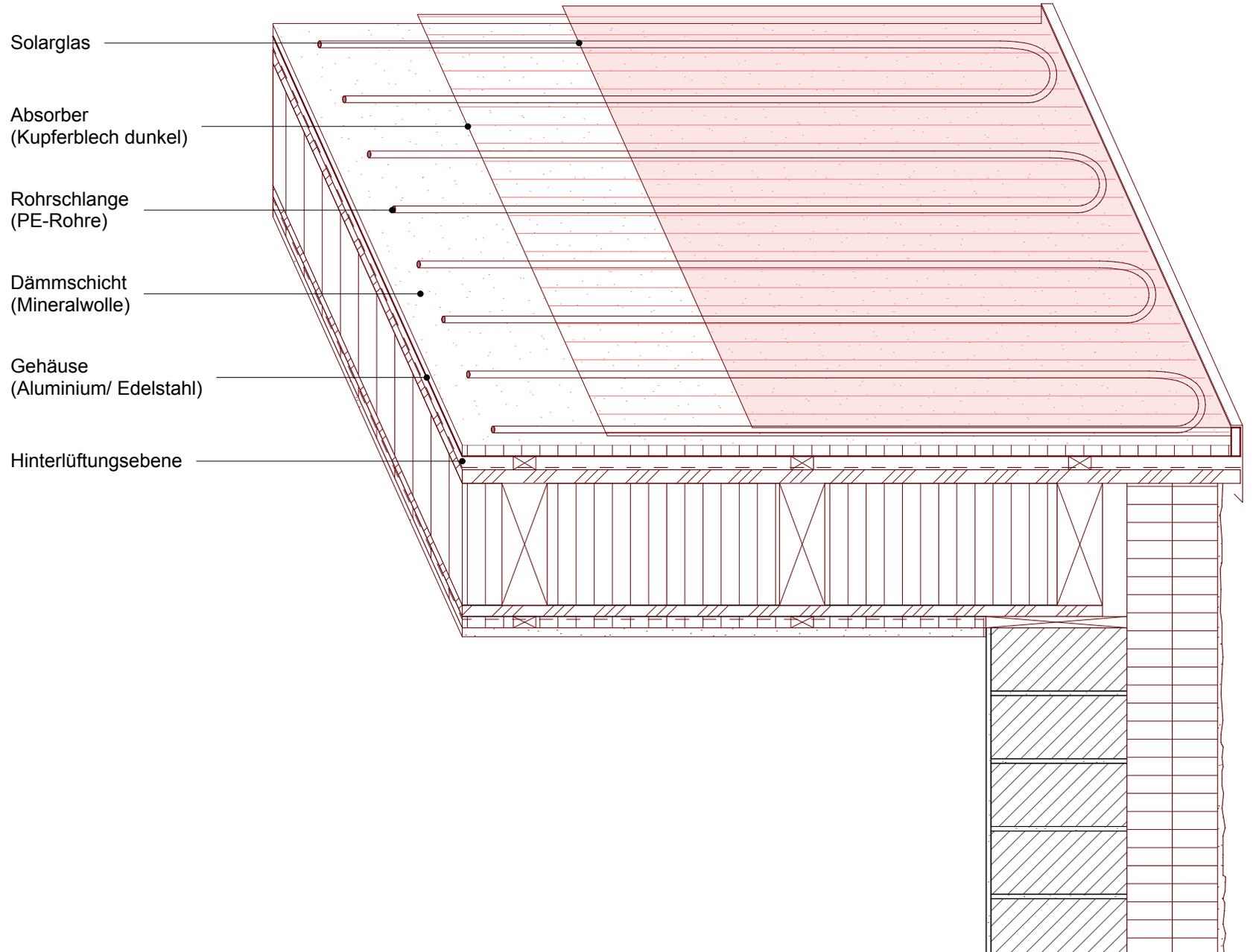
Der erzeugte Strom wird, sofern er nicht benötigt wird für die Wärmepumpe und die Batterie geladen ist, über einen Inverter an die Geräte geleitet oder in das öffentliche Netz eingespeisen.

Das Warmwasser wird mit Hilfe des Solartanks von 10°C auf 40°C erwärmt. Die restlichen 20 Kelvin werden mit Hilfe der Wärmepumpe erreicht.



DETAIL FLACHKOLLEKTOR

Das neue südöstliche Dach wird mittels vorfabrizierten hölzernen Fertigelementen erstellt. Dadurch wird die Bauzeit verkürzt. Die Flachkollektoren dienen als hinterlüftete Schutzschicht. Um die komplexen Formen des Daches als vollflächigen Kollektor auszubilden, werden PE-Rohre für die Rohrschlange verwendet, da sie einfacher an die Formen anzupassen sind.



*Quelle: Solaranlage - Ratgeber

PROJEKT

Einfamilienhaus
MuttENZ, Basel-Land

ARCHITEKTUR

Grauwiler Architekten

TYOLOGIE

Wohnen

BAUJAHR

Erstellung: 1929
Sanierung Fenster: 1997
Sanierung Dach: 2000

*Quelle: Ang. Arch.

ENERGETISCHE ECKDATEN

	Total	
➤ Thermischer Energiebedarf	11`755 kWh/a	68 kWh/a pro m² EBF
Heizung	9`420 kWh/a	54.5 kWh/a pro m ² EBF
Kühlung	0 kWh/a	0 kWh/a pro m ² EBF
Warmwasser	2`335 kWh/a	13.5 kWh/a pro m ² EBF
➤ Elektrischer Energiebedarf	3`114 kWh/a	18 kWh/a pro m² EBF
Lüftung (natürlich)	0 kWh/a	0 kWh/a pro m ² EBF
Geräte, Beleuchtung	1`377 kWh/a	18 kWh/a pro m ² EBF
➤ Elektrischer Energieertrag	9`373 kWh/a	52 kWh/a pro m² EBF
➤ Thermischer Energieertrag	18`848 kWh/a	109 kWh/a pro m² EBF

PROJEKT

Einfamilienhaus
MuttENZ, Basel-Land

ARCHITEKTUR

Grauwiler Architekten

TYOLOGIE

Wohnen

BAUJAHR

Erstellung: 1929
Sanierung Fenster: 1997
Sanierung Dach: 2000

TREIBHAUSGASEMISSIONEN*

	Total
<p>➤ Upfront emissions</p> <p>Bestand</p> <p>Sanierung</p> <p>Total</p>	<p>316 kgCO₂-eq/m²</p> <p>29`383 kgCO₂-eq</p> <p>25`266 kgCO₂-eq</p> <p>54`649 kgCO₂-eq</p>
<p>➤ Operational emissions</p> <p>Bestand (Deckung Heizwärmebedarf)</p> <p>Sanierung (Deckung Heizwärmebedarf)</p>	<p>4.25 kgCO₂-eq/(m²a)</p> <p>10`775 kgCO₂-eq/a</p> <p>735 kgCO₂-eq/a</p>
<p>➤ Stored biogenic carbon</p> <p>Bestand</p> <p>Sanierung</p> <p>Total</p>	<p>96 kgC/m²</p> <p>8`985 kgC-eq</p> <p>7`625 kgC-eq</p> <p>16`610 kgC-eq</p>
<p>➤ End-of-life emissions</p> <p>Total (Werte oftmals bei Upfront Emissions enthalten)</p>	<p>11.5 kgCO₂-eq/m²</p> <p>1`982 kgCO₂-eq</p>

* Gemäß „GHG Emissions Accounting Method“ der A/S Forschungsgruppe