

# Energie im Haus

Fallbeispiele für die Weiterbildung  
von Bauhandwerker/innen



energieschweiz.ch



# Inhalt

<b>Präambel</b>	<b>3</b>
<b>Fallbeispiele</b>	<b>4</b>
1. Grundlagen	5
2. Zustandsanalyse und Beratung	7
3. Photovoltaikanlage	9
4. Thermische Solaranlage	11
5. Dämmung und Solarkonzept	13
6. Umfassende Erneuerung	15
7. Anhang	17
<b>Musterlösungen</b>	<b>35</b>
8. Zustandsanalyse und Beratung	37
9. Photovoltaikanlage	43
10. Thermische Solaranlage	53
11. Dämmung und Solarkonzept	63
12. Umfassende Erneuerung	83
<b>Didaktisches Konzept</b>	<b>95</b>
13. 1. Ausgangslage	97
14. 2. Das Prinzip der Didaktischen Rekonstruktion	99
15. 3. Synthese	101
16. 4. Umsetzung	105
17. 5. Abschliessende Bemerkungen	109

## Impressum

**Energie im Haus – Fallbeispiele für die Weiterbildung von Bauhandwerker/innen**

**Herausgeberin:** Fachhochschule Nordwestschweiz, Institut Energie am Bau

**Autoren:** Roger Buser, Peter Hiller, Pino Pacifico, Marco Walker

**Begleitgruppe:** Beat Hanselmann, Polybau; Matthias von Arx, Zentrum Naturwissenschafts- und Technikdidaktik FHNW; Heinrich Klaus, Präsident Solarteure-Schulen; Werner Betschart, Betschart Consulting; Achim Geissler, FHNW; Denise Wiedmaier, BFE; Christine Sidler, Faktor Journalisten AG

**Projektleitung:** Achim Geissler, Fachhochschule Nordwestschweiz; Institut Energie am Bau, Muttenz

**Videos:** Werner Betschart, Betschart Consulting; Patrick Betschart

**Lektorat und Seitenherstellung:** Faktor Journalisten AG, Zürich; Christine Sidler

Diese Publikation ist eine Erweiterung der Fachbuchreihe «Nachhaltiges Bauen und Erneuern». Die Publikation wurde durch das Bundesamt für Energie BFE/Energie-Schweiz und die Konferenz Kantonalen Energiedirektoren (EnDK) finanziert.

Dezember 2017



# Präambel

Die vorliegenden Fallbeispiele zu energetischen Massnahmen an einem Beispielgebäude sind im Rahmen des durch das BFE und die EnDK geförderten «Pilotprojekt zu Lehr- und Lernmitteln für neue Zielgruppen der Fachbuchreihe «Nachhaltiges Bauen»» entstanden. Die Zielgruppen im Rahmen des Projektes waren Teilnehmende des Lehrgangs «Solarteur» sowie Teilnehmer des Vorbereitungskurses «Projektleiter Solaranlage mit eidg. Fachausweis», also Personen, die im Alltag mit der Projektierung und Umsetzung entsprechender Massnahmen beschäftigt sind. Um diese und andere Berufsgruppen, die einen Teilaspekt der energetischen Gebäudeerneuerung abdecken, für die Anliegen einer gesamtheitlichen Erneuerungsstrategie schulen zu können, wurden die Fallbeispiele entwickelt.

Die Fallbeispiele sollen helfen, die Einarbeitung in das Thema energetische Gebäudeerneuerung in seiner vollen Breite aber auch in einzelnen Aspekten in grosser Tiefe anhand von einem konkreten Beispiel zu unterstützen. Das Fallbeispiel 1 entspricht in seinem Anspruch prinzipiell der Erstellung eines GEAK, Fallbeispiel 5 könnte mit einem GEAK mit Beratungsbericht abgerundet werden. Da die Zielgruppe jedoch nicht zwingend GEAK Experten sind oder werden, sind die Musterlösungen unabhängig vom System GEAK erstellt. Bund und Kantone erwarten, dass im konkreten Fall die am Bau beteiligten Handwerker und Installateure die Bauherrschaften auf die Vorteile eines GEAK mit Beratungsbericht hinweisen und GEAK ExpertInnen zur Erstellung eines solchen strategischen Dokumentes empfehlen.

Es wird in den Aufgaben jeweils die Berücksichtigung von Fördermitteln verlangt, nicht explizit jedoch «Das Gebäudeprogramm» von Bund und Kantonen erwähnt. Hiermit soll daher auf diese Fördermöglichkeit bei Investitionen in Energieeffizienz und erneuerbare Energien hingewiesen werden.

Die Lösungen der Fallbeispiele 2 bis 5 enthalten jeweils konkrete Umsetzungsvorschläge. Es ist daher unumgänglich, dass in den Musterlösungen Produkte genannt werden. Die genannten Produkte sind dabei nicht als Empfehlung zu betrachten, sondern lediglich als eine Möglichkeit von vielen.

In den Fallbeispielen 4 und 5 wird für die projektierte Erneuerung bei der Dämmung des Daches Neubaustandard gefordert. Diese Anforderung geht deutlich über das regulatorisch notwendige Mass gemäss MuKE 2014 hinaus, wenngleich gerade im Dachbereich mit der Bauherrschaft darüber diskutiert werden kann. Grundsätzlich soll aber auch hier auf Das Gebäudeprogramm verwiesen werden.

Bei der Konzipierung der Fallbeispiele ist im Projekt die Erstellung eines geeigneten didaktischen Konzepts vorausgegangen. Dieses Konzept – fokussiert auf die ansichere Zielgruppe und deren spezifische Umstände im Rahmen der Weiterbildung – ist als Anhang ab Seite 97 beigefügt und kann Dozenten anderer Weiterbildungen dazu dienen, in gleicher Art und Weise Fallbeispiele in ihren Themenbereichen zu entwickeln.

# Fallbeispiele

# Grundlagen

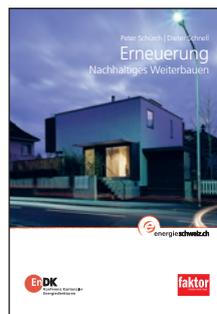
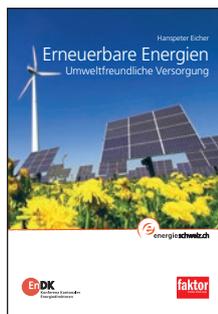
Alle Fallbeispiele behandeln dasselbe Objekt: den Hausteil eines zusammengebauten Doppel Einfamilienhauses mit Baujahr 1966. Die Bauherrschaft tritt je nach Aufgabe mit unterschiedlichen Wünschen an Sie heran.

Grundlage für die Beratung ist eine Hausbegehung, festgehalten in fünf Videos:

- Der Gebäuderundgang vom Dach zum Kellergeschoss
- Der Zugang zum Dach
- Die Analyse der Dachkonstruktion
- Die Gebäudetechnik im Untergeschoss
- Die Umgebung und die Fassaden

## Weiterführende Informationen

In den Bänden der Fachbuchreihe «Nachhaltiges Bauen und Erneuern» finden Sie zusätzliche Informationen. Die Bücher können Sie unter [www.faktor.ch](http://www.faktor.ch) bestellen, die PDF-Version unter [www.energieschweiz.ch](http://www.energieschweiz.ch) kostenlos herunterladen.





## Fallbeispiel 1

# Zustandsanalyse und Beratung

## Genereller Auftrag

Familie Muster besitzt einen Hausteil eines zusammengebauten Doppel Einfamilienhauses mit Baujahr 1966. Sie erkundigt sich, welche Schwachstellen ihr Gebäude hat und welche Möglichkeiten bestehen, beim Betrieb des Hauses weniger Energie zu verbrauchen. Zudem ist sie interessiert, einen Teil der benötigten Energie mit erneuerbaren Energien zu decken.

## Lernziele

- Sie wissen, welche Angaben Ihnen die Bauherrschaft geben muss oder was Sie abklären müssen, damit Sie die grössten Schwachstellen des Gebäudes aufzeigen können.
- Sie erkennen aus der Hausbegehung und den Plänen Schwachstellen, die Ursache grosser Heizwärmeverluste sind.
- Sie können der Bauherrschaft aufzeigen, in welcher Reihenfolge sie ihre energetischen Verbesserungen umsetzen soll.

## Formales

- Die Form, in welcher die Ergebnisse abgegeben oder präsentiert werden müssen, wird bei der jeweiligen Aufgabenstellung genannt.
- Der Dozent macht Ihnen Angaben zu folgenden Punkten:
  - Verfügbare Zeit für die Bearbeitung des Fallbeispiels
  - Abgabe- oder Präsentationstermin
  - Einzelarbeit oder Gruppenarbeit

## Informationen zum Gebäude

- Filmaufnahmen
- Pläne (Ansichten, Grundrisse, Schnitt)
- Abrechnung Energieverbrauch
- Standort: Fribourg, 46.813670 N, 7.145612 E (46°48'49.3"N 7°08'44.2"E)
- Das Haus besteht aus einem Einsteinstreifenmauerwerk mit einer Dicke von 320 mm.

## Ergänzende Informationen

- Fachbuchreihe, Band Erneuerung: z. B. Tabelle 2, Checkliste; Abb. 33 und Abb. 34 Fenstersanierung; Energiekonzept, S. 90 ff.; Systemwahl, S. 101 ff.
- Fachbuchreihe, Band Erneuerbare Energien: z. B. Systemauswahl, S. 17 ff.; Grundlagen und Hilfsmittel, S. 161 ff.
- Fachbuchreihe, Band Gebäudetechnik: z. B. Grundprinzipien der sanften Klimatechnik, S. 17 ff.
- Merkblatt «Clever Sanieren – Energieverbrauch halbieren» von Gebäudehülle Schweiz

## Aufgaben

- 1.1 Erstellen Sie eine Liste aller Informationen, die Ihnen die Bauherrschaft zu folgenden Themen angeben soll:
  - Gebäudedaten
  - Gebäude- und Konstruktionspläne
  - Haustechnik
  - Energieverbrauch
- 1.2 Zeichnen Sie auf den Plänen die thermische Gebäudehülle ein. Markieren Sie die grössten Wärmebrücken und überlegen Sie sich, wie diese bei einer Sanierung verbessert werden könnten. Zeichnen Sie ihre Überlegungen in die Pläne ein.
- 1.3 Wägen Sie auf Grund der Filmaufnahme «Analyse der Dachkonstruktion» die Vor- und Nachteile des Baus einer Photovoltaik- oder einer thermischen Solaranlage ab, wenn das Dach nicht erneuert wird.
- 1.4 Erstellen sie ein einfaches Sanierungskonzept, in dem sie der Bauherrschaft aufzeigen, in welcher Reihenfolge sie ihr Gebäude und die Haustechnik erneuern soll und welche Teilschritte sinnvollerweise zeitgleich ausgeführt werden sollen. Begründen Sie ihre Aufzählungen.

### **Zusatzaufgaben**

1.5 Erstellen Sie eine Skizze eines möglichen Schichtaufbaus bei einer energetischen Verbesserung des Daches.

1.6 Erstellen Sie eine U-Wert-Berechnung für das bestehende geneigte Dach und für Ihren Verbesserungsvorschlag. Dafür kann das Tool «U-Wert.net» eingesetzt werden.

1.7 Berechnen Sie das «Liter-Öl-Äquivalent» des flächenbezogenen Heizenergieverbrauchs des Gebäudes (Stufe Endenergie). Vergleichen Sie den Wert mit heute üblichen Werten für Neubauten. Verwenden Sie für die Berechnung die vorliegenden Gas-Verbrauchsdaten. Nehmen Sie an, dass der Nutzenergieverbrauch für die Warmwasserbereitstellung 750 kWh pro Person und Jahr beträgt und der Wärmeerzeuger für die Warmwasserbereitstellung einen Jahresnutzungsgrad von 0,65 hat.

## Fallbeispiel 2

# Photovoltaikanlage

## Genereller Auftrag

Familie Muster wünscht eine Photovoltaikanlage für ihr bestehendes Haus. Sonnenkollektoren, eine Wärmepumpe oder sonstige neue erneuerbare Energien sind nicht in ihrem Interesse. Planen Sie eine komplette PV-Anlage mit allen nötigen Komponenten.

## Lernziele

- Sie können alle für den Auftrag relevanten Informationen zum Objekt aus der Hausbegehung identifizieren und festhalten.
- Sie können Ihre Entscheidungen hinsichtlich Montagevariante, elektrischer Verschaltung etc. klar begründen.
- Sie können die notwendigen (teilweise ortsabhängigen) Bestimmungen und Reglemente identifizieren und in Ihrer Umsetzung berücksichtigen.
- Sie können für den Kunden eine Kostenrechnung mit Amortisation erstellen.
- Sie erkennen, in welchen Bereichen Sie spezifische Wissenslücken haben und identifizieren Informationsquellen, die Ihnen helfen, Ihre Wissenslücken zu schließen.

## Formales

- Die Form, in welcher die Ergebnisse abgegeben oder präsentiert werden müssen, wird bei der jeweiligen Aufgabenstellung genannt.
- Der Dozent macht Ihnen Angaben zu folgenden Punkten:
  - Verfügbare Zeit für die Bearbeitung des Fallbeispiels
  - Abgabe- oder Präsentationstermin
  - Einzelarbeit oder Gruppenarbeit

## Informationen zum Gebäude

- Filmaufnahmen
- Pläne (Ansichten, Grundrisse, Schnitt)
- Abrechnung Energieverbrauch
- Standort: Fribourg, 46.813670 N, 7.145612 E (46°48'49.3"N 7°08'44.2"E)
- Sie können eventuell bereits getätigte Arbeiten von vorherigen Aufgaben verwenden.

## Ergänzende Informationen

- Im Solarstrom-Basis-Ordner finden Sie die nötigen Informationen aus dem Kurs.
- NIN 2015, SRN 464022
- Fachbuchreihe, Band Erneuerbare Energien: z. B. Montagesysteme, S. 47 ff.; Auslegung von PV und Wechselrichter, S. 52 ff.; Grundlagen und Hilfsmittel, S. 161 ff.

## Aufgaben

- 2.1 Entscheiden Sie, ob eine Indach- oder Aufdach-Anlage sinnvoller ist. Begründen Sie Ihre Auswahl ausführlich.
- 2.2 Erstellen Sie eine Zeichnung der Module inklusive Verschaltung mit Wechselrichterauslegung.
- 2.3 Listen Sie alle nötigen Komponenten (inkl. Leistungsdaten) auf und geben Sie an, wo diese im, ums oder auf dem Haus montiert werden sollen.
- 2.4 Entscheiden Sie, wo die DC-Leitungen verlegt werden sollen. Beachten Sie spätere Ausbaumöglichkeiten und zeigen Sie diese der Bauherrschaft auf.
- 2.5 Erstellen Sie eine Kostenrechnung mit Amortisation über 20 Jahre. Es wird von einem geschätzten Installationspreis von 2500 Fr./kWp ausgegangen. Der Stromverbrauch der Familie Muster der letzten Jahre ist dokumentiert. Verwenden Sie für Ihre Berechnung die aktuellen Tarife des lokalen Energieversorgers.
- 2.6 Erläutern Sie, wie sich der Grobpreis von 2500 Fr./kWp zusammensetzt und ob er realistisch ist. Bei welchen Komponenten und Dienstleistungen ist für Bauherrschaften oft unklar, ob sie im Preis inbegriffen sind?
- 2.7 Recherchieren Sie die Kapazität und die Kosten für einen Speicher (Akkumulator). Berechnen Sie, in welcher Zeit er amortisiert wäre.



## Fallbeispiel 3

# Thermische Solaranlage

## Genereller Auftrag

Familie Muster wünscht eine thermische Solaranlage für ihr bestehendes Haus. Photovoltaik, eine Wärmepumpe oder sonstige neue erneuerbare Energien sind nicht in ihrem Interesse. Planen Sie eine komplette thermische Solaranlage mit allen nötigen Komponenten zur Warmwasseraufbereitung (Trinkwasser).

## Lernziele

- Sie können alle für den Auftrag relevanten Informationen zum Objekt aus der Hausbegehung identifizieren und festhalten.
- Sie können die notwendigen (teilweise ortsabhängigen) Bestimmungen und Reglemente identifizieren und in Ihrer Umsetzung berücksichtigen.
- Sie können ihre Entscheidungen hinsichtlich Montagevariante (Indach/Aufdach), hydraulischer Verschaltung, Boilerersatz (Ja/Nein), Nachheizung etc. klar begründen.
- Sie können für den Kunden eine Kostenrechnung mit Amortisation erstellen.
- Sie sind in der Lage, eine Aussage über den zu erwartenden solaren Deckungsgrad zu machen.
- Sie erkennen, in welchen Bereichen Sie spezifische Wissenslücken haben und identifizieren Informationsquellen, die Ihnen helfen, Ihre Wissenslücken zu schließen.

## Formales

- Die Form, in welcher die Ergebnisse abgegeben oder präsentiert werden müssen, wird bei der jeweiligen Aufgabenstellung genannt.
- Der Dozent macht Ihnen Angaben zu folgenden Punkten:
  - Verfügbare Zeit für die Bearbeitung des Fallbeispiels
  - Abgabe- oder Präsentationstermin
  - Einzelarbeit oder Gruppenarbeit

## Informationen zum Gebäude

- Filmaufnahmen
- Pläne (Ansichten, Grundrisse, Schnitt)
- Abrechnung Energieverbrauch
- Standort: Fribourg, 46.813670 N, 7.145612 E (46°48'49.3"N 7°08'44.2"E)
- Sie können eventuell bereits getätigte Arbeiten von vorherigen Aufgaben verwenden.

## Ergänzende Informationen

- Im Solarwärme-Basis-Ordner finden Sie die nötigen Informationen aus dem Kurs.
- Fachbuchreihe, Band Erneuerbare Energien: S. 49 ff., S. 73 ff.
- Fachbuchreihe, Band Gebäudetechnik: Thermische Solarwärmenutzung, S. 74 ff.; Praxisbeispiele Solarwärmenutzung, S. 80 ff., Hydraulische Einbindung von WW-Anlagen, S. 144 ff.

## Aufgaben

- 3.1 Entscheiden Sie, ob eine Indach- oder Aufdach-Anlage sinnvoller ist. Begründen Sie Ihre Auswahl ausführlich.
- 3.2 Erstellen Sie eine Zeichnung der Kollektoranordnung inklusive hydraulischer Verschaltung.
- 3.3 Erstellen Sie ein kleines Prinzipschema.
- 3.4 Listen Sie alle nötigen Komponenten auf und geben Sie an, wo diese im, ums oder auf dem Haus montiert werden sollen.
- 3.5 Entscheiden Sie auch, wo die Leitungen verlegt werden sollen. Beachten Sie spätere Ausbaumöglichkeiten und zeigen diese der Bauherrschaft auf.
- 3.6 Berechnen Sie den zu erwartenden solaren Deckungsgrad.
- 3.7 Erstellen Sie eine Kostenrechnung mit Amortisation über 20 Jahre. Treffen Sie die nötigen Annahmen betreffend Fördergelder und Energiepreis.



## Fallbeispiel 4

# Dämmung und Solarkonzept

## Genereller Auftrag

Familie Muster hat sich auf Grund der Erstberatung entschlossen, das Steildach komplett zu erneuern und wärmetechnisch zu optimieren. Zudem möchte sie die Südseite des Daches komplett mit einer dachintegrierten PV-Anlage (eventuell in Kombination mit Solarwärme) eindecken.

## Lernziele

- Sie können auf einem bestehenden geneigten Dach einen möglichen Schichtaufbau vorschlagen, der die energetischen Anforderungen der MuKE 2014 (U-Wert für Einzelbauteilnachweis bei Neubauten  $0,17 \text{ W}/(\text{m}^2 \text{K})$ ) erreicht.
- Sie können Konstruktionsdetails für Dachtraufe, Ort, First erarbeiten und dabei die Be- und Entlüftung lösen.
- Sie können Vorschläge für die Leitungsführung der PV-Anlage erarbeiten.
- Sie können eine Dachbreiten- und Sparseneinteilung mit PV-Modulen erstellen.
- Sie können einen Stringplan erstellen und eine Auslegung für den Wechselrichter machen.
- Sie können den Standort der Warmwasserkollektoren bestimmen.

## Formales

- Die Form, in welcher die Ergebnisse abgegeben oder präsentiert werden müssen, wird bei der jeweiligen Aufgabenstellung genannt.
- Der Dozent macht Ihnen Angaben zu folgenden Punkten:
  - Verfügbare Zeit für die Bearbeitung des Fallbeispiels
  - Abgabe- oder Präsentationstermin
  - Einzelarbeit oder Gruppenarbeit

## Informationen zum Gebäude

- Filmaufnahmen
- Pläne (Ansichten, Grundrisse, Schnitt)
- Abrechnung Energieverbrauch
- Standort: Fribourg, 46.813670 N, 7.145612 E (46°48'49.3"N 7°08'44.2"E)
- Das Haus besteht aus einem Einsteinauermauerwerk mit einer Dicke von 320 mm.
- Sie können eventuell bereits getätigte Arbeiten von vorherigen Aufgaben verwenden.

## Ergänzende Informationen

- Fachbuchreihe, Band Energieeffizientes Bauen: z. B. Kap. 3, S. 19–34, insbesondere Abbildung 18
- Fachbuchreihe, Band Erneuerbare Energien: z. B. Warmwasseranlagen, S. 29 ff.
- Fachbuchreihe, Band Gebäudetechnik: z. B. Thermische Solarwärmenutzung, S. 74 ff.; Praxisbeispiele Solarwärmenutzung, S. 80 ff., Hydraulische Einbindung von WW-Anlagen, S. 144 ff.
- Merksblatt «Steildachaufbauten mit U-Wert unter  $0,2 \text{ W}/(\text{m}^2 \text{K})$ » von Gebäudehülle Schweiz
- Kurseigene Solarunterlagen

## Aufgaben

4.1 Machen Sie für das bestehende geneigte Dach einen Vorschlag für einen neuen Schichtaufbau, der die Anforderungen der MuKE 2014 im Einzelbauteilnachweis für Neubauten ( $U\text{-Wert} \leq 0,17 \text{ W}/(\text{m}^2 \text{K})$ ) erfüllt.

4.2 Erstellen Sie eine Skizze der Dachtraufe und lösen Sie dabei folgende Problematik:

- Schichtaufbau mit  $U\text{-Wert} \leq 0,17 \text{ W}/(\text{m}^2 \text{K})$
- Folienunterdach für erhöhte Beanspruchung
- Konterlattendimension 60mm/60mm
- Lüftungseintritt mit Querschnitt  $300 \text{ cm}^2$  pro Laufmeter
- Deckmaterial weglassen

4.3 Erstellen Sie eine Skizze des Orts. Achten Sie dabei darauf, dass oberhalb der Fassadenmauer keine Wärmebrücke entsteht und dass die Dachdämmung bei einer späteren Fassadensanierung mit der Fassadendämmung zusammengeschlossen werden kann.

4.4 Erstellen Sie eine Dachbreiteneinteilung und eine Sparreneinteilung für eine flächenfüllende, dachintegrierte PV-Anlage auf der Südseite. Das bestehende Schneerückhaltesystem wird in dieser Aufgabe nicht mehr montiert.

4.5 Geben Sie dem Dachdecker an, um wieviel cm er das Dach verbreitern soll (vergessen Sie nicht, dass später eine zusätzliche Fassadendämmung möglich sein muss).

4.6 Ergänzen Sie Ihre Detailskizzen «Dachtraufe» und «Ort» mit den Solarmodulen. Erstellen Sie eine Detailskizze vom First. Bemessen Sie darauf die Firstausbildung und die Ergänzungsplatte.

4.7 Erstellen Sie einen Modul- und Stringplan für die geplante PV-Anlage.

4.8 Legen Sie den Wechselrichter aus.

4.9 Erstellen Sie einen zweiten Modulplan. Legen Sie fest, welche Module Sie durch thermische Kollektoren ersetzen würden, wenn der Kunde sein Brauchwasser solar erwärmen möchte. Geben Sie ergänzend an, was bei der Konstruktion speziell beachtet werden muss, wenn thermische Kollektoren in eine PV-Anlage integriert werden.

4.10 Zeichnen Sie in den bestehenden Gebäudeansichten oder Schnittplänen die Leitungsführung für eine PV-Anlage grün und die Leitungsführung für eine thermische Anlage rot ein.

### **Zusatzaufgaben**

4.11 Erstellen Sie eine Sparreneinteilung (Schnittzeichnung) für den Fall, dass das Schneerückhaltesystem wieder montiert werden soll.

## Fallbeispiel 5

# Umfassende Erneuerung

## Genereller Auftrag

Familie Muster besitzt einen Hausteil eines zusammengebauten Doppel-einfamilienhauses mit Baujahr 1966. Sie hat sich im Vorfeld bereits erkundigt, welche Problemzonen ihr Gebäude hat und welche Möglichkeiten bestehen, beim Betrieb des Hauses weniger Energie zu verbrauchen. Sie ist zum Entschluss gekommen, neben sinnvollen Massnahmen an der Gebäudehülle den Ersatz des Wärmeerzeugers durch eine Luft-Wasser-Wärmepumpe mit thermischer Solaranlage anzugehen. Photovoltaik kann auch von Interesse sein (optional).

Berechnen Sie, wie stark das Dach, die Fassade und die Kellerdecke gedämmt werden müssen.

Planen Sie eine komplette Erneuerung der Wärmeerzeugung inklusive der Einbindung einer thermischen Solaranlage (für Trinkwasser und/oder mit Heizungsunterstützung) mit allen nötigen Komponenten.

## Lernziele

■ Sie können mit Hilfe von U-Wert-Berechnungen aufzeigen, wie dick eine Wärmedämmung sein soll, um die heutigen Bauvorschriften einzuhalten.

■ Sie können alle für den Auftrag relevanten Informationen zum Objekt aus der Hausbegehung identifizieren und festhalten.

■ Sie können die notwendigen (teilweise ortsabhängigen) Bestimmungen und Reglemente identifizieren und in Ihrer Umsetzung berücksichtigen.

■ Sie können Ihre Entscheidungen hinsichtlich Montagevariante, hydraulischer Einbindung etc. klar begründen.

■ Sie können für den Kunden eine Kostenrechnung mit Amortisation erstellen (ohne Gebäudehüllenerneuerung).

■ Sie erkennen, in welchen Bereichen Sie spezifische Wissenslücken haben und identifizieren Informationsquellen, die Ihnen helfen, Ihre Wissenslücken zu schliessen.

## Formales

■ Die Form, in welcher die Ergebnisse abgegeben oder präsentiert werden müssen, wird bei der jeweiligen Aufgabenstellung genannt.

■ Der Dozent macht Ihnen Angaben zu folgenden Punkten:

- Verfügbare Zeit für die Bearbeitung des Fallbeispiels
- Abgabe- oder Präsentationstermin
- Einzelarbeit oder Gruppenarbeit

## Informationen zum Gebäude

■ Filmaufnahmen

■ Pläne (Ansichten, Grundrisse, Schnitt)

■ Abrechnung Energieverbrauch

■ Standort: Fribourg, 46.813670 N, 7.145612 E (46°48'49.3"N 7°08'44.2"E)

■ Das Haus besteht aus einem Einsteinsmauerwerk mit einer Dicke von 320 mm.

■ Sie können eventuell bereits getätigte Arbeiten von vorherigen Aufgaben verwenden.

## Ergänzende Informationen

■ Im Solarwärme-Basis-Ordner sowie in den WP-Unterlagen finden Sie die nötigen Informationen aus dem Kurs.

■ Fachbuchreihe, Band Energieeffizientes Bauen: z. B. Kap. 3, S. 19–34, insbesondere Abbildung 18; Erneuerung, z. B. Tabelle 2, Checkliste; Abb. 33 u. 34 Fenster-sanierung; Energiekonzept, S. 90 ff.; Systemwahl, S. 101 ff.

■ Fachbuchreihe, Band Erneuerbare Energien: z. B. Systemauswahl, S. 17 ff.; Warmwasseranlagen, S. 29 ff.; Montagesysteme, S. 47 ff.; Auslegung von PV und Wechselrichter, S. 52 ff.; Grundlagen und Hilfsmittel, S. 161 ff.

■ Fachbuchreihe, Band Gebäudetechnik: z. B. Grundprinzipien der sanften Klimatechnik, S. 17 ff.; Thermische Solarwärmenutzung, S. 74 ff.; Praxisbeispiele Solarwärmenutzung, S. 80 ff.; Hydraulische Einbindung von WW-Anlagen, S. 144 ff.

### **Aufgaben**

5.1 Erstellen Sie eine U-Wert-Berechnung für die bestehende Aussenwandkonstruktion. Dafür kann das Tool «U-Wert.net» eingesetzt werden.

5.2 Berechnen Sie, wieviel Dämmung im geneigten Dach, der Gebäudewand und der Kellerdecke montiert werden muss, um die MuKE 2014 für Neubauten einhalten zu können.

5.3 Erstellen Sie eine Skizze der Fensterleibung, nachdem die Aussenwand gedämmt und das Fenster ersetzt wurde. Eine Vorlage für die Skizze finden Sie im Anhang.

5.4 Entscheiden Sie, ob die Solaranlage(n) In- oder Aufdach montiert werden. Begründen Sie Ihre Auswahl ausführlich.

5.5 Erstellen Sie eine Zeichnung der Kollektoranordnung inklusive hydraulischer Verschaltung.

5.6 Erstellen Sie ein kleines Prinzipschema der gesamten Haustechnikanlage (Wärmeerzeugung und Solar)

5.7 Es ist zu prüfen, ob die Wärmeverteilung ersetzt werden muss.

5.8 Es ist zu prüfen, ob das bestehende Wärmeabgabesystem für den Betrieb mit einer Luft-Wasser-Wärmepumpe geeignet ist. Wenn nicht, Vorschläge machen (ohne ins Detail zu gehen).

5.9 Listen Sie alle nötigen Komponenten auf und geben Sie an, wo diese im, ums oder auf dem Haus montiert werden sollen.

5.10 Entscheiden Sie auch, wo die Leitungen verlegt werden sollen. Beachten Sie eventuell spätere Ausbaumöglichkeiten und zeigen Sie diese der Bauherrschaft auf.

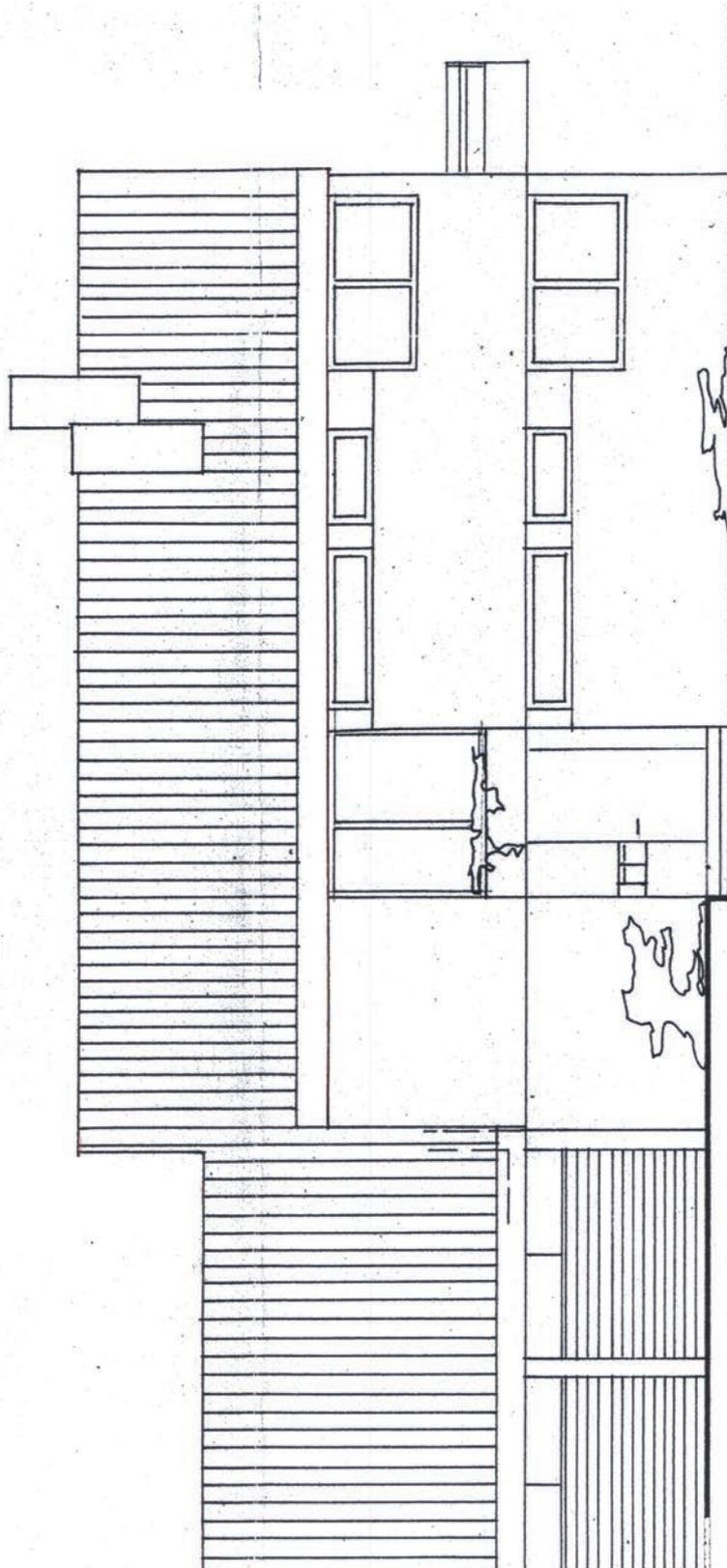
5.11 Machen Sie Angaben über den zu erwartenden solaren Deckungsgrad.

5.12 Dimensionieren Sie die neue Luft-Wasser-Wärmepumpe.

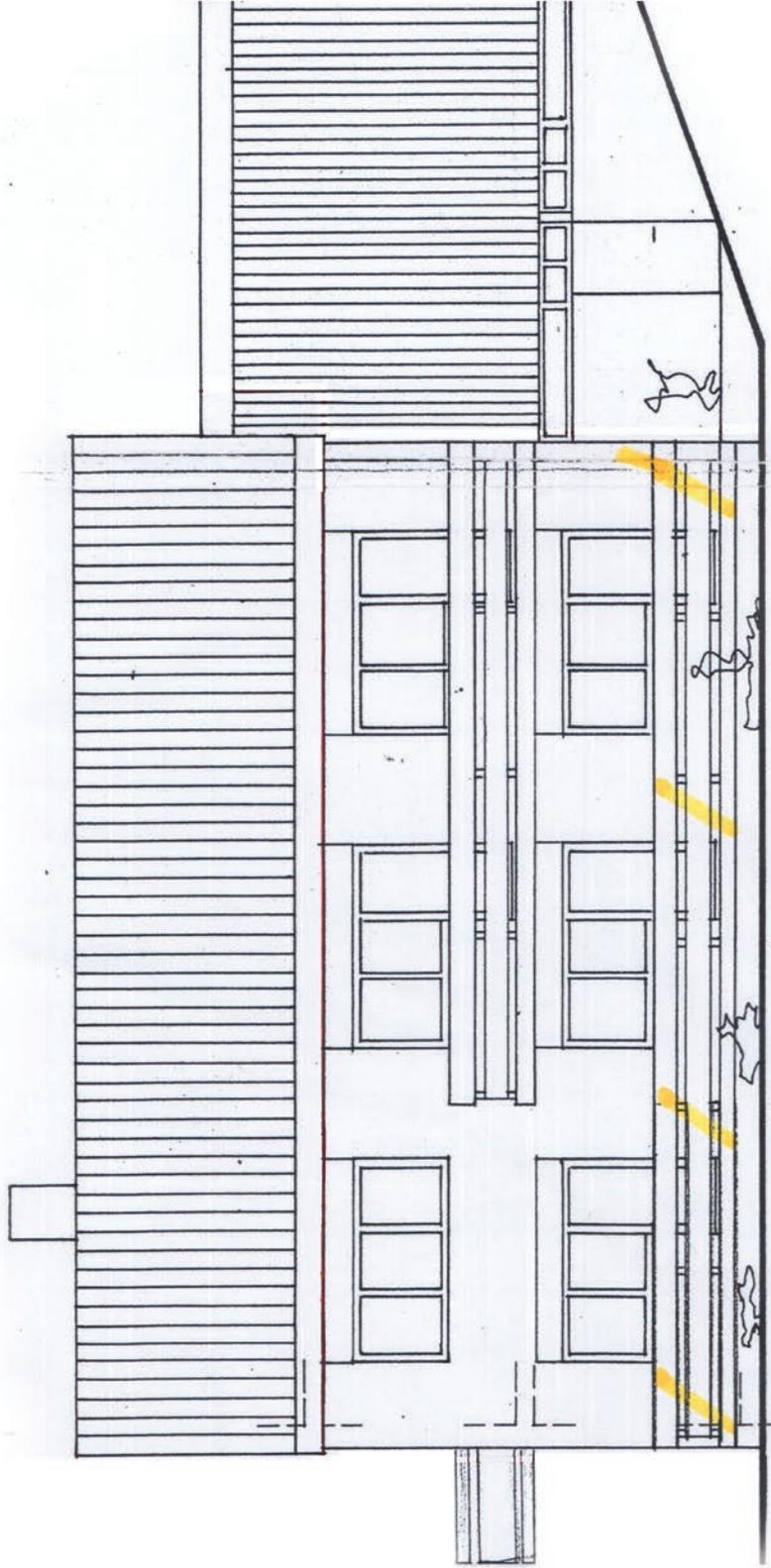
5.13 Erstellen Sie eine Kostenrechnung mit Amortisation über 20 Jahre. Treffen Sie die nötigen Annahmen betreffend Fördergelder und Energiepreis.

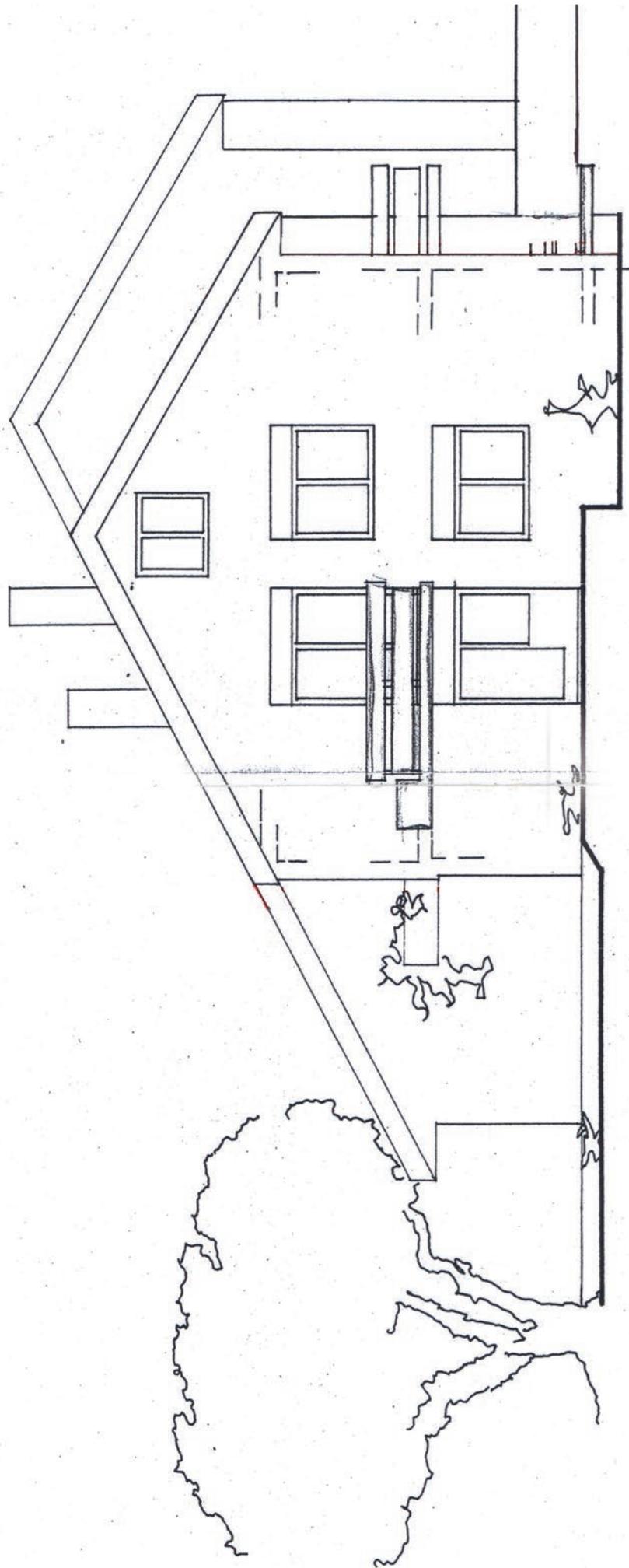
# Anhang





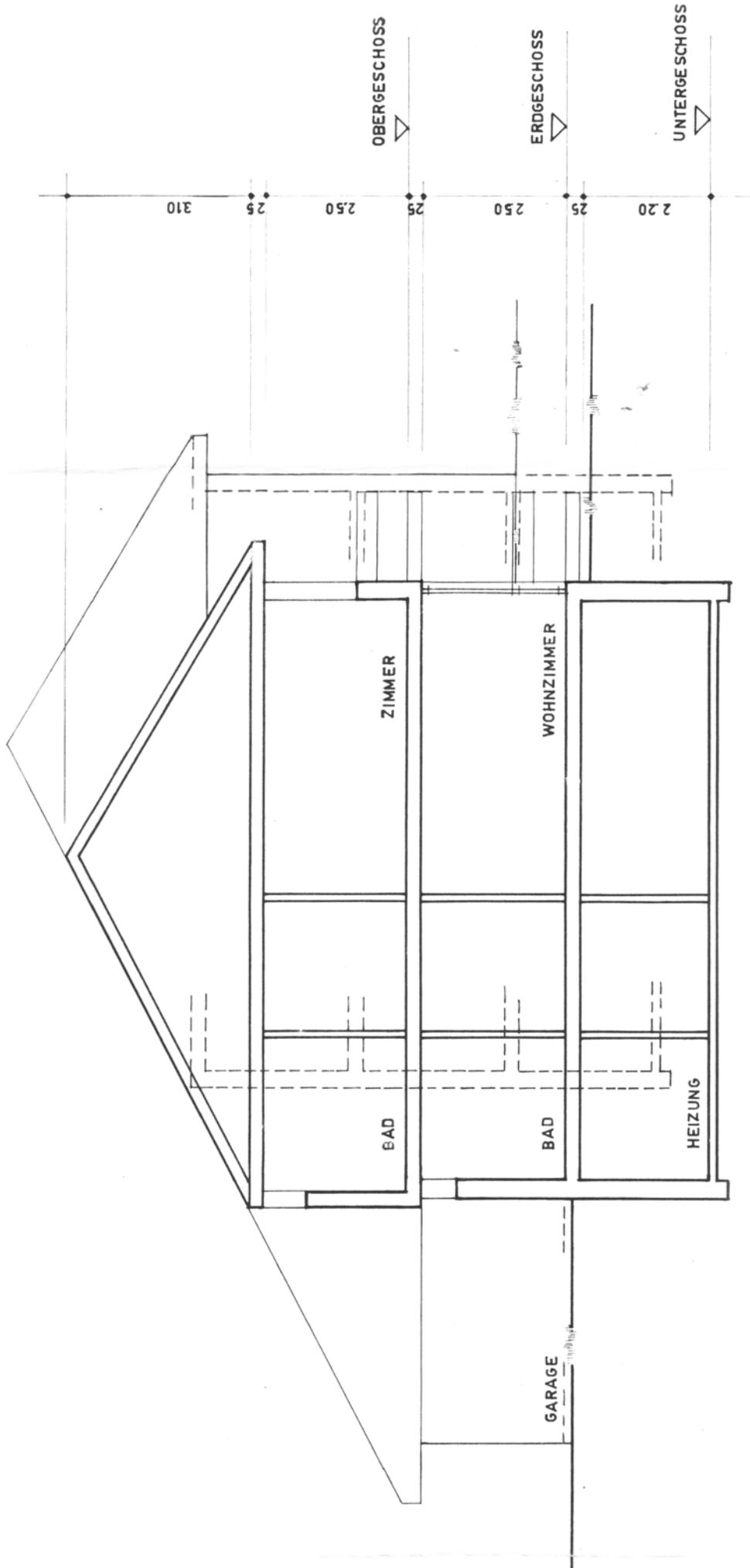
Nordfassade 1:100



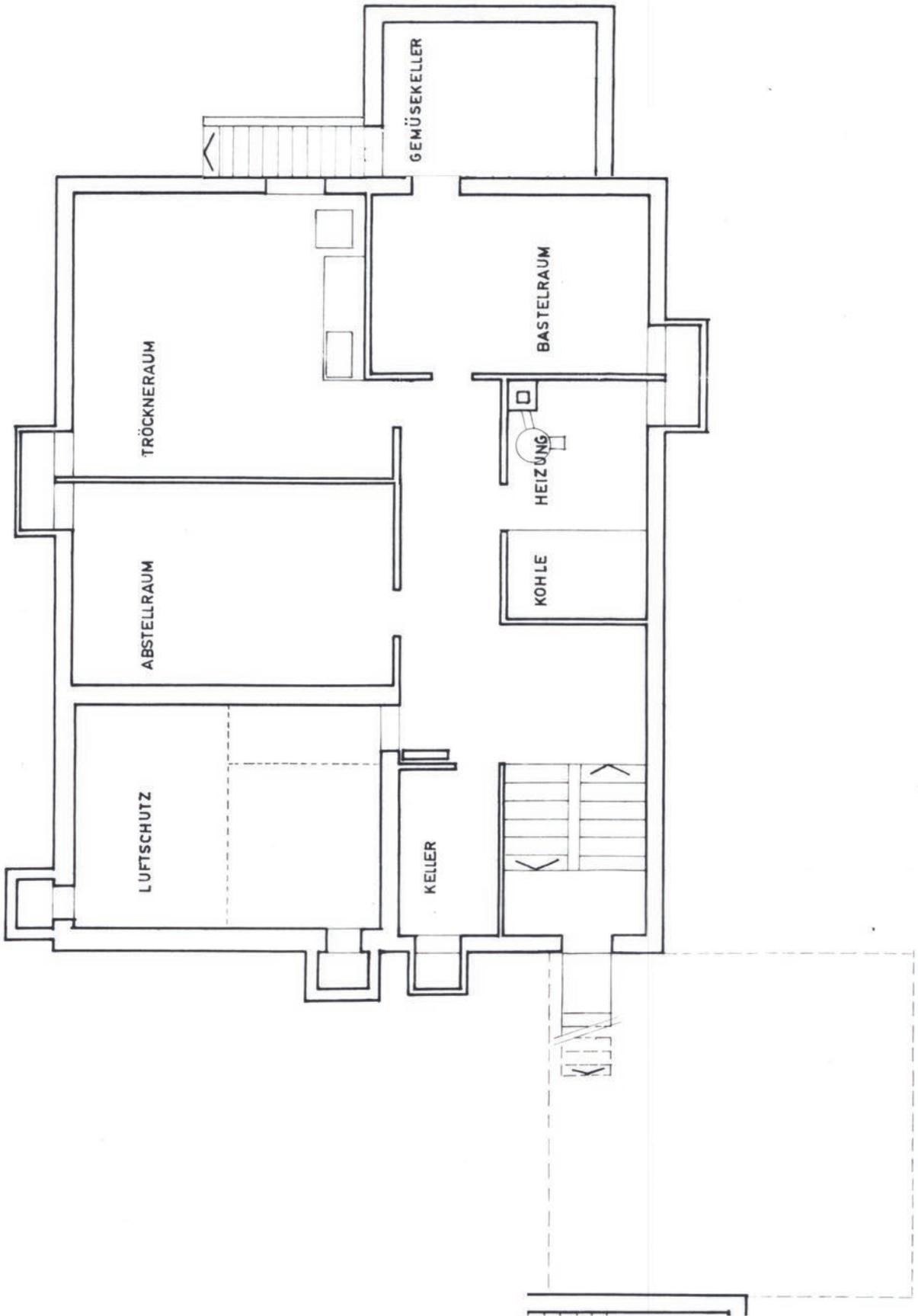


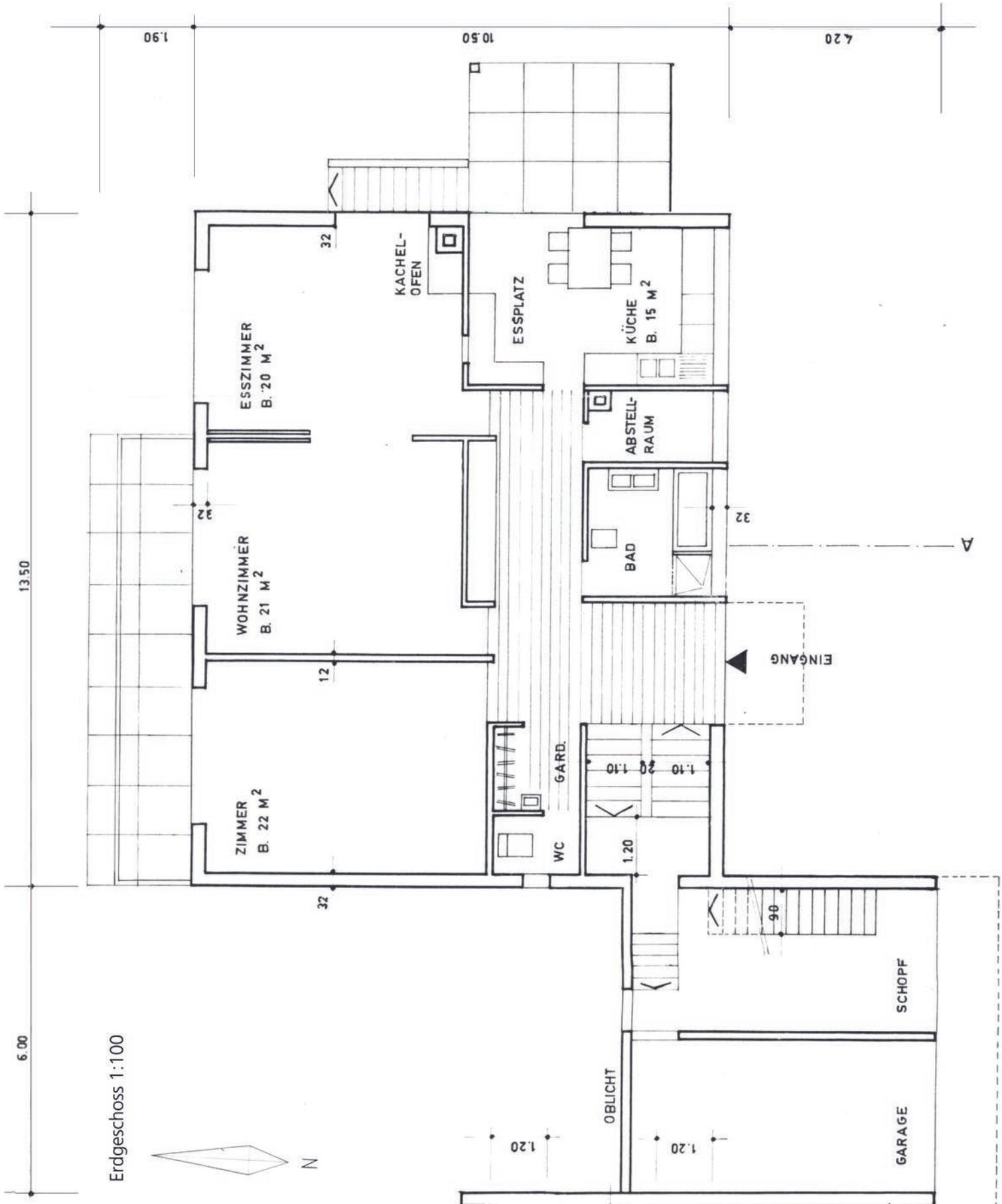
Westfassade 1:100

Querschnitt 1:100

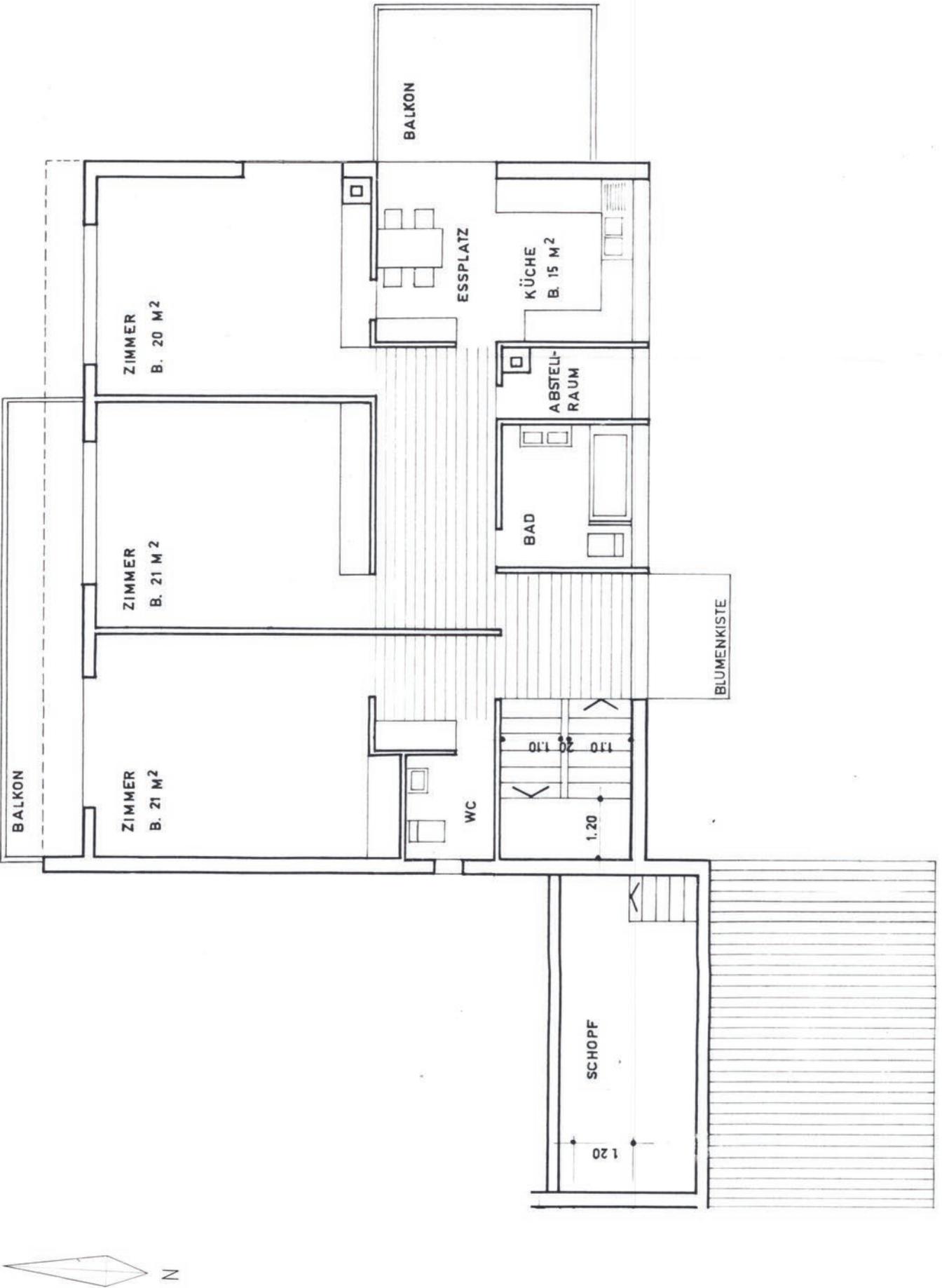


Untergeschoss 1:100





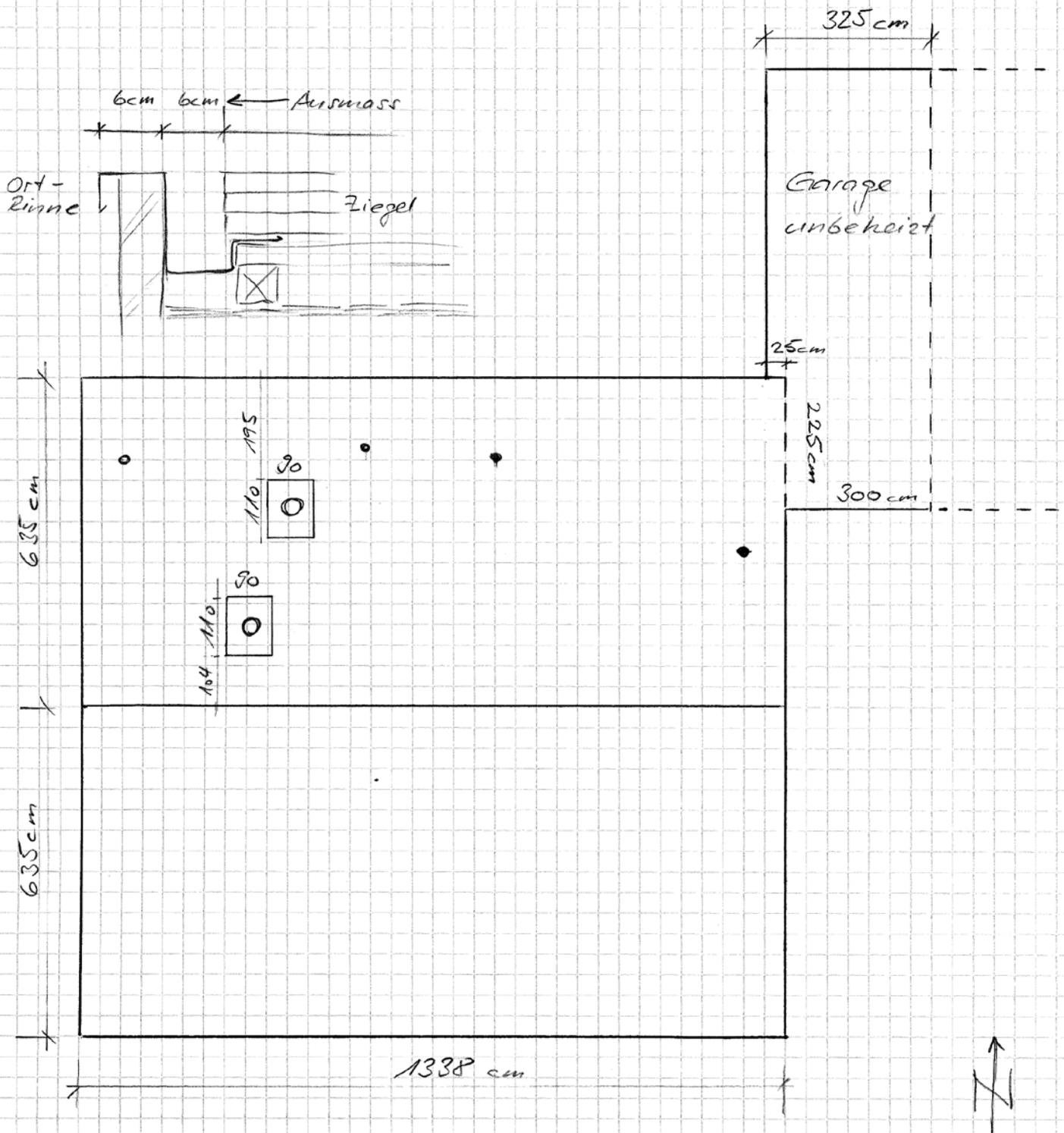
Obergeschoss 1:100



# Ausmass Dachfläche

(AK-AK Ziegelfläche)

(Maße in cm)



## Energieabrechnung

Objekt XXXXXXXXXX  
 Referenz 1 111 981  
 Ihre Referenz Heizung + Warmwasser

Rechnungsnummer XXXXXXXXXX  
 Kundennummer XXXXXXXXXX  
 Vertragskonto XXXXXXXXXX

Abrechnungszeitraum 05.09.2014 - 03.09.2015

Messung	Stand alt	Stand neu	Menge	Umrechnungs- faktor	Menge
<b>Zähler 24694388</b>					
05.09.2014 - 30.09.2014	15 439	15 597 E	158 m3	10,344	1 634 kWh
01.10.2014 - 31.12.2014	15 597	17 236 E	1 639 m3	10,344	16 954 kWh
01.01.2015 - 31.01.2015	17 236	17 907 E	671 m3	10,344	6 941 kWh
01.02.2015 - 03.09.2015	17 907	20 370	2 463 m3	10,344	25 479 kWh

**Total Energieverbrauch**

**51 008 kWh**

Produkt	Zeitraum	Menge	Preis/Einheit	Betrag in CHF
Erdgas Wärme Privat				
Energieverbrauch	05.09.2014 - 30.09.2014	1 634 kWh	7,90 Rp/kWh	129,09
Energieverbrauch	01.10.2014 - 31.12.2014	16 954 kWh	7,90 Rp/kWh	1 339,37
Energieverbrauch	01.01.2015 - 31.01.2015	6 941 kWh	7,60 Rp/kWh	527,52
Energieverbrauch	01.02.2015 - 03.09.2015	25 479 kWh	7,00 Rp/kWh	1 783,53
Leistung	05.09.2014 - 03.09.2015		450,00 CHF/Jahr	448,77

**Total Energiekosten**

**4 228,28**

## Abzüge

Teilrechnung Nr. 311 507 850 (CHF 1 290,00 inkl. 8,00% MwSt. CHF 95,56)	- 1 194,44
Teilrechnung Nr. 311 524 723 (CHF 1 290,00 inkl. 8,00% MwSt. CHF 95,56)	- 1 194,44
Teilrechnung Nr. 311 543 905 (CHF 1 290,00 inkl. 8,00% MwSt. CHF 95,56)	- 1 194,44

**Betrag ohne MwSt.**

**644,96**

MwSt. 8,00% 644,96 51,58

**Rechnungsbetrag**

**696,54**

Vergleich	Zeitraum	Verbrauch in kWh	pro Tag in kWh
Vorperiode	04.09.2013 - 04.09.2014	54 579	149,12
Aktuelle Periode	05.09.2014 - 03.09.2015	51 008	140,13

2014: CO<sub>2</sub>-Abgabe CHF 153,50 je 1 000 kg Erdgas - entspricht 1.093 Rp/kWh  
 2015: CO<sub>2</sub>-Abgabe CHF 153,50 je 1 000 kg Erdgas - entspricht 1.093 Rp/kWh

## Legende

E) Der Zählerstand wurde rechnerisch ermittelt. Der Zählerstand wurde nicht abgelesen.

Objekt [REDACTED]  
 Referenz 1 111 981  
 Ihre Referenz Heizung + Warmwasser

Rechnungsnummer [REDACTED]  
 Kundennummer [REDACTED]  
 Vertragskonto [REDACTED]

Abrechnungszeitraum 04.09.2013 - 04.09.2014

Messung	Stand alt	Stand neu	Menge	Umrechnungs- faktor	Menge
<b>Zähler 24694388</b>					
04.09.2013 - 30.09.2013	10 160	10 335 E	175 m3	10,339	1 809 kWh
01.10.2013 - 31.12.2013	10 335	12 086 E	1 751 m3	10,339	18 103 kWh
01.01.2014 - 04.09.2014	12 086	15 439	3 353 m3	10,339	34 667 kWh

**Total Energieverbrauch 54 579 kWh**

Produkt	Zeitraum	Menge	Preis/Einheit	Betrag in CHF
<b>erdgaswärme<sup>privat</sup></b>				
Energieverbrauch	04.09.2013 - 30.09.2013	1 809 kWh	7,90 Rp/kWh	142,91
Energieverbrauch	01.10.2013 - 04.09.2014	52 770 kWh	7,90 Rp/kWh	4 168,83
Leistung	04.09.2013 - 30.09.2013		450,00 CHF/Jahr	33,29
Leistung	01.10.2013 - 04.09.2014		450,00 CHF/Jahr	417,95

**Total Energiekosten 4 762,98**

**Abzüge**

Teilrechnung Nr. 311 432 994 (CHF 1 334,00 inkl. 8,00% MwSt. CHF 98,82)	- 1 235,18
Teilrechnung Nr. 311 450 602 (CHF 1 334,00 inkl. 8,00% MwSt. CHF 98,82)	- 1 235,18
Teilrechnung Nr. 311 470 358 (CHF 1 334,00 inkl. 8,00% MwSt. CHF 98,82)	- 1 235,18

**Betrag ohne MwSt. 1 057,44**  
 MwSt. 8,00% 1 057,44 84,58

**Rechnungsbetrag 1 142,02**

Vergleich	Zeitraum	Verbrauch in kWh	pro Tag in kWh
Vorperiode	05.09.2012 - 03.09.2013	56 445	155,07
Aktuelle Periode	04.09.2013 - 04.09.2014	54 579	149,12

2013: CO2-Abgabe CHF 92,10 je 1 000 kg Erdgas - entspricht 0,648 Rp/kWh  
 2014: CO2-Abgabe CHF 153,50 je 1 000 kg Erdgas - entspricht 1,093 Rp/kWh

**Legende**

E) Der Zählerstand wurde rechnerisch ermittelt. Der Zählerstand wurde nicht abgelesen.

Objekt [REDACTED]  
 Referenz 1 111 981  
 Ihre Referenz Heizung + Warmwasser

Rechnungsnummer [REDACTED]  
 Kundennummer [REDACTED]  
 Vertragskonto [REDACTED]

Abrechnungszeitraum 05.09.2012 - 03.09.2013

Messung	Stand alt	Stand neu	Menge	Umrechnungs- faktor	Menge
<b>Zähler 24694388</b>					
05.09.2012 - 31.12.2012	4 738	6 714	1 976 m3	10,410	20 571 kWh
01.01.2013 - 03.09.2013	6 714	10 160	3 446 m3	10,410	35 874 kWh
<b>Total Energieverbrauch</b>					<b>56 445 kWh</b>

Produkt	Zeitraum	Menge	Preis/Einheit	Betrag in CHF
<i>erdgaswärme<sup>privat</sup></i>				
Energieverbrauch	05.09.2012 - 31.12.2012	20 571 kWh	8,40 Rp/kWh	1 727,96
Energieverbrauch	01.01.2013 - 03.09.2013	35 874 kWh	7,90 Rp/kWh	2 834,05
Leistung	05.09.2012 - 03.09.2013		450,00 CHF/Jahr	448,77

**Total Energiekosten** **5 010,78**

**Abzüge**

Teilrechnung Nr. 311 357 515 (CHF 1 215,00 inkl. 8,00% MwSt. CHF 90,00)	- 1 125,00
Teilrechnung Nr. 311 375 355 (CHF 1 215,00 inkl. 8,00% MwSt. CHF 90,00)	- 1 125,00
Teilrechnung Nr. 311 395 035 (CHF 1 215,00 inkl. 8,00% MwSt. CHF 90,00)	- 1 125,00

**Betrag ohne MwSt.**

MwSt. 8,00% 1 635,78 **1 635,78**  
 130,86

**Rechnungsbetrag** **1 766,64**

Vergleich	Zeitraum	Verbrauch in kWh	pro Tag in kWh
Vorperiode	03.08.2011 - 04.09.2012	49 835	124,90
Aktuelle Periode	05.09.2012 - 03.09.2013	56 445	155,07

2012: inklusive CO2-Abgabe CHF 92,10 je 1 000 kg Erdgas - entspricht 0.648 Rp/kWh  
 2013: inklusive CO2-Abgabe CHF 92,10 je 1 000 kg Erdgas - entspricht 0.648 Rp/kWh

## Stromabrechnung EG

### Ihre Energie.

In der letzten Abrechnungsperiode wurden für Sie folgende Energiemengen in den angegebenen Produkten und Qualitäten produziert.

	gelieferte Menge	in %	Veränderung Energieverbrauch:
04.09.2015 bis 01.09.2016			+ 4.78%
ewz.basis	3 264 kWh	100.0	
<b>Ihr Verbrauch</b>	<b>3 264 kWh</b>	<b>100.0</b>	Durchschnittspreis Strom: 20.50 Rp./kWh (exkl. MwSt.)

### Produktebeschreibung:

ewz.basis Strom aus 100% erneuerbaren Energien. Zusammensetzung und Herkunft werden im Folgejahr deklariert.

Detailliertere Informationen zu den einzelnen Energiequalitäten erhalten Sie unter [www.ewz.ch/energie](http://www.ewz.ch/energie) oder im ewz-Kundenzentrum am Beatenplatz 2, 8001 Zürich.

### Ihre Abrechnung.

Messung.	Zeitraum	Zählernummer	Zählerstand alt	Zählerstand neu	Verbrauch
Wirkenergie Hochtarif	04.09.2015 bis 01.09.2016	11741923	9 943	12 167	2 224 kWh
Wirkenergie Niedertarif	04.09.2015 bis 01.09.2016	11741923	4 263	5 303	1 040 kWh
					<b>3 264 kWh</b>

Abrechnungsbetrag.	Zeitraum	Menge	Mwst. in %	Betrag in CHF
<b>Energief Lieferung</b>				<b>254.52</b>
ewz.basis	04.09.2015 bis 01.09.2016	3 264 kWh	8.00	254.52
<b>Netznutzung</b>				<b>327.70</b>
Wirkenergie	04.09.2015 bis 01.09.2016	3 264 kWh	8.00	327.70
<b>Kommunale und nationale Abgaben</b>				<b>86.95</b>
Leistungen an die Stadt Zürich	04.09.2015 bis 01.09.2016	3 264 kWh	8.00	46.65
Zuschlag Hochspannungsnetz	04.09.2015 bis 01.09.2016	3 264 kWh	8.00	40.30
<b>Zwischentotal</b>				<b>669.17</b>
Rundung				0.02-
<b>Abrechnungsbetrag exkl. MwSt.</b>				<b>669.15</b>
MwSt. 8.00 % von CHF 669.17				53.55

**Details zur Abrechnung.**

Messung (Details).	Zählernummer	Zählerstand alt	Zählerstand neu	Menge
04.09.2015 bis 31.12.2015				
Wirkenergie Hochtarif	11741923	9 943	10 670	727 kWh
davon ewz.basis HT				727 kWh
Wirkenergie Niedertarif	11741923	4 263	4 603	340 kWh
davon ewz.basis NT				340 kWh
01.01.2016 bis 01.09.2016				
Wirkenergie Hochtarif	11741923	10 670	12 167	1 497 kWh
davon ewz.basis HT				1 497 kWh
Wirkenergie Niedertarif	11741923	4 603	5 303	700 kWh
davon ewz.basis NT				700 kWh

Abrechnungsbetrag (Details).	Menge	Preis in CHF	Tage	MwSt. in %	Betrag in CHF
<b>Energiefieferung</b>					
04.09.2015 bis 31.12.2015					
ewz.basis HT	727 kWh	0.0920	119	8.00	66.88
ewz.basis NT	340 kWh	0.0480	119	8.00	16.32
01.01.2016 bis 01.09.2016					
ewz.basis HT	1 497 kWh	0.0920	245	8.00	137.72
ewz.basis NT	700 kWh	0.0480	245	8.00	33.60
<b>Total Energiefieferung</b>					<b>254.52</b>
<b>Netznutzung</b>					
04.09.2015 bis 31.12.2015					
Wirkenergie HT	727 kWh	0.1100	119	8.00	79.97
Wirkenergie NT	340 kWh	0.0550	119	8.00	18.70
01.01.2016 bis 01.09.2016					
Wirkenergie HT	1 497 kWh	0.1240	245	8.00	185.63
Wirkenergie NT	700 kWh	0.0620	245	8.00	43.40
<b>Total Netznutzung</b>					<b>327.70</b>
<b>Kommunale und nationale Abgaben</b>					
04.09.2015 bis 31.12.2015					
Leistungen an die Stadt Zürich HT	727 kWh	0.0170	119	8.00	12.36
Leistungen an die Stadt Zürich NT	340 kWh	0.0085	119	8.00	2.89
Zuschlag Hochspannungsnetz	1 067 kWh	0.0110	119	8.00	11.74
01.01.2016 bis 01.09.2016					
Leistungen an die Stadt Zürich HT	1 497 kWh	0.0170	245	8.00	25.45
Leistungen an die Stadt Zürich NT	700 kWh	0.0085	245	8.00	5.95
Zuschlag Hochspannungsnetz	2 197 kWh	0.0130	245	8.00	28.56
<b>Total kommunale und nationale Abgaben</b>					<b>86.95</b>
<b>Zwischentotal</b>					<b>669.17</b>
Rundung					0.02-
<b>Abrechnungsbetrag exkl. MwSt.</b>					<b>669.15</b>
MwSt. 8.00 % von CHF 669.17					53.55

**Verbrauchsvergleich zur Vorperiode.**

	Vorperiode 05.09.2014 - 03.09.2015	Aktuelle Periode 04.09.2015 - 01.09.2016	Veränderung zeitkorrigiert
	364 Tage	364 Tage	
Wirkenergie Total	3 115 kWh	3 264 kWh	+ 4.78 %

## Stromabrechnung 1. OG

### Ihre Energie.

In der letzten Abrechnungsperiode wurden für Sie folgende Energiemengen in den angegebenen Produkten und Qualitäten produziert.

	gelieferte Menge	in %	Veränderung Energieverbrauch:
04.09.2015 bis 01.09.2016			+ 12.15%
ewz.basis	1 688 kWh	100.0	
Ihr Verbrauch	1 688 kWh	100.0	Durchschnittspreis Strom: 19.65 Rp./kWh (exkl. MwSt.)

### Produktebeschreibung:

ewz.basis Strom aus 100% erneuerbaren Energien. Zusammensetzung und Herkunft werden im Folgejahr deklariert.

Detailliertere Informationen zu den einzelnen Energiequalitäten erhalten Sie unter [www.ewz.ch/energie](http://www.ewz.ch/energie) oder im ewz-Kundenzentrum am Beatenplatz 2, 8001 Zürich.

### Ihre Abrechnung.

Messung.	Zeitraum	Zählernummer	Zählerstand alt	Zählerstand neu	Verbrauch
Wirkenergie Hochtarif	04.09.2015 bis 01.09.2016	11741924	4 269	5 291	1 022 kWh
Wirkenergie Niedertarif	04.09.2015 bis 01.09.2016	11741924	2 606	3 272	666 kWh
					1 688 kWh

Abrechnungsbetrag.	Zeitraum	Menge	Mwst. in %	Betrag in CHF
<b>Energielieferung</b>				126.00
ewz.basis	04.09.2015 bis 01.09.2016	1 688 kWh	8.00	126.00
<b>Netznutzung</b>				161.83
Wirkenergie	04.09.2015 bis 01.09.2016	1 688 kWh	8.00	161.83
<b>Kommunale und nationale Abgaben</b>				43.88
Leistungen an die Stadt Zürich	04.09.2015 bis 01.09.2016	1 688 kWh	8.00	23.04
Zuschlag Hochspannungsnetz	04.09.2015 bis 01.09.2016	1 688 kWh	8.00	20.84
<b>Zwischentotal</b>				331.71
Rundung				0.01-
<b>Abrechnungsbetrag exkl. MwSt.</b>				331.70
MwSt. 8.00 % von CHF 331.71				26.55

**Details zur Abrechnung.**

Messung (Details).	Zählernummer	Zählerstand alt	Zählerstand neu	Menge
04.09.2015 bis 31.12.2015				
Wirkenergie Hochtarif	11741924	4 269	4 603	334 kWh
davon ewz.basis HT				334 kWh
Wirkenergie Niedertarif	11741924	2 606	2 823	217 kWh
davon ewz.basis NT				217 kWh
01.01.2016 bis 01.09.2016				
Wirkenergie Hochtarif	11741924	4 603	5 291	688 kWh
davon ewz.basis HT				688 kWh
Wirkenergie Niedertarif	11741924	2 823	3 272	449 kWh
davon ewz.basis NT				449 kWh

Abrechnungsbetrag (Details).	Menge	Preis in CHF	Tage	MwSt. in %	Betrag in CHF
<b>Energiefieferung</b>					
04.09.2015 bis 31.12.2015					
ewz.basis HT	334 kWh	0.0920	119	8.00	30.73
ewz.basis NT	217 kWh	0.0480	119	8.00	10.42
01.01.2016 bis 01.09.2016					
ewz.basis HT	688 kWh	0.0920	245	8.00	63.30
ewz.basis NT	449 kWh	0.0480	245	8.00	21.55
<b>Total Energiefieferung</b>					<b>126.00</b>
<b>Netznutzung</b>					
04.09.2015 bis 31.12.2015					
Wirkenergie HT	334 kWh	0.1100	119	8.00	36.74
Wirkenergie NT	217 kWh	0.0550	119	8.00	11.94
01.01.2016 bis 01.09.2016					
Wirkenergie HT	688 kWh	0.1240	245	8.00	85.31
Wirkenergie NT	449 kWh	0.0620	245	8.00	27.84
<b>Total Netznutzung</b>					<b>161.83</b>
<b>Kommunale und nationale Abgaben</b>					
04.09.2015 bis 31.12.2015					
Leistungen an die Stadt Zürich HT	334 kWh	0.0170	119	8.00	5.68
Leistungen an die Stadt Zürich NT	217 kWh	0.0085	119	8.00	1.84
Zuschlag Hochspannungsnetz	551 kWh	0.0110	119	8.00	6.06
01.01.2016 bis 01.09.2016					
Leistungen an die Stadt Zürich HT	688 kWh	0.0170	245	8.00	11.70
Leistungen an die Stadt Zürich NT	449 kWh	0.0085	245	8.00	3.82
Zuschlag Hochspannungsnetz	1 137 kWh	0.0130	245	8.00	14.78
<b>Total kommunale und nationale Abgaben</b>					<b>43.88</b>
<b>Zwischentotal</b>					<b>331.71</b>
Rundung					0.01-
<b>Abrechnungsbetrag exkl. MwSt.</b>					<b>331.70</b>
MwSt. 8.00 % von CHF 331.71					26.55

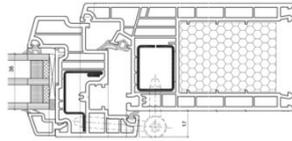
**Verbrauchsvergleich zur Vorperiode.**

	Vorperiode 05.09.2014 - 03.09.2015	Aktuelle Periode 04.09.2015 - 01.09.2016	Veränderung zeitkorrigiert
	364 Tage	364 Tage	
Wirkenergie Total	1 505 kWh	1 688 kWh	+ 12.15 %

# Leibung

M= 1:5

Aussen



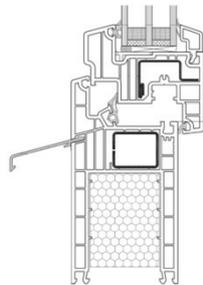
Innen

# Brüstung

M= 1:5

Aussen

Innen



# Musterlösungen



## Lösung Fallbeispiel 1

# Zustandsanalyse und Beratung

1.1 Erstellen Sie eine Liste aller Informationen, die Ihnen die Bauherrschaft zu folgenden Themen angeben soll:

### Gebäudedaten

- Adresse
- Gebäudekategorie (EFH, MFH)
- Baujahr
- Bauweise (schwer, mittel, leicht)
- Wurde in den letzten Jahren etwas erneuert? Wenn ja, was?

### Gebäude- und Konstruktionspläne

- Ansichten
- Grundrisspläne
- Detail- und Schnittzeichnungen M 1:20 oder 1:50

### Haustechnik

- Art des Heizsystems, mit welcher Leistung
- Welcher Energieträger
- Lüftungsanlage vorhanden?
- Wasserspeicher vorhanden? Funktion? Grösse?

### Energieverbrauch

- Durchschnittlicher Energieverbrauch der letzten 3 bis 4 Jahre
- Detailübersicht der Abrechnung der letzten 3 bis 4 Jahre
- Stromverbrauch und Abrechnung der letzten 3 bis 4 Jahre

→ je nach Tiefe, können die Checklisten «GEAK Plus, Beratungsbericht Gebäudeerneuerung» oder «Vorbereitung zur Energieberatung» der Regionalkonferenz Bern Mittelland eingesetzt werden.

1.2 Zeichnen Sie auf den Plänen die thermische Gebäudehülle ein. Markieren Sie die grössten Wärmebrücken und überlegen Sie sich, wie diese bei einer Sanierung verbessert werden könnten. Zeichnen Sie ihre Überlegungen in die Pläne ein.

#### Dach

- Zwischen den Sparren und über den Sparren dämmen.
- Überdämmen der ins Freie laufenden Betonplatte auf der Stirn- und Unterseite.

#### Aussenwände

- Wände zusätzlich Dämmen
- Balkone auf der Südseite abtrennen und ausserhalb neu erstellen

■ **Achtung:** Die Fensterleibungen, Sturz und Fenstersims müssen zwingend gedämmt werden, oder die Fenster werden ausserkannt Fassade montiert, so dass mit der Fassadendämmung direkt auf das Fenster angeschlossen werden kann.

#### Fenster

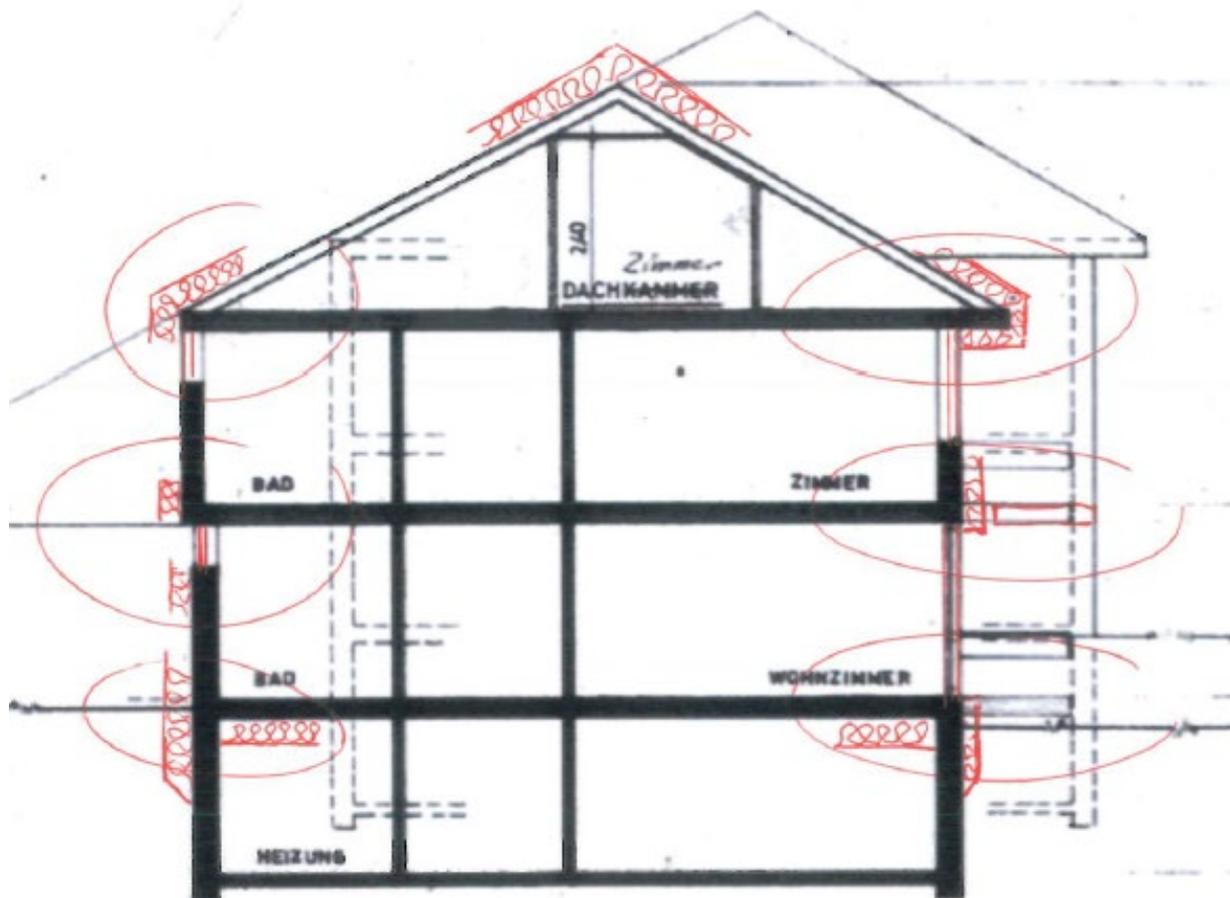
- Neue 3-fach verglaste Fenster einsetzen
- Fenster luftdicht anschliessen
- Fassadendämmung an Fenster anschliessen

#### Unterterrain

- Fassadendämmung bis mindestens 50 cm ins Terrain führen

#### Kellerdecke

- Kellerdecke dämmen



**1.3 Wägen Sie auf Grund der Filmaufnahme «Analyse der Dachkonstruktion» die Vor- und Nachteile des Baus einer Photovoltaik- oder einer thermischen Solaranlage ab, wenn das Dach nicht erneuert wird.**

Die Dachziegel auf der Nordseite sind in einem sehr schlechten Zustand. Diese Dachseite muss in den kommenden Jahren zwingend erneuert werden. Allein aus diesem Grund macht die Überlegung einer Gesamtsanierung des Daches Sinn.

Die Wärmedämmung im Dach entspricht mit 5 cm Glaswolle bei weitem nicht mehr den heutigen Dämmstandards. Über die Dachfläche geht viel zu viel Heizwärme unnötig verloren. Infolgedessen ist eine Gesamterneuerung des Daches (Luftdichtigkeit, Wärmedämmung, Unterdach, Eindeckung) zwingend anzustreben. Die Dacheindeckung auf der Südseite wird nun sinnvollerweise mit einer dachintegrierten Solaranlage (PV, Solarwärme oder in Kombination) eingedeckt.

**1.4 Erstellen Sie ein einfaches Sanierungskonzept, in dem sie der Bauherrschaft aufzeigen, in welcher Reihenfolge sie ihr Gebäude und die Haustechnik erneuern soll und welche Teilschritte sinnvollerweise zeitgleich ausgeführt werden sollen. Begründen Sie Ihre Aufzählungen.**

Bevor die Heizung ersetzt wird, sollten alle Verluste auf ein Minimum reduziert werden. Das heisst, zuerst die Gebäudehülle dämmen, dann die Wärmequelle bestimmen und auslegen. Wenn man in dieser Reihenfolge vorgeht, kann eine Heizung mit geringerer Heizleistung oder sinnvollerweise auch eine alternative Wärmezeugung eingesetzt werden.

**Empfohlene Etappierung**

**1. Ersatz der Fenster und Wärmedämmung der Fassade** (bei unserem Objekt wäre die Dacherneuerung an erster Stelle, da die Ziegel schlecht sind). Fenster und Fassadendämmung sollten wann immer möglich gleichzeitig erfolgen. Der reine Fensterersatz erhöht die Gefahr der Schimmelbildung in Fensternähe. **Wichtig:** Die Leibungen, Sturz und Brüstung müssen gedämmt werden.

**Achtung:** Die Fassadendämmung sollte min 50 cm in das Terrain geführt werden und gleichzeitig weiter unten sein, als die Deckendämmung des Kellers.

**2. Wärmedämmung des Daches oder des Estrichbodens und der Kellerdecke.** In unserem Beispiel ist das Dämmen der Dachkonstruktion die richtige Lösung, da zum einen das Dachgeschoss genutzt werden kann und zum anderen die Übergänge des Estrichbodens (Betondecke) zur Aussenwand nicht lückenlos gedämmt werden können. Der zeitgleiche Einsatz einer solaren Dacheindeckung macht vor allem auf der Südseite Sinn. Der Zeitpunkt, zu welchem die Kellerdecke gedämmt wird, steht nicht im Zusammenhang mit anderen Massnahmen.

**3. Ersatz des Wärmeerzeugers.** Durch eine gut gedämmte Gebäudehülle und somit einem geringeren Heizwärmebedarf, wird eine Überdimensionierung des neuen Wärmeerzeugers vermieden. Wenn möglich alternative Heizsysteme einsetzen.

Als Hilfsmittel kann das Merkblatt «Clever Sanieren – Energieverbrauch halbieren» eingesetzt werden.

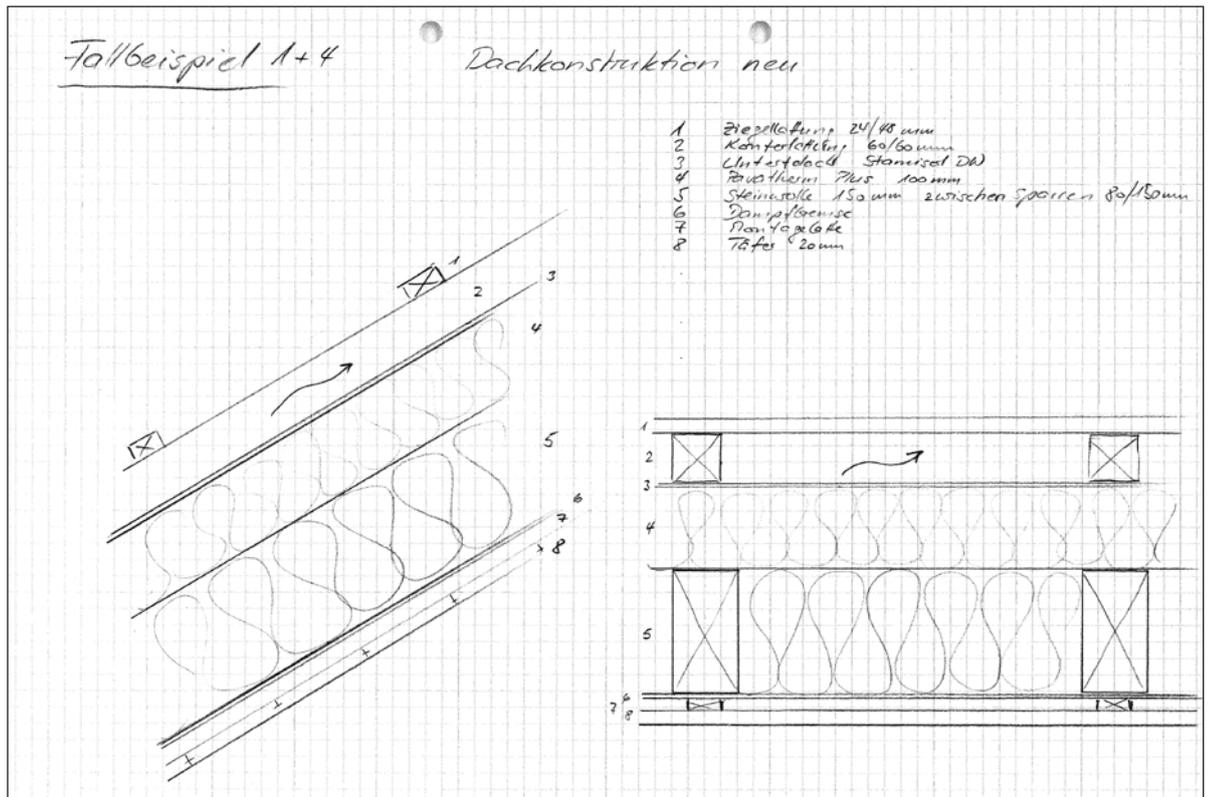
[www.gh-schweiz.ch/files/cms/mod\\_Shop/17/Clever\\_sanieren\\_d.pdf](http://www.gh-schweiz.ch/files/cms/mod_Shop/17/Clever_sanieren_d.pdf)

4. Ersatz von Geräten und Aufrüstung der übrigen Gebäudetechnik. Der Ersatz von Geräten (Beleuchtung, Kühlschrank, Backofen) oder der Einbau von zusätzlicher Gebäudetechnik (Automatisieren des Sonnenschutzes oder bewegungsabhängige Lichtschaltung in Durchgängen) stehen nicht im Zusammenhang mit den Massnahmen an der Gebäudehülle und können laufend erfolgen. Diese Massnahmen haben das geringste Einsparpotenzial.

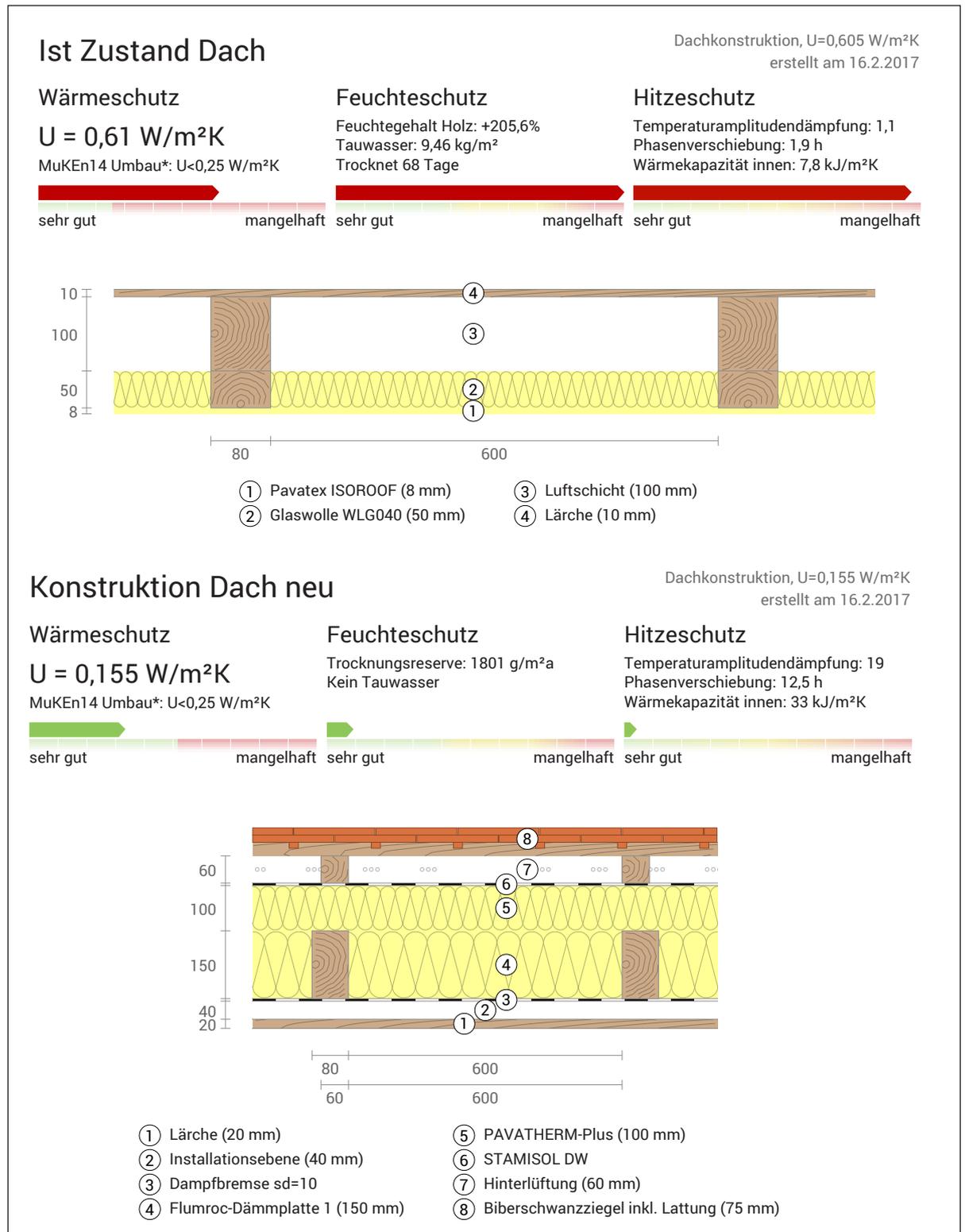
**Zusatzaufgaben**

1.5 Erstellen Sie eine Skizze eines möglichen Schichtaufbaus bei einer energetischen Verbesserung des Daches.

Quelle: Merkblatt «Clever Sanieren – Energieverbrauch halbieren», Gebäudehülle Schweiz



1.6 Erstellen Sie eine U-Wert-Berechnung für das bestehende geneigte Dach und für Ihren Verbesserungsvorschlag. Dafür kann das Tool «U-Wert.net» eingesetzt werden.



1.7 Berechnen Sie das «Liter-Öl-Äquivalent» des flächenbezogenen Heizenergieverbrauchs des Gebäudes (Stufe Endenergie). Vergleichen Sie den Wert mit heute üblichen Werten für Neubauten. Verwenden Sie für die Berechnung die vorliegenden Gas-Verbrauchsdaten. Nehmen Sie an, dass der Nutzenergieverbrauch für die Warmwasserbereitstellung 750 kWh pro Person und Jahr beträgt und der Wärmeerzeuger für die Warmwasserbereitstellung einen Jahresnutzungsgrad von 0,65 hat.

Grundriss:  $13,50 \text{ m} \cdot 10,50 \text{ m} = 141,75 \text{ m}^2$  pro Geschoss

EG und 1.OG sind beheizt

→  $2 \cdot 141,75 \text{ m}^2 = 283,50 \text{ m}^2$  beheizte Fläche

4 Personen →  $4 \cdot 750 \text{ kWh} \cdot 1/0,65 = 4600 \text{ kWh}$  für Warmwasser

→  $52\,500 \text{ kWh}_{\text{tot}} - 4600 \text{ kWh}_{\text{WW}} = 47\,900 \text{ kWh}$  für Heizung

→  $47\,900 \text{ kWh} / 283,50 \text{ m}^2 = 168,96 \text{ kWh/m}^2$

→ knapp 17 Liter Öl (bzw.  $\text{m}^3$  Gas) pro  $\text{m}^2$

## Lösung Fallbeispiel 2

# Photovoltaikanlage

2.1 Entscheiden Sie, ob eine Indach- oder Aufdach-Anlage sinnvoller ist. Begründen Sie Ihre Auswahl ausführlich.

Eine Aufdach-Anlage ist grundsätzlich günstiger und einfacher zu realisieren. Eine Indach-Anlage ist sinnvoll, wenn die Ästhetik ein Kriterium ist. Da Massnahmen am Unterdach notwendig sind, ist eine Indach-Anlage nur zu empfehlen, wenn sich die Bauherrschaft für eine umfassende Dacherneuerung entscheidet.

2.2 Erstellen Sie eine Zeichnung der Module inklusive Verschaltung mit Wechselrichterauslegung.

- Module: LG 300 N1C-G4 mono (ca. 19 %); 300 Wp;  $U = 32,2 \text{ V}$ ;  $U_o = 39,8 \text{ V}$ ;  $I = 9,34 \text{ A}$ ;  $1,64 \cdot 1 \text{ m}$  (siehe Datenblatt).
- Dachfläche =  $13,50 \text{ m} \cdot 6,35 \text{ m}$

■ Quere Verlegung zu je 8 Panels:

$8 \cdot 1,64 \text{ m} = 13,12 \text{ m}$  und 6 Panels in der Schräge:  $6 \cdot 1 \text{ m} = 6 \text{ m}$  (bei beiden Massen ca. 0,5 m Toleranz)

■  $8 \cdot 6 = 48 \text{ Panels} \cdot 300 \text{ W} = 14,4 \text{ kWp}$

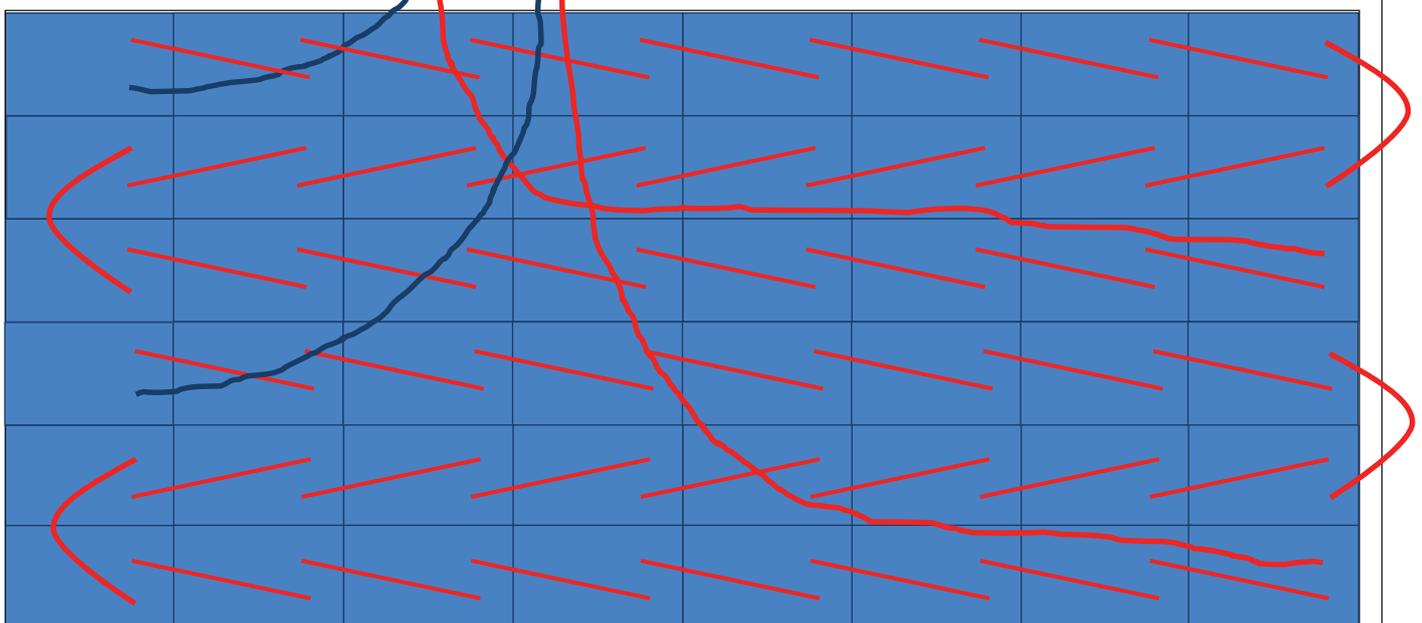
■ Damit die Aufteilung der Stränge berechnet werden kann (meist zwei Strings möglich), muss der Wechselrichter bestimmt werden: SMA 1500TL, 360–800V/600V, 33A/11A, siehe Datenblatt. Aufgeteilt in 2 Strings zu 24 Panels, ergibt  $U = 772,8 \text{ V}$  und  $I = 9,34 \text{ A}$ .

Die Anlage arbeitet so im optimalen Bereich für den Wechselrichter.

■ **Achtung!** Bei Leerlauf und bei Kälte (z. B.  $-10^\circ\text{C}$ ) steigt die Leerlaufspannung gemäss Datenblatt ( $V_{oc} = -0,28\% / ^\circ\text{C}$ ) um 9,8% an. Das bedeutet, die maximale Leerlaufspannung beträgt statt  $955,2 \text{ V}$  nun  $1048,8 \text{ V}$ . Die normale Leerlaufspannung eines Wechselrichters ist in der Regel auf  $1000 \text{ V}$  limitiert (auch beim gewählten Wechselrichter von SMA). Ob der Wechselrichter das aushält, respektive ob die Garantie dann erlischt, ist noch abzuklären.

Dach:  $13,5 \cdot 6,3 \text{ m}$ ,  
Modul:  $1,64 \cdot 1 \text{ m}$

String 1      String 2  
-      +      -      +



2.3 Listen Sie alle nötigen Komponenten (inkl. Leistungsdaten) auf und geben Sie an, wo diese im, ums oder auf dem Haus montiert werden sollen.

- 48 Panels (LG 300W)
- SMA-Wechselrichter (15000TL, 360–800V/600V, 33A/11A, siehe Datenblatt nächste Seite)
- Kabel (4 mm<sup>2</sup>, evtl. 6 mm<sup>2</sup>)
- Dachhalterungen für Panels
- Blitzschutz: Modulfeld mit Fangleitung am First und an der Dachtraufe mit der Rinne verbinden (Maschennetz 15 m, an beiden Ecken genügt)
- DC-Schalter vor Wechselrichter
- Überspannungsschutz und 25-A-Sicherung 3-polig in der Schaltgerätekombination (SgK)
- Dachhaken
- Schrauben zu Dachhaken
- Montageschiene
- Modulklemmen
- Einfassung für Dacheintritt
- Schutzrohre für Stringkabel
- evt. Ablaufrohr, wenn Leitung ausserhalb Gebäude
- Kabelbinder, UV-beständig oder Isolierdraht
- Kabelkanal inkl. Befestigungsmittel

LG300N1C-G4

# LG NeON<sup>2</sup>

## Mechanical Properties

Cells	6 x 10
Cell Vendor	LG
Cell Type	Monocrystalline / N-type
Cell Dimensions	156.75 x 156.75 mm / 6 x 6 inch
# of Busbar	12 (Multi Wire Busbar)
Dimensions (L x W x H)	1640 x 1000 x 40 mm 64.57 x 39.37 x 1.57 inch
Front Load	6000 Pa / 125 psf
Rear Load	5400 Pa / 113 psf
Weight	17.0 ± 0.5 kg / 37.48 ± 1.1 lbs
Connector Type	MC4, MC4 Compatible, IP67
Junction Box	IP67 with 3 Bypass Diodes
Length of Cables	2 x 1000 mm / 2 x 39.37 inch
Glass	High Transmission Tempered Glass
Frame	Anodized Aluminum

## Certifications and Warranty

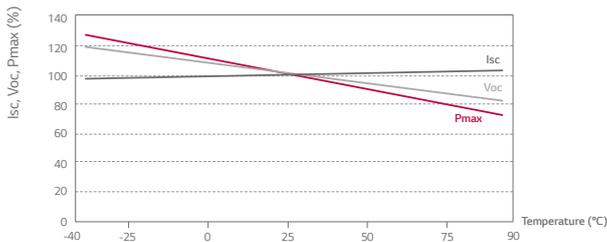
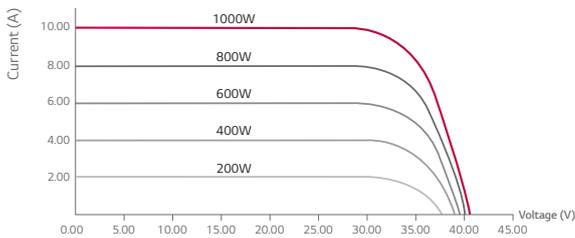
Certifications	IEC 61215, IEC 61730-1/-2, UL 1703, ISO 9001, IEC 62716 (Ammonia Test), IEC 61701 (Salt Mist Corrosion Test)
Module Fire Performance	Type 2 (UL 1703)
Product Warranty	12 Years
Output Warranty of Pmax	Linear Warranty*

\* 1) 1st year: 98%, 2) After 2nd year: 0.6%p annual degradation, 3) 83.6% for 25 years

## Temperature Coefficients

NOCT	46 ± 3 °C
Pmpp	-0.38 %/°C
Voc	-0.28 %/°C
Isc	0.03 %/°C

## Characteristic Curves



## Electrical Properties (STC\*)

	300 W
MPP Voltage (Vmpp)	32.2
MPP Current (Impp)	9.34
Open Circuit Voltage (Voc)	39.8
Short Circuit Current (Isc)	9.90
Module Efficiency (%)	18.3
Operating Temperature (°C)	-40 ~ +90
Maximum System Voltage (V)	1000
Maximum Series Fuse Rating (A)	20
Power Tolerance (%)	0 ~ +3

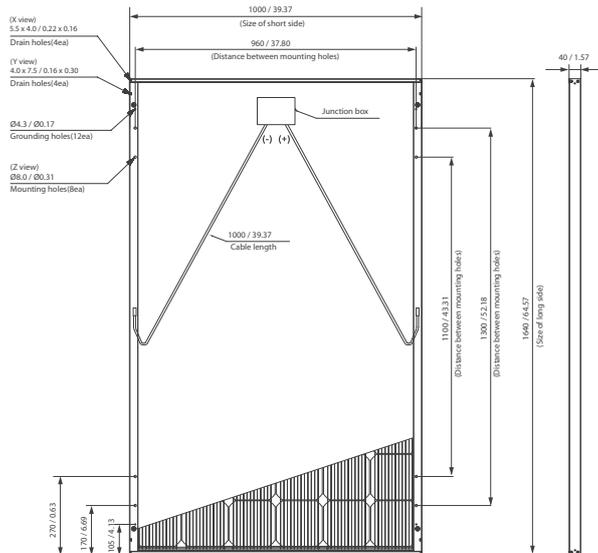
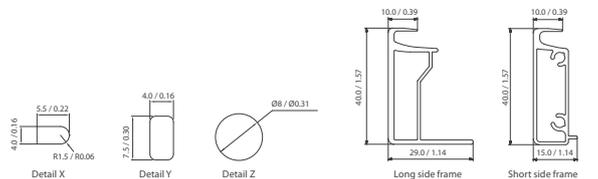
\* STC (Standard Test Condition): Irradiance 1000 W/m<sup>2</sup>, Module Temperature 25 °C, AM 1.5  
 \* The nameplate power output is measured and determined by LG Electronics at its sole and absolute discretion.  
 \* The typical change in module efficiency at 200 W/m<sup>2</sup> in relation to 1000 W/m<sup>2</sup> is -2.0%.

## Electrical Properties (NOCT\*)

	300 W
Maximum Power (Pmpp)	220
MPP Voltage (Vmpp)	29.5
MPP Current (Impp)	7.45
Open Circuit Voltage (Voc)	36.9
Short Circuit Current (Isc)	7.98

\* NOCT (Nominal Operating Cell Temperature): Irradiance 800 W/m<sup>2</sup>, ambient temperature 20 °C, wind speed 1 m/s

## Dimensions (mm / in)



\* The distance between the center of the mounting/grounding holes.



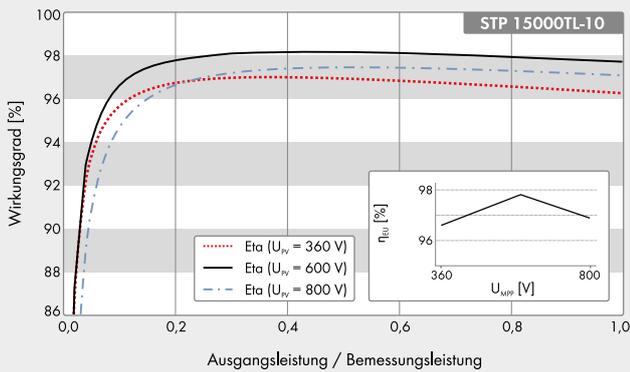
LG Electronics Inc.  
 Solar Business Division  
 Seoul Square 416, Hangeang-daero, Jung-gu, Seoul 100-714, Korea  
 www.lg-solar.com

Product specifications are subject to change without notice.  
 DS-N2-60-C-G-F-EN-50624

Copyright © 2015 LG Electronics. All rights reserved.  
 01/06/2015



**Wirkungsgradkurve**



**Zubehör**

- RS485-Schnittstelle DM-485CB-10
- Power Control Module PWCMOD-10
- DC-Überspannungsableiter Typ II, Eingang A und B DC\_SPD\_KIT\_2-10
- Speedwire/Webconnect-Schnittstelle SWDM-10
- Multifunktionsrelais MFR01-10

● Serienausstattung ○ Optional – Nicht verfügbar  
Angaben bei Nennbedingungen  
Stand Januar 2016

**Technische Daten**

**Eingang (DC)**

Max. DC-Leistung (bei  $\cos \varphi = 1$ ) / Bemessungsleistung (DC)  
 Max. Eingangsspannung  
 MPP-Spannungsbereich / Bemessungseingangsspannung  
 Min. Eingangsspannung / Start-Eingangsspannung  
 Max. Eingangsstrom Eingang A / Eingang B  
 Max. Eingangsstrom pro String Eingang A<sup>1</sup> / Eingang B<sup>1</sup>  
 Max. Kurzschlussstrom Eingang A / Eingang B  
 Anzahl der unabhängigen MPP-Eingänge / Strings pro MPP-Eingang

**Ausgang (AC)**

Bemessungsleistung (bei 230 V, 50 Hz)  
 Max. AC-Scheinleistung  
 AC-Nennspannung  
 AC-Nennspannungsbereich  
 AC-Netzfrequenz / Bereich  
 Bemessungsnetzfrequenz / Bemessungsnetzspannung  
 Max. Ausgangsstrom / Bemessungsausgangsstrom  
 Leistungsfaktor bei Bemessungsleistung / Verschiebungsfaktor einstellbar  
 THD  
 Einspeisephasen / Anschlussphasen

**Wirkungsgrad**

Max. Wirkungsgrad / Europ. Wirkungsgrad

**Schutzeinrichtungen**

Eingangsseitige Freischaltstelle  
 Erdschlussüberwachung / Netzüberwachung  
 DC-Überspannungsableiter: SPD Typ III / SPD Typ II  
 DC-Verpolungsschutz / AC-Kurzschlussfestigkeit / Galvanisch getrennt  
 Allstromsensitive Fehlerstromüberwachungseinheit / Elektronische Stringstromüberwachung  
 Schutzklasse (nach IEC 62109-1) / Überspannungskategorie (nach IEC 62109-1)

**Allgemeine Daten**

Maße (B / H / T)  
 Gewicht  
 Betriebstemperaturbereich  
 Geräuschemission, typisch  
 Eigenverbrauch (Nacht)  
 Topologie / Kühlprinzip  
 Schutzart (nach IEC 60529)  
 Klimaklasse (nach IEC 60721-3-4)  
 Zulässiger Maximalwert für die relative Feuchte (nicht kondensierend)

**Ausstattung / Funktion**

DC-Anschluss / AC-Anschluss  
 Display  
 Schnittstelle: RS485, Bluetooth®, Speedwire/Webconnect  
 Datenschnittstelle: SMA Modbus / SunSpec Modbus  
 Multifunktionsrelais / Power Control Module  
 OptiTrack Global Peak / Integrated Plant Control / Q on Demand 24/7  
 Off-Grid fähig / SMA Fuel Save Controller kompatibel  
 Garantie: 5 / 10 / 15 / 20 / 25 Jahre

**Zertifikate und Zulassungen (weitere auf Anfrage)**

<sup>1</sup> Im Kurzschlussfall der elektronischen Stringsicherung zu beachten  
<sup>2</sup> Gilt nicht für alle nationalen Anhänge der EN 50438

Typenbezeichnung

**Sunny Tripower  
15000TL**

15340 W / 15340 W  
 1000 V  
 360 V bis 800 V / 600 V  
 150 V / 188 V  
 33 A / 11 A  
 40 A / 12,5 A  
 50 A / 17 A  
 2 / A;5; B:1

15000 W  
 15000 VA

3 / N / PE; 220 / 380 V  
 3 / N / PE; 230 / 400 V  
 3 / N / PE; 240 / 415 V

160 V bis 280 V  
 50 Hz / 44 Hz bis 55 Hz  
 60 Hz / 54 Hz bis 65 Hz

50 Hz / 230 V  
 24 A / 24 A

1 / 0 übererregt bis 0 untererregt

≤ 3 %  
 3 / 3

98,2% / 97,8%

●

● / ●

● / ○

● / ● / –

● / ●

I / AC: III; DC: II

665 / 690 / 265 mm (26,2 / 27,2 / 10,4 inch)

59 kg (130,07 lb)

–25 °C bis +60 °C (–13 °F bis +140 °F)

51 dB(A)

1 W

Transformatorlos / OptiCool

IP65

4K4H

100%

SUNCLIX / Federzugklemme

Grafik

○ / ● / ○

○ / ○

○ / ○

● / ● / ●

● / ●

● / ○ / ○ / ○ / ○ / ○

AS 4777, BDEW 2008, C10/11:2012, CE, CEI 0-16, CEI 0-21, EN 50438<sup>2</sup>, G59/3, IEC 60068-2, IEC 61727, MEA 2013, IEC 62109-1/2, NEN EN 50438, PPC, PPDS, RD 1699, RD 661/2007, SI4777, UTE C15-712-1, VDE 0126-1-1, VDE-ARN 4105, VFR 2013, VFR 2014

STP 15000TL-10

**2.4 Entscheiden Sie, wo die DC-Leitungen verlegt werden sollen. Beachten Sie spätere Ausbaumöglichkeiten und zeigen Sie diese der Bauherrschaft auf.**

■ Durchbruch beim Kellereingang aussen auf der Westseite, dann mit Kabelkanal zur SgK.

■ Eine Verlegung im Kamin ist schöner, macht aber einen Durchbruch im Kamin nötig, der oben auf dem Dach und unten an der Kellerdecke abgedichtet werden muss. Da der Kamin nicht mehr in Betrieb ist, wird dieser bei einem späteren Dachausbau sicher abgebrochen. In diesem Fall ist eine Leitungsführung ausserhalb sinnvoller.

■ Leitungsverlust (Stromwärmeverluste), resp. Spannungsfall kann hier noch berechnet werden. Annahme ca. 10 m Leitung mit einem Querschnitt von  $4 \text{ mm}^2$  ergibt einen Widerstand von  $0,0875 \Omega$ , bei einem durchschnittlichen Strom von 8 A ergibt das ein  $\Delta U = 0,7 \text{ V}$ ;  $P_v = 5,6 \text{ W}$ , vernachlässigbar klein bei einer Anlage mit 14,4 kW.

2.5 Erstellen Sie eine Kostenrechnung mit Amortisation über 20 Jahre. Es wird von einem geschätzten Installationspreis von 2500 Fr./kWp ausgegangen. Der Stromverbrauch der Familie Muster der letzten Jahre ist dokumentiert. Verwenden Sie für Ihre Berechnung die aktuellen Tarife des lokalen Energieversorgers.

■ Kosten: Hochtarif 21.05 Rp., Niedertarif 11.52 Rp. Abzurufen unter: [www.groupe-e.ch/de/elektrizitaet/basic](http://www.groupe-e.ch/de/elektrizitaet/basic), mit Wärmepumpe noch ein bisschen günstiger

■ Die Einspeisevergütung des EVU kann man unter [www.pvtarif.ch](http://www.pvtarif.ch) nachschauen, → Fribourg 9.3 Rp./kWh (Zählermiete 6.50 Fr./Monat)

■ Preis ca. 2500 Fr./kWp · 14,4 kWp → ca. 36 000 Fr.

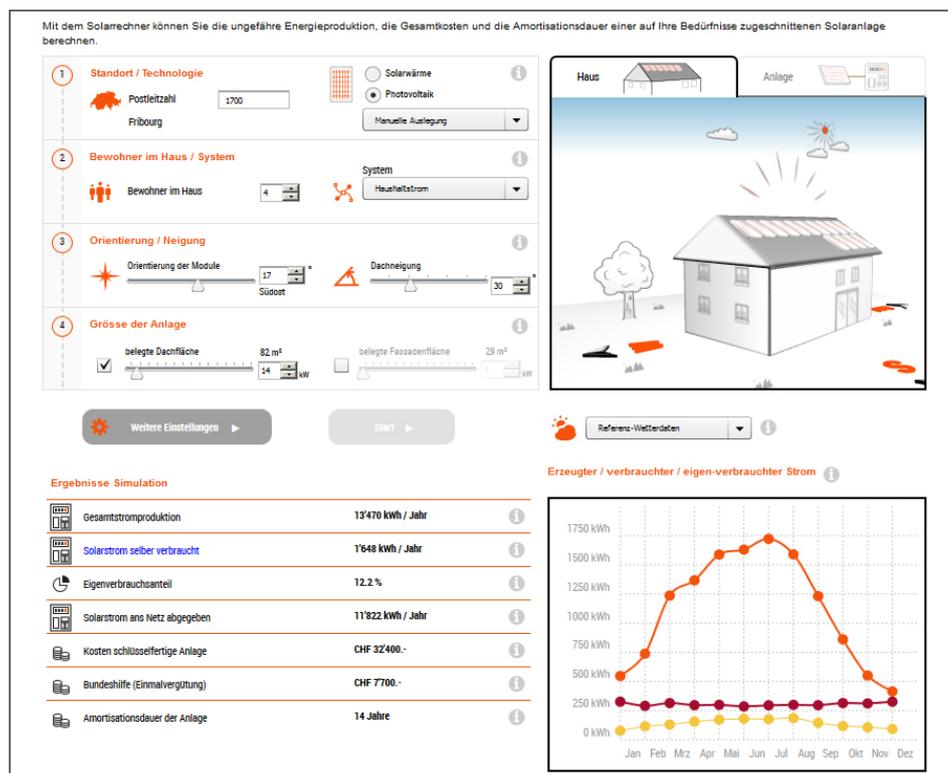
■ KEV oder EIV: (von 10 kW bis 30 kW kann man wählen, grundsätzlich ist EIV zu bevorzugen, da die Eingabe schneller abgewickelt wird und bei einer guten Eigenverbrauchsmöglichkeit eine bessere Rendite erfolgt).

KEV = 19 Rp./kWh über 20 Jahre ab Entscheidung (geht ca. 3 Jahre)

EIV = 8600 Fr. (Grundpauschale 1400 Fr. und 500 Fr./kWp ab 1.1.2015)

■ Eine Visualisierung der Erträge ist mit dem SMA-Wechselrichter möglich (eingebaut), es braucht dazu aber einen RJ45-Kabelanschluss (von Switch oder Router des Kunden). Hat der eingesetzte Wechselrichter keine eingebaute Anzeige, kann ein externes Monitoringgerät, wie z. B. SolarLog, eingesetzt werden. Für die private Anwendung reicht in vielen Fällen die Anzeige am Gerät. Sie ist oft auch über eine App auf dem Smartphone anzeigbar, wenn man sich innerhalb des Hauses in einem beschränkten Radius aufhält.

■ Amortisation: Der Solardachrechner von EnergieSchweiz auf der [Swissolar-Webseite](http://www.swissolar.ch/fuer-bauherren/planungshilfsmittel/solardachrechner/) (www.swissolar.ch/fuer-bauherren/planungshilfsmittel/solardachrechner/) ergibt bei Eingabe von PLZ = 1700, PV, manuelle Auslegung, 4 Personen, Haushaltstrom, 17° Südost, 30° Neigung, 82 m<sup>2</sup> (14 kW) und  $\eta = 17\%$  die Resultate gemäss untenstehender Abbildung. Der Solardachrechner geht hier von Installationskosten von 32 400 Fr., nicht 36 000 Fr. aus.



Wechselt man das System zu «Strom und Warmwasser», steigen die Kosten sehr minim, der Eigenverbrauch jedoch um gut das Doppelte, was sich positiv auf die Amortisation auswirkt!

Mit dem Solarechner können Sie die ungefähre Energieproduktion, die Gesamtkosten und die Amortisationsdauer einer auf Ihre Bedürfnisse zugeschnittenen Solaranlage berechnen.

**1 Standort / Technologie**

Postleitzahl: 1700  
Fribourg

Solarwärme  
 Photovoltaik

Manuelle Auslegung

---

**2 Bewohner im Haus / System**

Bewohner im Haus: 4

System: Strom + Warmwasser

---

**3 Orientierung / Neigung**

Orientierung der Module: 17° Südost

Dachneigung: 30°

---

**4 Grösse der Anlage**

belegte Dachfläche: 82 m<sup>2</sup> → 14 kW

belegte Fassadenfläche: 20 m<sup>2</sup> → 5 kW

Weitere Einstellungen

Start

Referenz-Wetterdaten

**Ergebnisse Simulation**

Gesamtstromproduktion	13'470 kWh / Jahr
Solarstrom selber verbraucht	3'085 kWh / Jahr
Eigenverbrauchsanteil	22.9 %
Solarstrom ans Netz abgegeben	10'385 kWh / Jahr
Kosten schlüsselfertige Anlage	CHF 33'300.-
Bundeshilfe (Einmalvergütung)	CHF 7'700.-
Amortisationsdauer der Anlage	12 Jahre

**Erzeugter / verbrauchter / eigen-verbrauchter Strom**

Monat	Erzeugter Strom (kWh)	Verbrauchter / Eigen-verbrauchter Strom (kWh)
Jan	250	250
Feb	400	250
Mrz	1100	250
Apr	1300	250
Mai	1500	250
Jun	1600	250
Jul	1600	250
Aug	1500	250
Sep	1100	250
Okt	700	250
Nov	400	250
Dez	250	250

Die Amortisationsdauer hängt stark vom Einspeisetarif des EVU ab. Die KEV schneidet hier schlechter ab. Die obere Abbildung zeigt die Variante «Haushaltstrom», die untere die Variante «Haushaltstrom und Warmwasser». Eine Excel-Tabelle mit sehr detaillierten Angaben findet sich unter: [www.swissolar.ch/fuer-bauherren/planungshilfsmittel/kostenrechner-fuer-pv-anlagen](http://www.swissolar.ch/fuer-bauherren/planungshilfsmittel/kostenrechner-fuer-pv-anlagen)

Steuereinsparung		Erfolgsrechnung der Photovoltaikanlage		
Steuerbares Einkommen	100000 CHF/a	Grenzsteuersatz	25 %	
<b>Stromkosten</b>				
Einspeisetarif	9 Rp./kWh	Hochtarif	21 Rp./kWh	
Eigenverbrauchsanteil	12,2 %	Niedertarif	10 Rp./kWh	
		Investitionskosten	CHF (-)	32400
		Bundeshilfe (Einmalvergütung)	CHF	7700
		Steuereinsparung	CHF	5565
		Einsparung Eigenverbrauch	CHF	13'579
		Ertrag Einspeisung	CHF	34'913
		Betriebsaufwand	CHF (-)	11'270
		<b>Gewinn / Verlust (-)</b>	<b>CHF</b>	<b>18'086</b>
		Mittlere Rendite		2.2 %
		Amortisationsdauer		16 Jahre

Steuereinsparung		Erfolgsrechnung der Photovoltaikanlage		
Steuerbares Einkommen	100000 CHF/a	Grenzsteuersatz	25 %	
<b>Stromkosten</b>				
Einspeisetarif	9 Rp./kWh	Hochtarif	21 Rp./kWh	
Eigenverbrauchsanteil	22,9 %	Niedertarif	10 Rp./kWh	
		Investitionskosten	CHF (-)	33300
		Bundeshilfe (Einmalvergütung)	CHF	7700
		Steuereinsparung	CHF	5745
		Einsparung Eigenverbrauch	CHF	25'488
		Ertrag Einspeisung	CHF	30'727
		Betriebsaufwand	CHF (-)	11'583
		<b>Gewinn / Verlust (-)</b>	<b>CHF</b>	<b>24'776</b>
		Mittlere Rendite		2.7 %
		Amortisationsdauer		14 Jahre

2.6 Erläutern Sie, wie sich der Grobpreis von 2500 Fr./kWp zusammensetzt und ob er realistisch ist. Bei welchen Komponenten und Dienstleistungen ist für Bauherrschaften oft unklar, ob sie im Preis inbegriffen sind?

Alle Preise nur ungefähr!

48 Panels à 260 Fr.	12 480 Fr.
Montagematerial	3000 Fr.
Wechselrichter	3000 Fr.
Installation (ca. 4 Manntage): Elektriker (WR bis SgK, inkl. Material wie Sicherung und Kabel) ca. 1 Tag	5000 Fr.
Sonstiges wie Kabel, Kleinmaterial, DC-Schaltstelle	1500 Fr.
Gerüst (Südseite, Absturzsicherung)	1000 Fr.
Reserve	1500 Fr.
Honorar	2000 Fr.
<b>Total</b>	<b>32 480 Fr.</b>

**bzw. ca. 2260 Fr./kWp**

Die Unklarheiten sind:

- Oft ist der Zustand der SgK unklar. Ist eine Erneuerung nötig, kommen rund 1500 Fr. dazu.
- Das Gerüst ist im vorliegenden Beispiel relativ einfach, bei komplizierteren Anlagen steigen die Kosten um ca. 1000 Fr.
- 2500 Fr./kWp ist ein Richtwert. Je nach Anlage kann er stark abweichen. Für einfache Anlagen liegt er eher zu hoch, für kompliziertere Anlagen eher zu tief.

2.7 Recherchieren Sie die Kapazität und die Kosten für einen Speicher (Akkumulator). Berechnen Sie, in welcher Zeit er amortisiert wäre.

■ Tesla PowerWall, ca. 9000 Fr. inkl. Installation, mit ca. 14 kWh Speicherkapazität

■ Einspeisung von ca. 32 kWh pro Tag möglich, dies bei einem Jahresertrag von 13 500 kWh

■ Eigenverbrauch mit 1648 kWh/Jahr angenommen (12,2 %) ergibt ca. 4,5 kWh/Tag.

■ Pro Tag:

Ausfall Nichteinspeisung von 14 kWh bei 10 Rp/kWh 140.00 Rp.

Einsparung Strombezug Nacht (14 kWh zu 11.52 Rp/kWh) 161.28 Rp.

Einsparung Strombezug Tag (14 kWh zu 21.05 Rp/kWh) 294.70 Rp.

Die Prioritäten der Solaranlage sind folgendermassen:

1. Eigenverbrauch
2. Speicher speisen
3. Ins Stromnetz einspeisen

Am besten nutzt man den gespeicherten Strom tagsüber, wenn der Tarif hoch ist und aufgrund von Bewölkung kein eigener Strom erzeugt werden kann. An sonnigen Tagen oder nachts lohnt es sich finanziell nicht. Allerdings gibt es wenig Smart Meter, welche die gewünschten Geräte nach Bedarf einschalten und ihr Einbau bedingt auch wieder einen finanziellen Aufwand.

■ Gemäss [www.suntag.ch](http://www.suntag.ch) scheint die Sonne rund 1600 h/Jahr. Das bedeutet ca. jeden zweiten Tag Sonne oder etwa 4 h Sonne pro Tag.

■ Die Akkus können nicht amortisiert werden, da die Amortisationszeit ihre Lebensdauer bei Weitem übersteigt.

→ Wird bei einer Ersparnis von ca. 150 Rp. pro Tag und das nur jeden zweiten Tag (ca. 270 Fr. pro Jahr) gerechnet, dauert die Amortisation über 30 Jahre. Der Einspeisetarif der EVU liegt im Schweizer Mittel bei ca. 10 Rp./kWh. Fällt die Einspeisevergütung und steigt der Energiepreis, wird die Amortisationszeit kürzer, trotzdem übersteigt sie sicher die Lebensdauer der Akkus, die mit etwa 10 Jahren angenommen werden kann!



## Lösung Fallbeispiel 3

# Thermische Solaranlage

**3.1 Entscheiden Sie, ob eine Indach- oder Aufdach-Anlage sinnvoller ist. Begründen Sie Ihre Auswahl ausführlich.**

### Entscheid für Aufdach

Als Aufdach-Lösung werden Anlagen bezeichnet, die über die bestehende Dachhaut (Ziegel, Eternitplatten, Wellplatten, usw.) und meistens mit einer Dachbügel-form montiert beziehungsweise fixiert werden. Wenn bei einem Dach keine Dachsanierung ansteht, ist eine Aufdach-Lösung genauso interessant wie die Indach-Variante. Funktionell steht eine Aufdach-Lösung der Indach-Lösung nichts nach. Oft fällt der Entscheid nach visuellen Gesichtspunkten. Ein wesentlicher Unterschied ist der Kollektoranschluss bzw. die Leitungsführung in Kollektornähe. Bei der Aufdach-Variante müssen die Leitungen vom Unterdach zum Kollektor über einen sogenannten Lüfterziegel oder durch eine vom Bauspengler erstellte Öffnung geführt werden. Dabei ist zu beachten, dass die Öffnung gegen Nässe eindringung (z.B. Schlagregen) geschützt und so angeordnet ist, dass keine Luftproblematik im Solarkreislauf entsteht.

### Entscheid für Indach

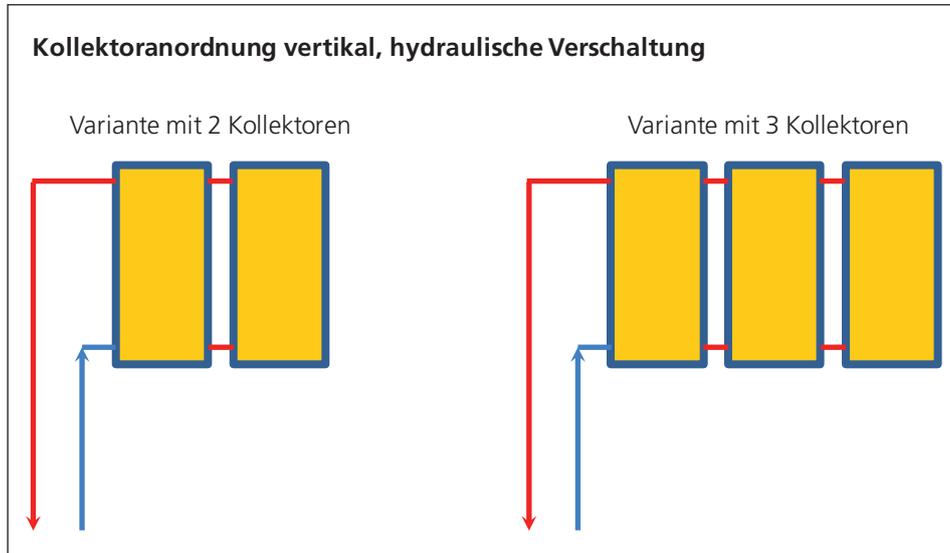
Bei der Indach-Lösung wird die bestehende Dachhaut entfernt, und durch die zu installierenden Kollektoren samt Blecheinfassung ersetzt. Danach wird die Dachhaut an die Blecheinfassung angepasst und für eine saubere Abdichtung gegen Nässe eindringung gesorgt. Für die Indach-Lösung spricht der ästhetische Aspekt, technisch gesehen sind beide Lösungen gleich.

### Begründung

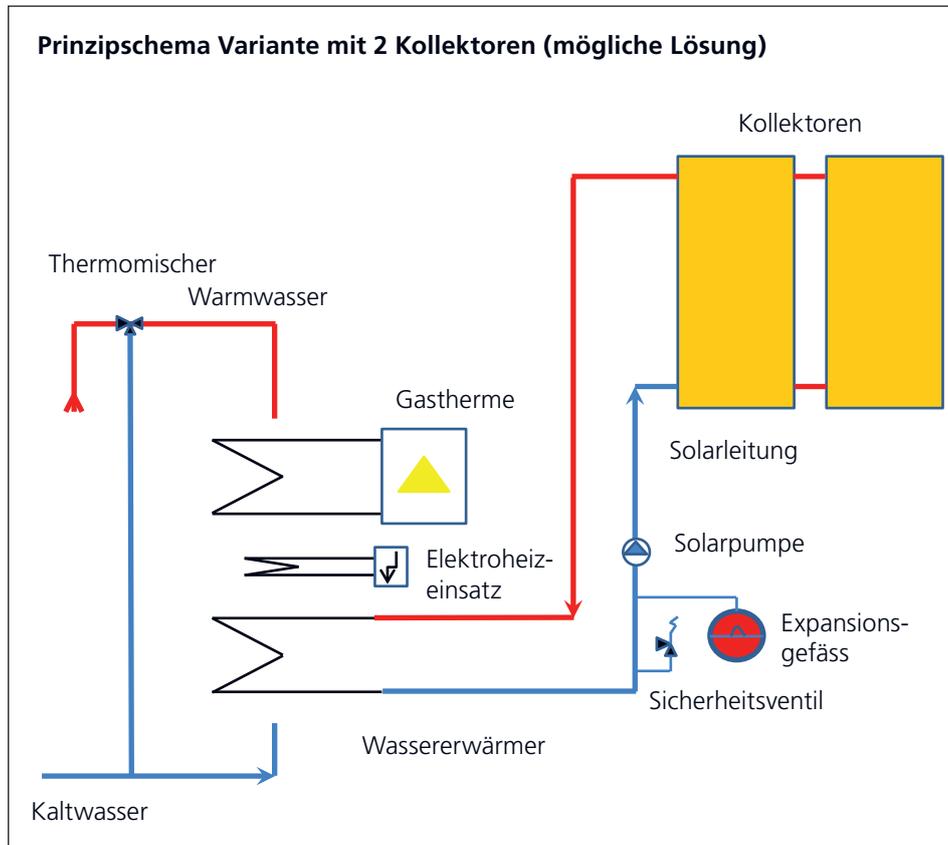
■ **Aufdach:** Da am Dach im Moment keine relevante Sanierung ansteht und der Entscheid über eine neue Heizung auch nicht getroffen werden kann, hat man zusammen mit der Bauherrschaft entschieden, ein Produkt zu wählen, das im Moment als Aufdach-Lösung genutzt und später zur Indach-Lösung umfunktioniert werden kann.

■ **Indach:** Zusammen mit der Bauherrschaft wurde die ästhetisch schönere Lösung gewählt. Dieser ästhetische Mehrwert überzeugt, somit steht nichts mehr einer Realisierung im Wege. Technisch gesehen entspricht die Indach-Lösung der der Aufdach-Lösung.

3.2 Erstellen Sie eine Zeichnung der Kollektoranordnung inklusive hydraulischer Verschaltung.



3.3 Erstellen Sie ein kleines Prinzipschema.



3.4 Listen Sie alle nötigen Komponenten auf und geben Sie an, wo diese im, ums oder auf dem Haus montiert werden sollen.

Komponenten	Platzierung / Ort
Kollektoren	Dach
Leitungen (kompakt)	Führung durch Kamin oder Fassade
Ev. Dachwasserrohr	Fassade (falls nötig)
Wassererwärmer	Heizraum / Keller
Armaturengruppe	Heizraum / Keller
Expansionsgefäß (Entleergefäß)	Heizraum / Keller
Thermomischer	Heizraum / Keller
Frostschutzmittel	Heizraum / Keller

Es wird davon ausgegangen, dass für die Arbeitssicherheit bereits gesorgt wurde (Absturzsicherung Dach, Fassadenarbeiten, Keller/UG).

**3.5 Entscheiden Sie auch, wo die Leitungen verlegt werden sollen. Beachten Sie spätere Ausbaumöglichkeiten und zeigen diese der Bauherrschaft auf.**

**Variante: Führung durch alten Kamin**

Fällt der Entscheid gegen eine entleerbare Variante (zugunsten einer Druckvariante – technische Lösung), besteht die Möglichkeit, die Leitungen durch den alten, bestehenden Kamin zu führen. Das bietet den Vorteil, keine zusätzlichen sichtbaren Komponenten an der Fassade installieren zu müssen – ästhetisch die schönere Lösung. Nachteil: Es kann nicht mehr zwischen einem Entleersystem und einer Druckvariante gewählt werden, da sich der Kamin auf der Nordseite des Gebäudes befindet und die Kollektoranlage südseitig auf dem Dach platziert wird. Nachteilig wirkt sich diese Lösung auf einen späteren Ausbau des Dachstockes aus. Die Leitung ist dann bereits in den Kamin eingezogen, der durch den Dachstockraum führt, was eine Umnutzung des Raumes erschwerend könnte.

**Variante: Führung an der Westfassade**

Bei der Wahl einer entleerenden Variante (gegen einer Druckvariante) müsste die Leitungsführung zwingend an der Westfassade (eher südlich des Firstlaufes) installiert werden. Die Leitung würde durch die Waschküche in den Heizraum entlang der Decke geführt.

**Variante: Führung an der Nordfassade**

Würde man die Leitung an jenem Ort installieren, an dem sie wahrscheinlich niemanden stört, so würde die Wahl auf die Nordfassade fallen. Weiter ist der Lichtschacht direkt mit dem Heizraum verbunden, was die Leitungsführung sehr vereinfacht. Auch hier käme technisch gesehen nur eine Druckvariante in Frage.

### 3.6 Berechnen Sie den zu erwartenden solaren Deckungsgrad.

Der solare Deckungsgrad dient der Ermittlung des zu erwartenden Anteils an Sonnenenergie im Verhältnis zu dem Gesamtenergieaufwand pro Jahr, in diesem Falle für Warmwasser.

Für die Berechnung wurde ein Kollektor eines Schweizer Herstellers gewählt. Das Produkt gibt keinen Hinweis auf die Qualität und die Zuverlässigkeit. Der Kollektortyp kann frei gewählt werden. Der Berechnung zugrunde liegt das Factsheet des Schweizer Instituts für Kollektorprüfung in Rapperswil SG zum gewählten Produkt mit der Nummer 1590 (beiliegend). Verbrauch pro Person wird mit 750 kWh/a angegeben (gemäss Einleitung). Das Haus wird von 4 Personen bewohnt.

$$4 \text{ Personen} \cdot 750 \text{ kWh/Person und Jahr} = 3000 \text{ kWh/a}$$

Kollektorertrag gemäss Factsheet des Kollektorherstellers wird mit 536 kWh/m<sup>2</sup>a beziffert (Seite 2 unten, Punkt Brauchwassererwärmung – ganz recht unter Solarertrag).

Die Absorberfläche des Kollektors beträgt 1,926 m<sup>2</sup>. Man entscheidet sich für den Einbau von 2 Kollektoren, was eine totale Absorberfläche von 3,846 m<sup>2</sup> ergibt (gerechnet wird mit 3,85 m<sup>2</sup>).

$$3,85 \text{ m}^2 \cdot 536 \text{ kWh/m}^2\text{a} = 2063,6 \text{ kWh/a}$$

#### Berechnung solarer Deckungsgrad

$$\begin{aligned} \text{Deckungsgrad} &= \frac{100\% \cdot \text{Kollektorertrag}}{\text{Totalverbrauch}} \\ &= \frac{100\% \cdot 2063,6 \text{ kWh/a}}{3000 \text{ kWh/a}} \\ &= \underline{\underline{68,78 \%/a}} \end{aligned}$$

Der solare Deckungsgrad kann je nach Fabrikat und Kollektorfläche variieren.

### 3.7 Erstellen Sie eine Kostenrechnung mit Amortisation über 20 Jahre. Treffen Sie die nötigen Annahmen betreffend Fördergelder und Energiepreis.

#### Kosten

Bezeichnung	Anzahl	Preis
Kollektoren	2	1980 Fr.
Leitung	1	1000 Fr.
Armaturengruppe, Steuerung	1	1000 Fr.
Wassererwärmer	1	1000 Fr.
Montage, Arbeit	1	3500 Fr.
Entsorgung bestehende Anlage	1	300 Fr.
Material Keller (Leitung, Fittings)	1	550 Fr.
Inbetriebnahme, Übergabe	1	600 Fr.
<b>Kosten Total</b>	<b>1</b>	<b>9930 Fr.</b>

Es wird angenommen, dass sämtliche Nebenleistung (Arbeitsschutz, Kranzüge usw. bereits vor Ort sind und benutzt werden können, ohne dass Zusatzkosten entstehen).

#### Amortisation (kummulative Methode)

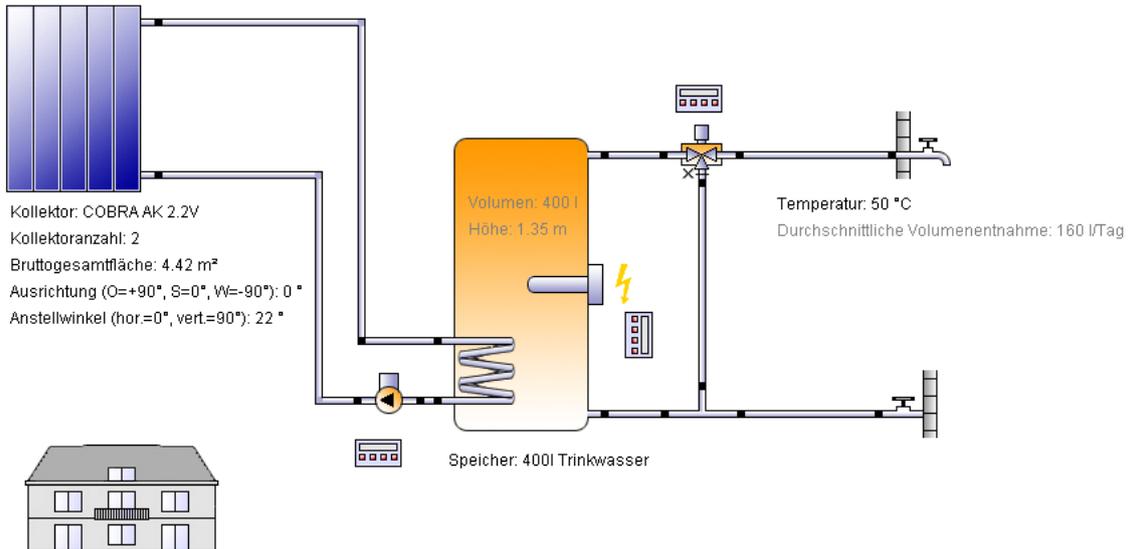
Anschaffungskosten	9930 Fr.
Betriebskosten	–
Fördermittel	2307 Fr.
Anschaffungskosten netto	7623 Fr.
Erlöse	330.10 Fr.
Abschreibung (20 Jahre)	–381.15 Fr.
Kapitalzins (A=0.0651)	–24.80 Fr.
Betriebskosten	–
Durchschnittlicher Gewinn	–75.85 Fr.
Durchschnittlicher Gewinn	–75.85 Fr.
Abschreibung	381.15 Fr.
Durchschnittlicher Mittelrückfluss	305.30 Fr.
Kapitaleinsatz	7623 Fr.
Amortisationszeit in Jahren	25

## Kurz-Report



FachBuchReihe\_WW in  
Freiburg

8av: Warmwasser (Solarthermie, High-Flow)



### Dieser Report wurde erstellt durch:

PECSO Energy - Pino Pacifico - 6318 Walchwil  
Pino Pacifico  
Haltenstrasse 21  
6318 Walchwil  
+41 78 935 12 86 - info@pecso.ch

### Standort der Anlage

Schweiz  
Fribourg  
Längengrad: 7.15°  
Breitengrad: 46.8°  
Höhe ü.M.: 588 m

### Systemübersicht (Jahreswerte)

Gesamter Brennstoff- und Strom-Verbrauch des Systems [Etot]	1'433 kWh
Komfortanforderungen	Energiebedarf ist gedeckt
Anlagenaufwandszahl	0.53

### Übersicht Solarthermie (Jahreswerte)

Kollektorfläche	4.4 m <sup>2</sup>
Solarer Deckungsgrad gesamt	62.4%
Gesamter Kollektorfeldertrag	2'245.6 kWh
Kollektorfeldertrag bzgl. Bruttofläche	507.6 kWh/m <sup>2</sup> /Jahr
Kollektorfeldertrag bzgl. Aperturfläche	573.7 kWh/m <sup>2</sup> /Jahr
Max. Energieeinsparung (VDI 6002)	2'363.8 kWh
Max. vermiedene CO <sub>2</sub> -Emission	1'268 kg

## Kurz-Report



### Meteodaten-Übersicht

Mittlere Aussentemperatur	9.7 °C
Globalstrahlung, Jahressumme	1'150 kWh/m <sup>2</sup>
Diffusstrahlung, Jahressumme	610 kWh/m <sup>2</sup>

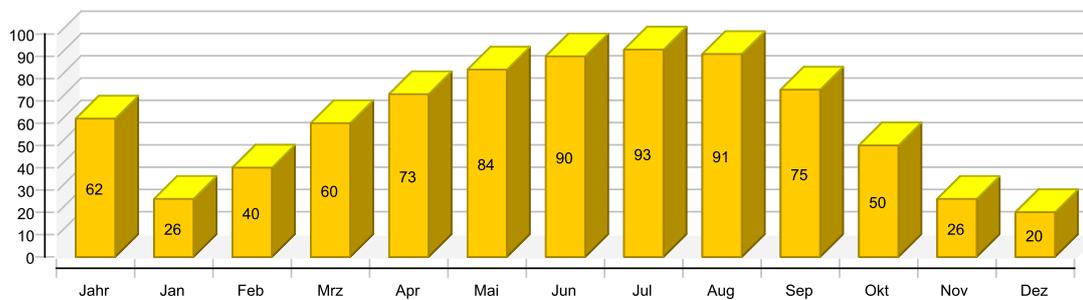
### Komponentenübersicht (Jahreswerte)

Kollektor	COBRA AK 2.2V	
Bruttogesamtfläche	m <sup>2</sup>	4.42
Gesamte Aperturfläche	m <sup>2</sup>	3.914
Anstellwinkel (hor.=0°, vert.=90°)	°	22
Ausrichtung (O=+90°, S=0°, W=-90°)	°	0
Kollektorfeldertrag [Qsol]	kWh	2'246
Einstrahlung in Kollektorebene [Esol]	kWh	5'012

Warmwasserbedarf	Tagesspitzen	
Volumenentnahme/Tagesverbrauch	l/d	160
Solltemperatur	°C	50
Energiebedarf [Qdem]	kWh	2'736

### Solarer Deckungsgrad: Anteil Solarenergie an das System [SFn]

%

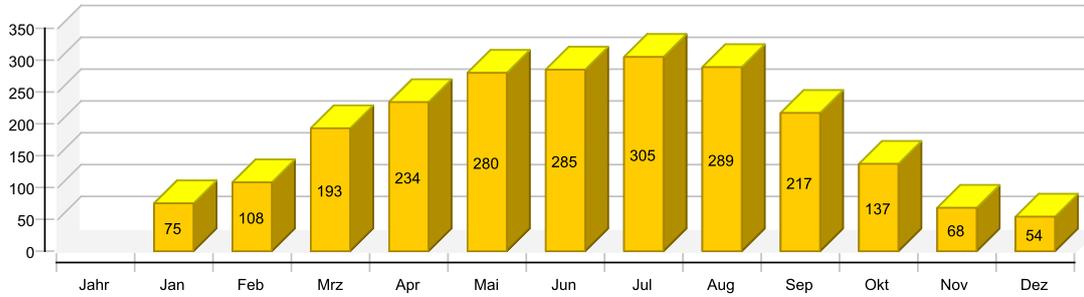


## Kurz-Report



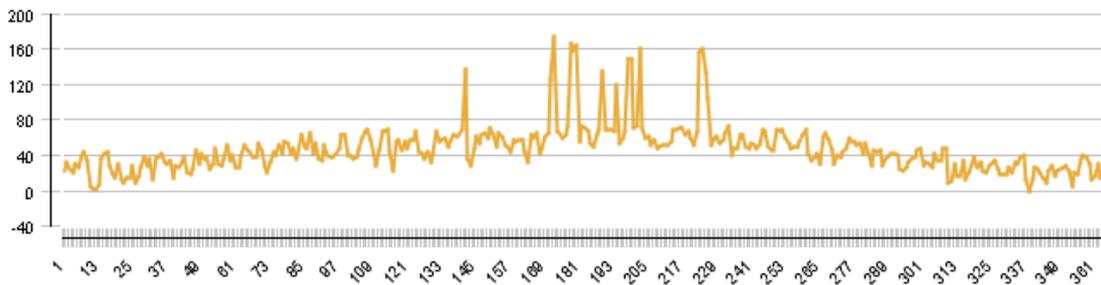
### Solarthermische Energie an das System [Qsol]

kWh



### Kollektor

#### Tägliche Maximaltemperatur [°C]



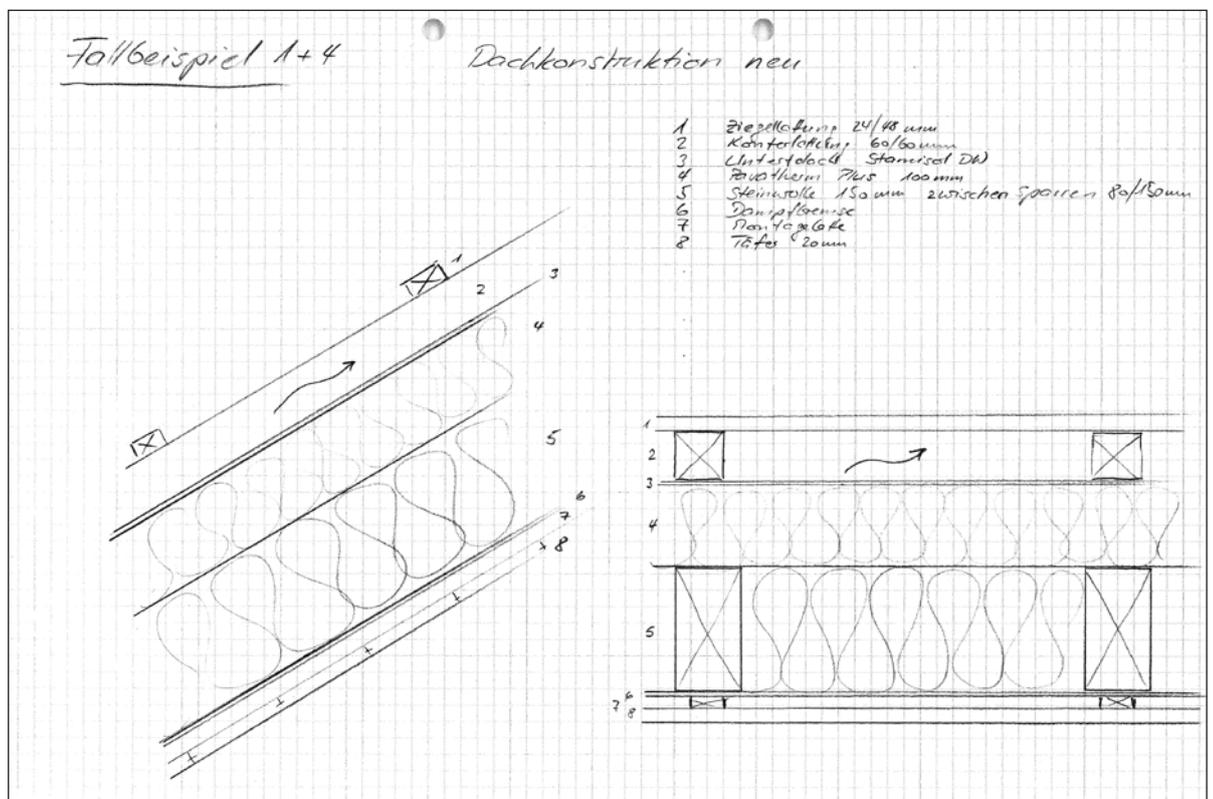


## Lösung Fallbeispiel 4

# Dämmung und Solarkonzept

4.1 Machen Sie für das bestehende geneigte Dach einen Vorschlag für einen neuen Schichtaufbau, der die Anforderungen der MuKE n 2014 im Einzelbauteilnachweis für Neubauten ( $U\text{-Wert} \leq 0,17 \text{ W}/(\text{m}^2 \text{K})$ ) erfüllt.

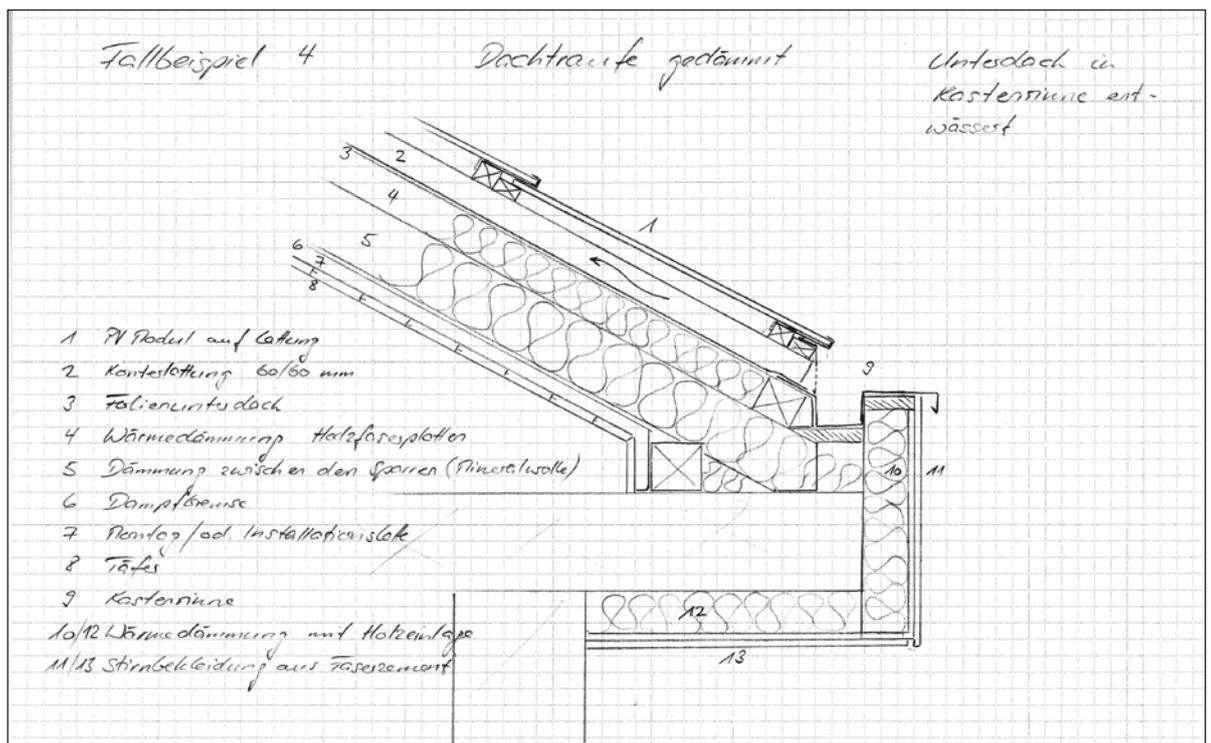
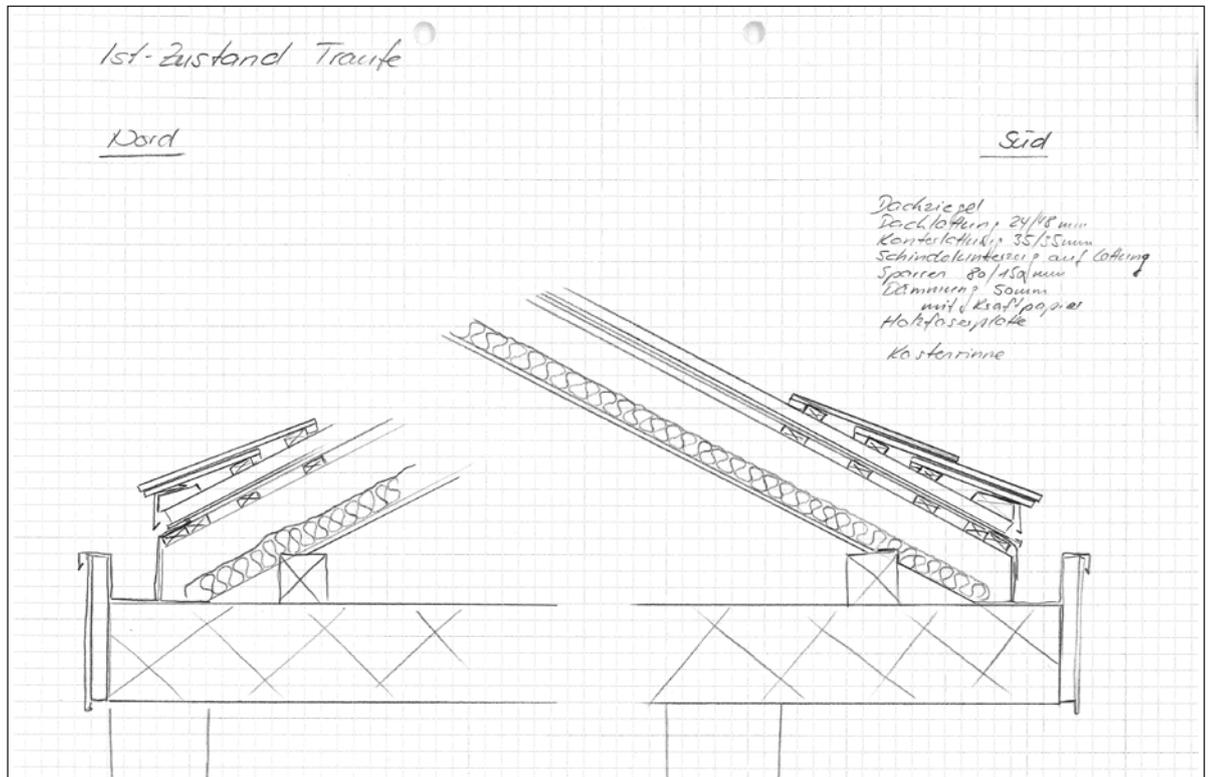
Siehe U-Wert-Berechnung aus Beispiel 1, Aufgabe 1.6.



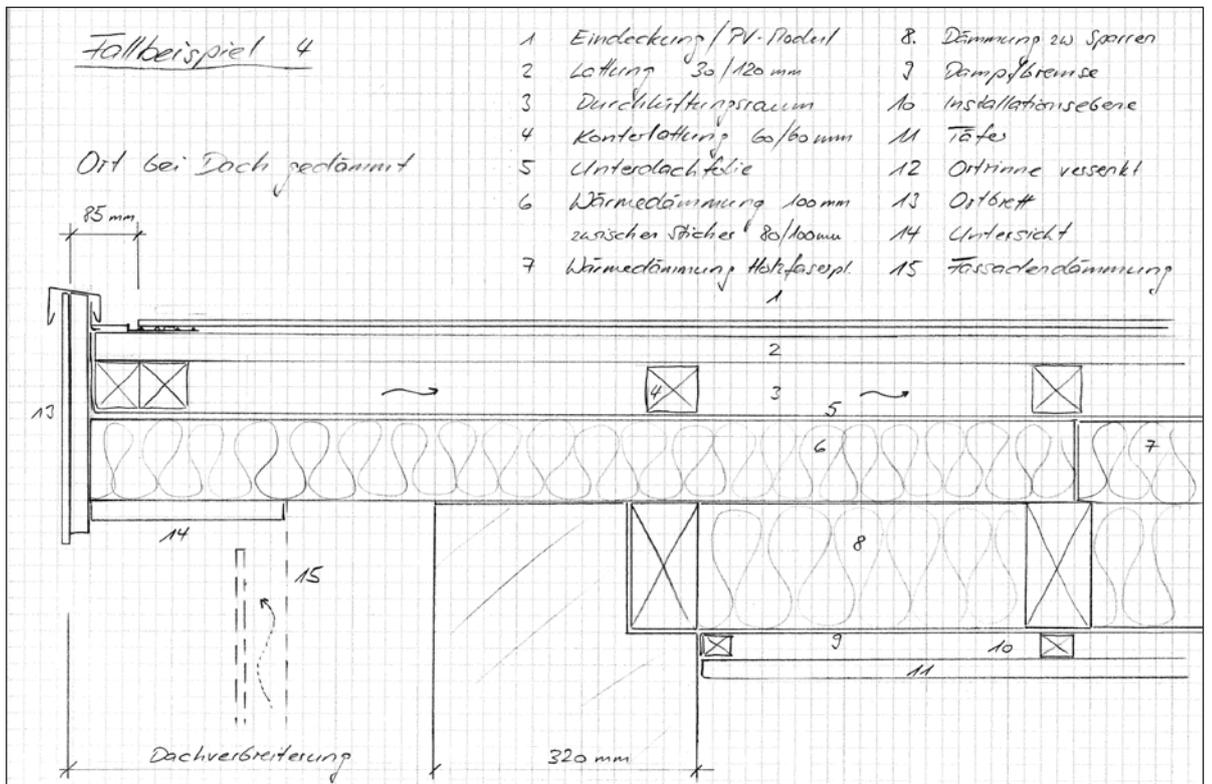
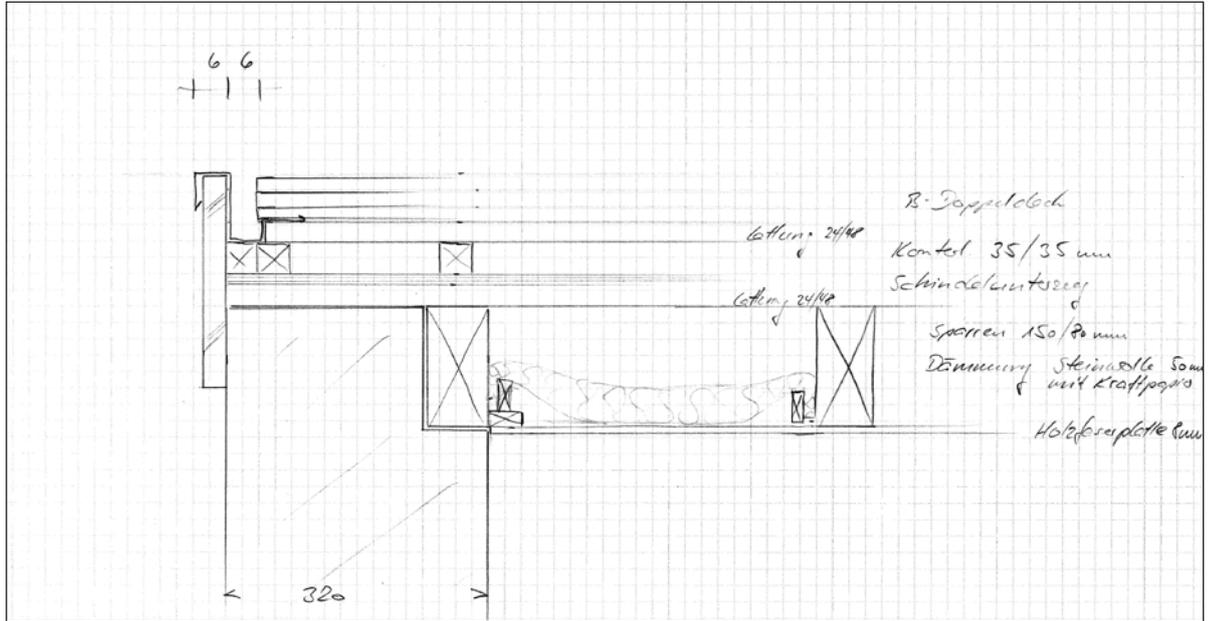
4.2 Erstellen Sie eine Skizze der Dachtraufe und lösen Sie dabei folgende Problematik:

- Schichtaufbau mit U-Wert  $\leq 0,17 \text{ W}/(\text{m}^2 \text{K})$
- Folienunterdach für erhöhte Beanspruchung

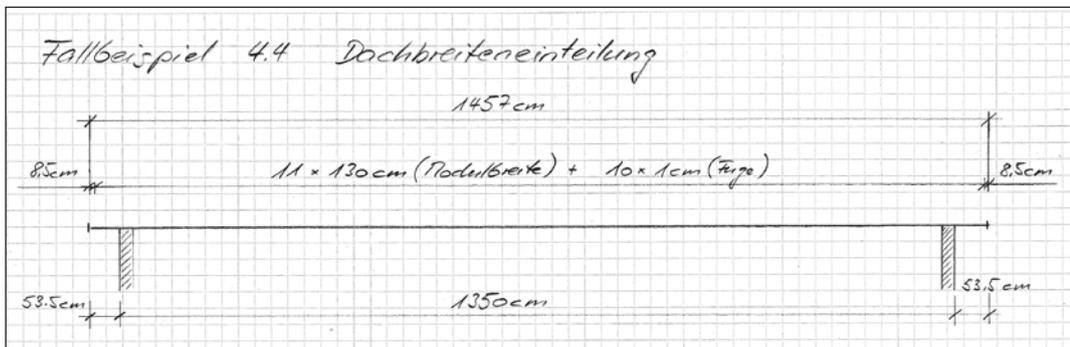
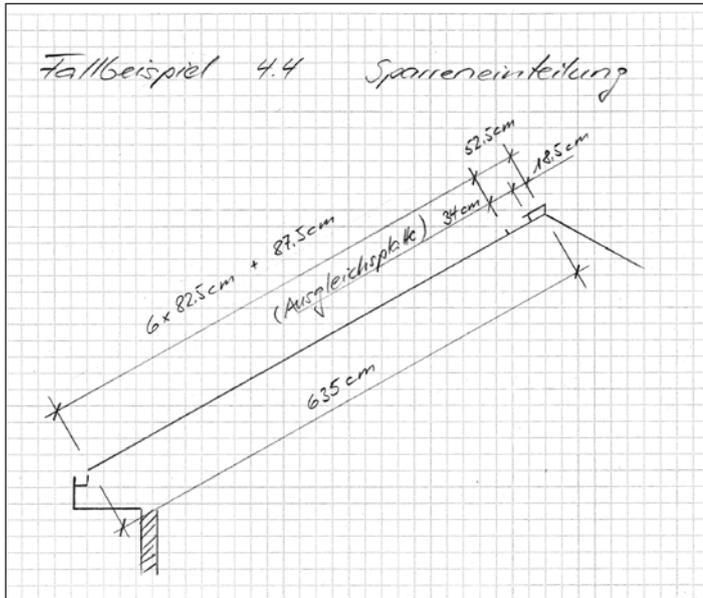
- Konterlattendimension 60mm/60mm
- Lüftungseintritt mit Querschnitt  $300 \text{ cm}^2$  pro Laufmeter
- Deckmaterial weglassen



4.3 Erstellen Sie eine Skizze des Orts. Achten Sie dabei darauf, dass oberhalb der Fassade keine Wärmebrücke entsteht und dass die Dachdämmung bei einer späteren Fassadensanierung mit der Fassadendämmung zusammengeschlossen werden kann.



Erstellen Sie eine Dachbreiteneinteilung und eine Sparreneinteilung für eine flächenfüllende, dachintegrierte PV-Anlage auf der Südseite. Das bestehende Schneerückhaltesystem wird in dieser Aufgabe nicht mehr montiert. Die gezeigte Lösung basiert auf den Moduldaten des Systems «Integral 2» der Eternit AG.



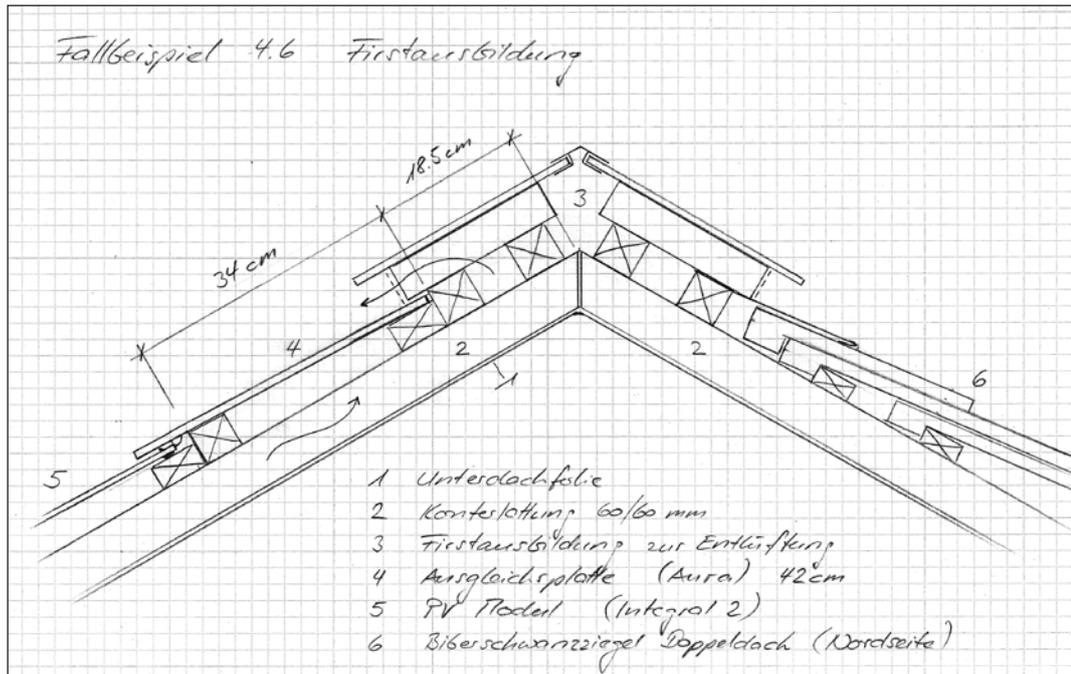
4.4 Geben Sie dem Dachdecker an, um wieviel cm er das Dach verbreitern soll (vergessen Sie nicht, dass später eine zusätzliche Fassadendämmung möglich sein muss).

Die Breite des fertigen Solardachs beträgt 1457 cm (Aussenkante Ortbrett). Gebäudebreite: 1350 cm.

$$(1457 \text{ cm} - 1350 \text{ cm}) : 2 = 53,5 \text{ cm}$$

Das Dach muss auf beiden Seiten um 53,5 cm verbreitert werden (siehe auch Dachbreiteneinteilung, Aufgabe 4.4).

4.5 Ergänzen Sie Ihre Detailskizzen «Dachtraufe» und «Ort» mit den Solarmodulen. Erstellen Sie eine Detailskizze vom First. Bemessen Sie darauf die Firstausbildung und die Ergänzungsplatte.



4.6 Erstellen Sie einen Modul- und Stringplan für die geplante PV-Anlage.



Quelle: Eternit

**4.7 Legen Sie den Wechselrichter aus.**  
Siehe Datenblatt Integral 2\_de\_1015 und Datenblatt Symo 3.0-3-M-20.0-3-M.

Überprüfung der vorgeschlagenen Wechselrichterauslegung:  
 77 Module à 180 Wp (3 String) 13860 Wp  
 27 Module 4860 Wp  
 25 Module 2 x 4500 Wp

Wichtige Moduldaten:  
 Nennstrom  $I_{MPP}$  (STC) 8,7 A  
 Leerlaufspannung  $U_{OC}$  (STC) 25,7 V  
 Nennspannung  $U_{MPP}$  (NOCT) 18,8 V

Wichtige Wechselrichter-Eingangsdaten:  
 Max. Eingangsstrom  
 ( $I_{dc\ max\ 1} / I_{dc\ max\ 2}$ ) 27,0 A / 16,5 A  
 Max. DC-Spannung 1000 V  
 Min. DC-Spannung 200 V  
 Max. PV-Generatorleistung  
 ( $P_{dc\ max}$ ) 18,8 kW<sub>peak</sub>

Die max. PV-Generatorleistung ( $P_{dc\ max}$ ) von 18,8 kW<sub>peak</sub> darf nicht überschritten werden. Unsere 77 Module haben effektiv eine Anschlussleistung von insgesamt 13,86 kW. → erfüllt

Die maximale DC-Spannung pro String darf 1000 Volt nicht überschreiten. Da bei tiefen Modultemperaturen höhere Spannungen erzielt werden können als bei Standardtestbedingungen (STC), muss das Ergebnis mit einem Faktor (Temperaturko-

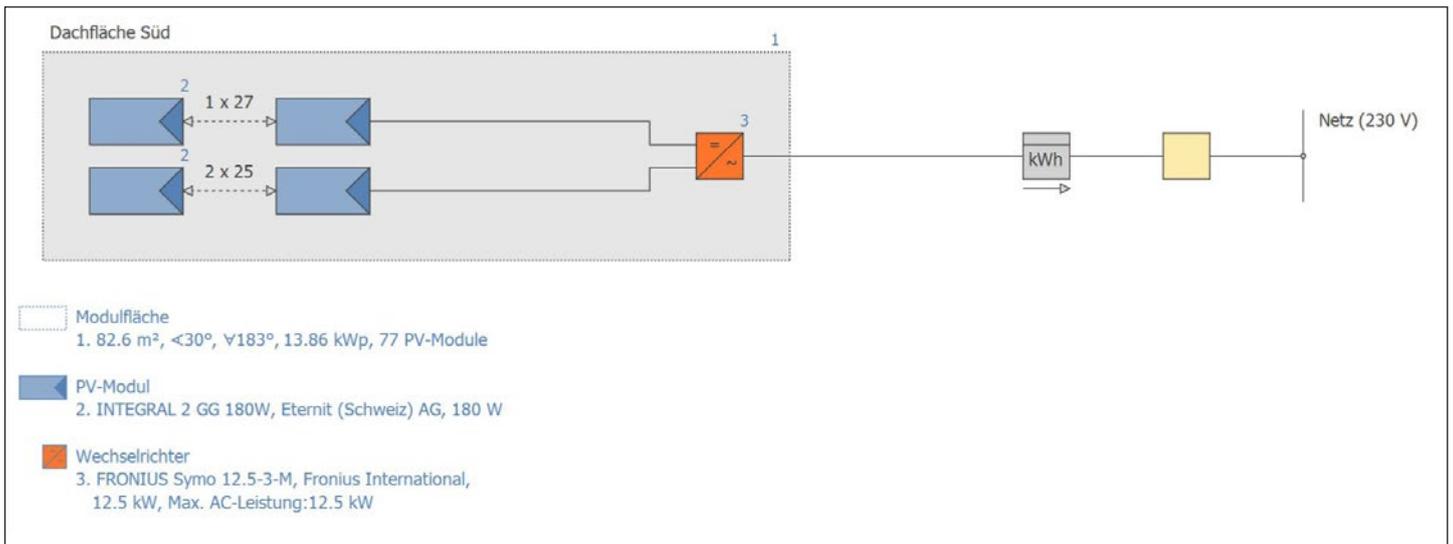
effizient) multipliziert werden. Dieser Faktor ist höhenabhängig und beträgt gemäss Niederspannungs-Installationsnorm NIN:  
 bis 800 m. ü. M. 1,15  
 800 – 1500 m. ü. M. 1,20  
 über 1500 m. ü. M. 1,25

Anzahl Module (grösster String) x Leerlaufspannung  $U_{OC}$  x Temperaturkoeffizient  
 27 x 25,7 Volt x 1,15 = 798 Volt  
 → erfüllt

Der Temperaturkoeffizient darf gemäss NIN auch mit den effektiven Werten berechnet werden. (Temperaturdifferenz zwischen  $T_{Winter}$  und  $T_{STC}$  x Temperaturkoeffizient Leerlaufspannung → UOC des Moduls)

Die minimale DC-Spannung vom kleinsten String muss 200 Volt überschreiten. Ansonsten kann es sein, dass der Wechselrichter zu spät oder im schlechtesten Fall gar nicht in Betrieb geht. Es wäre auch möglich, dass der Wechselrichter früher als gewünscht in Stillstand geht.

Kleinster String x Nennspannung  $U_{MPP}$  (NOCT) > 200 Volt  
 25 x 18,8 Volt = 470 Volt → erfüllt



Quelle: Eternit

Der maximale Eingangsstrom ( $I_{dc\ max\ 1}/I_{dc\ max\ 2}$ )  
27,0 A / 16,5 A darf nicht überschritten  
werden.

String 1+2  $2 \times 8,7\ A = 17,4\ A$  ( $< 27,0\ A$ )  
→ erfüllt

String 3  $8,7\ A$  ( $< 16,5\ A$ )  
→ erfüllt

Auf diese Weise kann ein Wechselrichter,  
der von einem Tool vorgeschlagen wurde,  
überprüft oder auch selber bestimmt wer-  
den.

Folgende objektabhängige Parameter sol-  
len bei der Auswahl des Wechselrichters  
berücksichtigt werden und rechtfertigen  
eine «Unterdimensionierung» des Wech-  
selrichters (die Nennleistung des Wech-  
selrichters ist kleiner als die Anschlussleistung  
des Generators), da die PV-Anlage kaum je  
die nach STC berechnete Leistung errei-  
chen wird:

- Ausrichtung der Module ist nicht opti-  
mal (z. B. Ost- West Ausrichtung)
- Der Neigungswinkel der Module ist nicht  
optimal (z. B. Fassade  $90^\circ$  oder liegende  
Module  $5^\circ$  etc.)
- Beschattung von Anlageteilen

Ebenso könnte es sein, dass ein Wechsel-  
richter «überdimensioniert» werden muss  
(die Nennleistung des Wechselrichters ist  
grösser als die Anschlussleistung des Ge-  
nerators), da alle objektabhängigen Para-  
meter optimal sind und:

- Es ist mit deutlich tieferen Modultempe-  
raturen bei optimaler Sonneneinstrahlung  
zu rechnen
- Albedo-Effekt (Schnee oder Wasser re-  
flektieren die Sonne und die Einstrahlung  
ist deutlich über  $1000\ W/m^2$ )

# INTEGRAL 2-MODUL

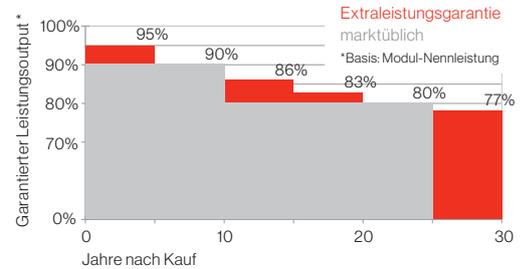
Robust. Leistungsstark. Ästhetisch.



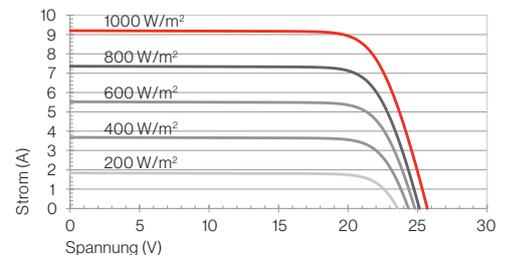
## Technische Spezifikationen

Elektrische Daten bei STC (1000 W/m <sup>2</sup> , 25°C und AM 1,5)	
Nennleistung unter STC <sup>1</sup>	180 Wp
Leerlaufspannung U <sub>OC</sub>	25,7 V
Kurzschlussstrom I <sub>SC</sub>	9,2 A
Nennspannung U <sub>MPP</sub>	20,7 V
Nennstrom I <sub>MPP</sub>	8,7 A
<sup>1</sup> Die Messtoleranz beträgt ±3%	
Temperaturkoeffizienten	
Nennbetriebstemperatur der Zelle (NOCT)	45°C ±2°C
Temperaturkoeffizienten Leerlaufspannung β (U <sub>OC</sub> )	-0,31 %/K
Temperaturkoeffizienten Kurzschlussstrom α (I <sub>SC</sub> )	+0,05 %/K
Temperaturkoeffizienten Nennleistung γ (P <sub>MPP</sub> )	-0,44 %/K
Elektrische Daten bei NOCT (800 W/m <sup>2</sup> , 20°C und 1m/s Wind)	
Nennleistung unter NOCT <sup>1</sup>	131 Wp
Leerlaufspannung U <sub>OC</sub>	23,3 V
Kurzschlussstrom I <sub>SC</sub>	7,4 A
Nennspannung U <sub>MPP</sub>	18,8 V
Nennstrom I <sub>MPP</sub>	7,0 A
<sup>1</sup> Die Messtoleranz beträgt ±5%	
Allgemeine Daten	
Zellenzahl und Zelltyp	40 monokristalline Solarzellen (156×156 mm)
Abmessungen	Modul-Aussenmass 1300×902 mm, Laminat 1300×875 mm, sichtbarer Bereich 1300×825 mm
Rahmenstärke	Rahmenlos, Swisspearl® Modulprofil, Aluminium, schwarz eloxiert
Gewicht	19,5 kg
Glas	2×3,2 mm ESG Glas, Frontglas: transmissions-optimiertes Solarglas mit AR-Beschichtung
Einbettung	EVA
Modulfarbe	Anthrazit
Anschlussdose	Hirschmann Basic
Bypassdioden	2 Stück
Anschlusskabel	Solarkabel 4mm <sup>2</sup> , 1000 mm Länge
Anschlussstecker	HC4 Stecker
Max. Systemspannung (IEC)	1000 V DC
Max. Rückstrom	18 A
Potential induzierte Degradation (PID)	100% PID-frei
Zulässige Modultemperatur im Dauerbetrieb	-40°C bis +85°C
Zertifikate und Prüfungen	
Qualitätsprüfung, statische Belastbarkeit	TÜV Rheinland IEC 61215
Betriebssicherheit	TÜV Rheinland IEC 61730 Ed. 2 (Schutzklasse II)
Drucklast	12000 N/m <sup>2</sup> (SUPSI Swiss PV Test Center)
Soglast	5400 N/m <sup>2</sup> (SUPSI Swiss PV Test Center)
Schneelast	0°-30° 20 kN/m <sup>2</sup> ; 30°-60° 17 kN/m <sup>2</sup> (VKF)
Hagelwiderstandsklasse	HW4 (VKF)
Brandklasse	B <sub>ROOF</sub> (t1); DIN EN 13501-5: 2010, DIN CEN/TS 16459: 2014
Regendichtheit	Ab 10° Dachneigung
Begehbarkeit	System ist ohne Garantieeinschränkung betretbar
Systemerweiterungen	
Ergänzungsplatten AURA	Eternit (Schweiz) AG
Schneefang, Sicherheitshaken	Eternit (Schweiz) AG
Dachfenster	Wenger Fenster AG
Thermiekollektoren	H+S Solar GmbH
Garantie	
Produktgarantie	10 Jahre
Leistungsgarantie	6 Stufen bis 30 Jahre 77%
Logistik	
Module pro Palette	28 Stück
Gewicht pro Palette	610 kg
Ausführung Palette	Baustellentaugliche Holzpalette, 2-fach stapelbar

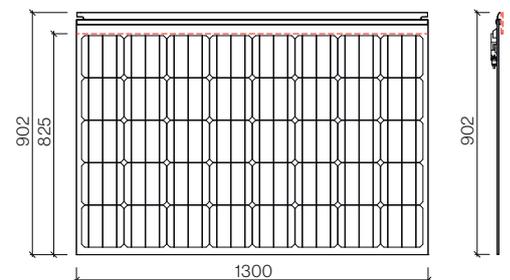
## Leistungsgarantie



## Strom- Spannungskennlinie



## Abmessungen



Swisspearl® Partner

/ Perfect Welding / Solar Energy / Perfect Charging



SHIFTING THE LIMITS

# FRONIUS SYMO

/ Maximale Flexibilität für die Anwendungen von morgen.

/ SnapInverter  
Technologie/ Integrierte Daten-  
kommunikation/ SuperFlex  
Design/ Dynamic Peak  
Manager/ Smart Grid  
Ready

/ Mit seinen Leistungsklassen von 3,0 bis 20,0 kW ist der trafolose Fronius Symo der dreiphasige Wechselrichter für jede Anlagengröße. Dank dem SuperFlex Design ist der Fronius Symo optimal für verwinkelte oder unterschiedlich orientierte Dächer. Die serienmäßige Anbindung an das Internet per WLAN oder Ethernet sowie die einfache Integration von Drittanbieter-Komponenten machen den Fronius Symo zu einem der kommunikativsten Wechselrichter am Markt. Zudem ermöglicht die Zählerschnittstelle ein dynamisches Einspeisemanagement und eine übersichtliche Verbrauchsvisualisierung.

## TECHNISCHE DATEN FRONIUS SYMO (3.0-3-S, 3.7-3-S, 4.5-3-S, 3.0-3-M, 3.7-3-M, 4.5-3-M)

EINGANGSDATEN	SYMO 3.0-3-S	SYMO 3.7-3-S	SYMO 4.5-3-S	SYMO 3.0-3-M	SYMO 3.7-3-M	SYMO 4.5-3-M
Max. Eingangsstrom ( $I_{dc \max 1} / I_{dc \max 2}^{1)}$				16,0 A / 16,0 A		
Max. Kurzschlussstrom Modulfeld ( $MPP_1/MPP_2^{1)}$				24,0 A / 24,0 A		
Min. Eingangsspannung ( $U_{dc \min}$ )				150 V		
Einspeisung Startspannung ( $U_{dc \text{ start}}$ )				200 V		
Nominale Eingangsspannung ( $U_{dc \text{ r}}$ )				595 V		
Max. Eingangsspannung ( $U_{dc \max}$ )				1.000 V		
MPP-Spannungsbereich ( $U_{mpp \min} - U_{mpp \max}$ )	200 - 800 V	250 - 800 V	300 - 800 V	150 - 800 V		
Anzahl MPP-Tracker		1		2		
Anzahl DC-Anschlüsse		3		2+2		
AUSGANGSDATEN	SYMO 3.0-3-S	SYMO 3.7-3-S	SYMO 4.5-3-S	SYMO 3.0-3-M	SYMO 3.7-3-M	SYMO 4.5-3-M
AC-Nennleistung ( $P_{ac,r}$ )	3.000 W	3.700 W	4.500 W	3.000 W	3.700 W	4.500 W
Max. Ausgangsleistung	3.000 VA	3.700 VA	4.500 VA	3.000 VA	3.700 VA	4.500 VA
AC-Ausgangsstrom ( $I_{ac \text{ nom}}$ )	4,3 A	5,3 A	6,5 A	4,3 A	5,3 A	6,5 A
Netzanschluss (Spannungsbereich)	3-NPE 400 V / 230 V oder 3-NPE 380 V / 220 V (+20 % / -30 %)					
Frequenz (Frequenzbereich)	50 Hz / 60 Hz (45 - 65 Hz)					
Klirrfaktor				< 3 %		
Leistungsfaktor ( $\cos \varphi_{ac,r}$ )	0,70 - 1 ind. / cap.			0,85 - 1 ind. / cap.		
ALLGEMEINE DATEN	SYMO 3.0-3-S	SYMO 3.7-3-S	SYMO 4.5-3-S	SYMO 3.0-3-M	SYMO 3.7-3-M	SYMO 4.5-3-M
Abmessungen (Höhe x Breite x Tiefe)				645 x 431 x 204 mm		
Gewicht	16,0 kg			19,9 kg		
Schutzart	IP 65					
Schutzklasse	1					
Überspannungskategorie (DC / AC) <sup>2)</sup>	2 / 3					
Nachtverbrauch	< 1 W					
Wechselrichterkonzept	Trafolos					
Kühlung	Geregelte Luftkühlung					
Montage	Innen- und Außenmontage					
Umgebungstemperatur-Bereich	-25 - +60 °C					
Zulässige Luftfeuchtigkeit	0 - 100 %					
Max. Höhe über Meeresspiegel	2.000 m / 3.400 m (uneingeschränkter / eingeschränkter Spannungsbereich)					
Anschluss-technologie DC	3x DC+ und 3x DC- Schraubklemmen 2,5 - 16 mm <sup>2</sup>			4x DC+ und 4x DC- Schraubklemmen 2,5 - 16mm <sup>2</sup> <sup>3)</sup>		
Anschluss-technologie AC	5 polige AC Schraubklemmen 2,5 - 16 mm <sup>2</sup>			5 polige AC Schraubklemmen 2,5 - 16mm <sup>2</sup> <sup>3)</sup>		
Zertifikate und Normerfüllung	ÖVE / ÖNORM E 8001-4-712, DIN V VDE 0126-1-1/A1, VDE AR N 4105, IEC 62109-1/-2, IEC 62116, IEC 61727, AS 3100, AS 4777-2, AS 4777-3, CER 06-190, G83/2, UNE 206007-1, S1 4777 <sup>1)</sup> , CEI 0-21 <sup>1)</sup> , NRS 097					

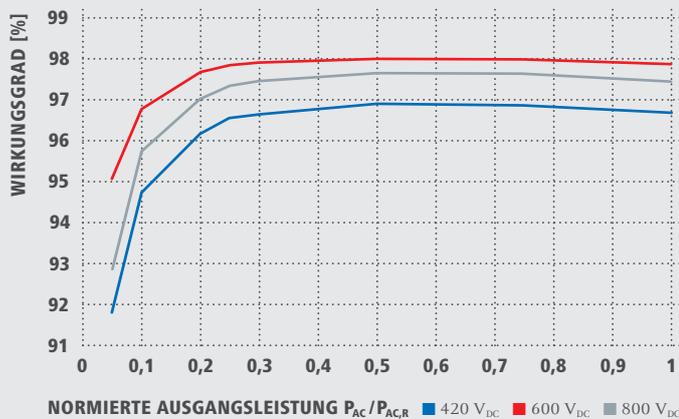
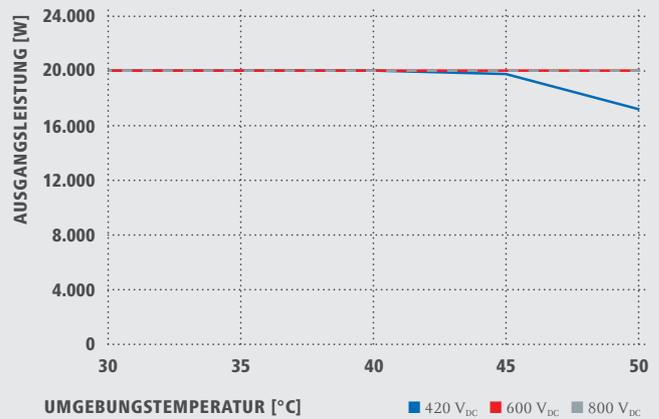
<sup>1)</sup> Gilt für Fronius Symo 3.0-3-M, 3.7-3-M und 4.5-3-M. <sup>2)</sup> Nach IEC 62109-1.

<sup>3)</sup> Bei 16 mm<sup>2</sup> ohne Adernendhülsen. Nähere Informationen zur Verfügbarkeit der Wechselrichter in Ihrem Land finden Sie unter [www.fronius.com](http://www.fronius.com).

**TECHNISCHE DATEN FRONIUS SYMO (10.0-3-M, 12.5-3-M, 15.0-3-M, 17.5-3-M, 20.0-3-M)**

INGANGSDATEN	SYMO 10.0-3-M	SYMO 12.5-3-M	SYMO 15.0-3-M	SYMO 17.5-3-M	SYMO 20.0-3-M
Max. Eingangsstrom ( $I_{dc \max 1} / I_{dc \max 2}$ )	27,0 A / 16,5 A <sup>1)</sup>		33,0 A / 27,0 A		
Max. Eingangsstrom ( $I_{dc \max 1} + I_{dc \max 2}$ )	43,5 A		51,0 A		
Max. Kurzschlussstrom Modulfeld (MPP <sub>1</sub> /MPP <sub>2</sub> )	40,5 A / 24,8 A		49,5 A / 40,5 A		
Min. Eingangsspannung ( $U_{dc \min}$ )			200 V		
Einspeisung Startspannung ( $U_{dc \text{start}}$ )			200 V		
Nominale Eingangsspannung ( $U_{dc \text{r}}$ )			600 V		
Max. Eingangsspannung ( $U_{dc \max}$ )			1.000 V		
MPP Spannungsbereich ( $U_{mpp \min} - U_{mpp \max}$ )	270 - 800 V	320 - 800 V		370 - 800 V	420 - 800 V
Anzahl MPP-Tracker			2		
Anzahl DC-Anschlüsse			3+3		
Max. PV-Generatorleistung ( $P_{dc \max}$ )	15,0 kW <sub>peak</sub>	18,8 kW <sub>peak</sub>	22,5 kW <sub>peak</sub>	26,3 kW <sub>peak</sub>	30,0 kW <sub>peak</sub>
AUSGANGSDATEN	SYMO 10.0-3-M	SYMO 12.5-3-M	SYMO 15.0-3-M	SYMO 17.5-3-M	SYMO 20.0-3-M
AC-Nennleistung ( $P_{ac \text{r}}$ )	10.000 W	12.500 W	15.000 W	17.500 W	20.000 W
Max. Ausgangsleistung	10.000 VA	12.500 VA	15.000 VA	17.500 VA	20.000 VA
AC-Ausgangsstrom ( $I_{ac \text{nom}}$ )	14,4 A	18,0 A	21,7 A	25,3 A	28,9 A
Netzanschluss (Spannungsbereich)	3-NPE 400 V / 230 V oder 3-NPE 380 V / 220 V (+20 % / -30 %)				
Frequenz (Frequenzbereich)	50 Hz / 60 Hz (45 - 65 Hz)				
Klirrfaktor	1,8 %	2,0 %	1,5 %	1,5 %	1,3 %
Leistungsfaktor ( $\cos \varphi_{ac \text{r}}$ )	0 - 1 ind. / cap.				
ALLGEMEINE DATEN	SYMO 10.0-3-M	SYMO 12.5-3-M	SYMO 15.0-3-M	SYMO 17.5-3-M	SYMO 20.0-3-M
Abmessungen (Höhe x Breite x Tiefe)	725 x 510 x 225 mm				
Gewicht	34,8 kg		43,4 kg		
Schutzart	IP 66				
Schutzklasse	1				
Überspannungskategorie (DC / AC) <sup>2)</sup>	2 / 3				
Nachtverbrauch	< 1 W				
Wechselrichterkonzept	Trafolos				
Kühlung	Geregelte Luftkühlung				
Montage	Innen und Außenmontage				
Umgebungstemperatur-Bereich	-40 - +60 °C				
Zulässige Luftfeuchtigkeit	0 - 100 %				
Max. Höhe über Meeresspiegel	2.000 m / 3.400 m (uneingeschränkter / eingeschränkter Spannungsbereich)				
Anschluss-technologie DC	6x DC+ und 6x DC- Schraubklemmen 2,5 - 16 mm <sup>2</sup>				
Anschluss-technologie AC	5 polige AC Schraubklemmen 2,5 - 16 mm <sup>2</sup>				
Zertifikate und Normerfüllung	ÖVE / ÖNORM E 8001-4-712, DIN V VDE 0126-1-1/A1, VDE AR N 4105, IEC 62109-1/-2, IEC 62116, IEC 61727, AS 3100, AS 4777-2, AS 4777-3, CER 06-190, G83/2, UNE 206007-1, SI 4777, CEI 0-16, CEI 0-21, NRS 097				

<sup>1)</sup> 14,0 A bei Spannungen < 420 V<sup>2)</sup> Nach IEC 62109-1. Hutschiene für optionalen Überspannungsschutz Typ 2 vorhanden.Nähere Informationen zur Verfügbarkeit der Wechselrichter in Ihrem Land finden Sie unter [www.fronius.com](http://www.fronius.com).

**WIRKUNGSGRADKURVE FRONIUS SYMO 20.0-3-M****TEMPERATURDERATING FRONIUS SYMO 20.0-3-M****TECHNISCHE DATEN FRONIUS SYMO (10.0-3-M, 12.5-3-M, 15.0-3-M, 17.5-3-M, 20.0-3-M)**

WIRKUNGSGRAD	SYMO 10.0-3-M	SYMO 12.5-3-M	SYMO 15.0-3-M	SYMO 17.5-3-M	SYMO 20.0-3-M
Max. Wirkungsgrad	98,0 %			98,1 %	
Europ. Wirkungsgrad (η <sub>EU</sub> )	97,4 %	97,6 %	97,8 %	97,8 %	97,9 %
η bei 5 % P <sub>AC,r</sub> <sup>1)</sup>	87,9 / 92,5 / 89,2 %	88,7 / 93,1 / 90,1 %	91,2 / 94,8 / 92,3 %	91,6 / 95,0 / 92,7 %	91,9 / 95,2 / 93,0 %
η bei 10 % P <sub>AC,r</sub> <sup>1)</sup>	91,2 / 94,9 / 92,8 %	92,9 / 96,1 / 94,6 %	93,4 / 96,0 / 94,4 %	94,0 / 96,4 / 95,0 %	94,8 / 96,9 / 95,8 %
η bei 20 % P <sub>AC,r</sub> <sup>1)</sup>	94,6 / 97,1 / 96,1 %	95,4 / 97,3 / 96,6 %	95,9 / 97,4 / 96,7 %	96,1 / 97,6 / 96,9 %	96,3 / 97,8 / 97,1 %
η bei 25 % P <sub>AC,r</sub> <sup>1)</sup>	95,4 / 97,3 / 96,6 %	95,6 / 97,6 / 97,0 %	96,2 / 97,6 / 97,0 %	96,4 / 97,8 / 97,2 %	96,7 / 97,9 / 97,4 %
η bei 30 % P <sub>AC,r</sub> <sup>1)</sup>	95,6 / 97,5 / 96,9 %	95,9 / 97,7 / 97,2 %	96,5 / 97,8 / 97,3 %	96,6 / 97,9 / 97,4 %	96,8 / 98,0 / 97,6 %
η bei 50 % P <sub>AC,r</sub> <sup>1)</sup>	96,3 / 97,9 / 97,4 %	96,4 / 98,0 / 97,5 %	96,9 / 98,1 / 97,7 %	97,0 / 98,1 / 97,7 %	97,0 / 98,1 / 97,8 %
η bei 75 % P <sub>AC,r</sub> <sup>1)</sup>	96,5 / 98,0 / 97,6 %	96,5 / 98,0 / 97,6 %	97,0 / 98,1 / 97,8 %	97,0 / 98,1 / 97,8 %	97,0 / 98,1 / 97,7 %
η bei 100 % P <sub>AC,r</sub> <sup>1)</sup>	96,5 / 98,0 / 97,6 %	96,5 / 97,8 / 97,6 %	97,0 / 98,1 / 97,7 %	96,9 / 98,1 / 97,6 %	96,8 / 98,0 / 97,6 %
MPP-Anpassungswirkungsgrad	> 99,9 %				
SCHUTZEINRICHTUNGEN	SYMO 10.0-3-M	SYMO 12.5-3-M	SYMO 15.0-3-M	SYMO 17.5-3-M	SYMO 20.0-3-M
DC-Isolationsmessung	Ja				
Überlastverhalten	Arbeitspunktverschiebung, Leistungsbegrenzung				
DC-Trennschalter	Ja				
Verpolungsschutz	Ja				
SCHNITTSTELLEN	SYMO 10.0-3-M	SYMO 12.5-3-M	SYMO 15.0-3-M	SYMO 17.5-3-M	SYMO 20.0-3-M
WLAN / Ethernet LAN	Fronius Solar.web, Modbus TCP SunSpec, Fronius Solar API (JSON)				
6 Eingänge und 4 digitale Ein-/ Ausgänge	Anbindung an Rundsteuerempfänger				
USB (Typ-A Buchse) <sup>2)</sup>	Datenlogging, Wechselrichter-Update per USB-Stick				
2x RS422 (RJ45-Buchse) <sup>2)</sup>	Fronius Solar Net				
Meldeausgang <sup>2)</sup>	Energiemanagement (potentialfreier Relaisausgang)				
Datalogger und Webserver	Integriert				
Externer Eingang <sup>2)</sup>	Anbindung S0-Zähler / Auswertung Überspannungsschutz				
RS485	Modbus RTU SunSpec oder Zähleranbindung				

<sup>1)</sup> Und bei U<sub>mpp min</sub> / U<sub>dc,r</sub> / U<sub>mpp max</sub>    <sup>2)</sup> Auch in der light-Variante verfügbar.

/ Perfect Welding / Solar Energy / Perfect Charging

**WIR HABEN DREI SPARTEN UND EINE LEIDENSCHAFT: DIE GRENZEN DES MACHBAREN VERSCHIEBEN.**

/ Ob in der Schweißtechnik, Photovoltaik oder bei Batterieladetechnik – unser Anspruch ist klar definiert: Innovationsführer sein. Mit rund 3.300 Mitarbeitern weltweit verschieben wir die Grenzen des Machbaren, unsere mehr als 900 erteilten Patente sind der Beweis dafür. Wo andere sich schrittweise entwickeln, machen wir Entwicklungssprünge. Schon immer. Ein verantwortungsvoller Umgang mit unseren Ressourcen ist die Grundlage unseres unternehmerischen Handelns.

Weitere Informationen zu allen Fronius Produkten und unseren weltweiten Vertriebspartnern und Repräsentanten erhalten Sie unter [www.fronius.com](http://www.fronius.com)

4.8 Erstellen Sie einen zweiten Modulplan. Legen Sie fest, welche Module Sie durch thermische Kollektoren ersetzen würden, wenn der Kunde sein Brauchwasser solar erwärmen möchte. Geben Sie ergänzend an, was bei der Konstruktion speziell beachtet werden muss, wenn thermische Kollektoren in eine PV-Anlage integriert werden.

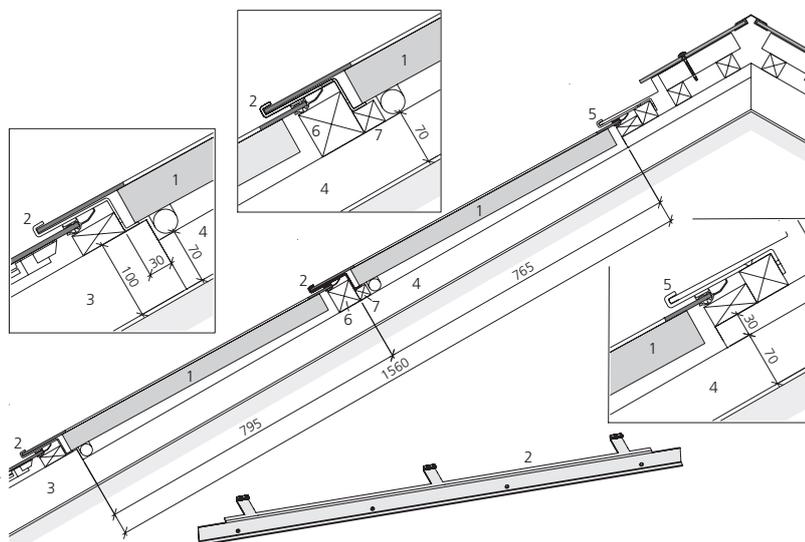
Für die Warmwasseraufbereitung einer Familie mit 4 Personen werden standardmässig 4 m<sup>2</sup> bis 6 m<sup>2</sup> Absorberfläche benötigt. Der vom Lieferanten vorgeschlagene Kollektor hat eine Absorberfläche von 0,8 m<sup>2</sup>. Je nach Benutzerverhalten ist hier der Einsatz von 5 bis 7 Kollektoren sinnvoll (siehe Datenblatt H+S ThermiePanel Integral 2) Thermische Kollektoren werden bei einem Solardach wenn möglich immer in der

obersten Modulreihe angeordnet, da es dort am wärmsten ist. Beim Bestimmen des Standortes wird auf ein symmetrisches Erscheinungsbild geachtet. Alternativ könnten auch teilbeschattete Module ersetzt werden.

Wenn bei dachintegrierten PV-Anlagen einzelne Module mit thermischen Kollektoren ersetzt werden, muss die Dicke der Konterlatte erhöht werden, da die Kollektoren in der Konterlattung eingelassen werden müssen. Um zu verhindern, dass der Lüftungsquerschnitt kleiner als 60 mm wird, sollte in diesem Fall eine Konterlatte von 100 mm verwendet werden (siehe Grafik). Sollte das aus Kostengründen oder bei einer Nachrüstung nicht möglich sein, darf der Lüftungsquerschnitt gemäss Norm SIA 232/1, Art. 2.2.9.3 bis zu 50 % reduziert werden.



Thermiekollektor mehrreihig für das Indachsystem INTEGRAL 2



- Thermiepanel
- Halter für Thermiekollektor
- Konterlattung (100 mm)
- Konterlattung (70 mm),  
Höhe um 30 mm reduziert
- Modulhalter
- Dachlattung 60x60 mm
- Dachlattung 30x30 mm

# H+S ThermiePanel® 38 IT 2 - Eckdaten und Preise

Thermischer Solarkollektor für Heizung und Warmwasser zu Integral 2



- + erhöht den solaren Gesamtertrag
- + optisch abgestimmt auf PV
- + Produktion in der Schweiz
- + Montage durch Hersteller möglich
- + Solarstation mit int. Wärmepumpe

Technische Daten									
Abmessung	1300 x 875 x 52 mm, Fläche brutto 1 m <sup>2</sup>								
Kollektorart	Flachkollektor mit Edelgasfüllung								
Glas	Weissglas, strukturiert, 5mm, gehärtet								
Absorber	Aluminium, Beschichtung hochselektiv a=95%, e=5%, Fläche netto 0.8 m <sup>2</sup>								
Verschaltung	je 3-4 Panel <b>seriell</b> = Teil-Feld max. 8 Teilfelder <b>parallel</b> = Kollektorfeld								
Leergewicht	20 kg								
Kollektorinhalt	0.7 l								
Empfohlener Durchfluss	5 bis 80 l/h								
Druckverlust Panel	<table border="1"> <thead> <tr> <th>[l/h]</th> <th>25</th> <th>50</th> <th>75</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>[Pa]</td> <td>965</td> <td>2546</td> <td>4491</td> </tr> </tbody> </table>	[l/h]	25	50	75	[Pa]	965	2546	4491
[l/h]	25	50	75						
[Pa]	965	2546	4491						
Stagnationstemperatur	149 °C								
Max. Betriebsdruck	6 bar								
Anschlüsse Solarschlauch	AG ¾" flachdichtend								
Hagelwiderstandsklasse	HW 4 (entspricht Hagelkorn Ø 40 mm)								
Zertifikate	Solar Keymark DIN EN 12975-1:2006-06 DIN Certo EN 12975-2:2006-06 SPF C1322								
Gewährleistung	Materiallieferung 3 Jahre Montage mit Inbetriebnahme 5 Jahre								
Ertrag pro Jahr	min.200 kWh / max.550 kWh pro Panel								

Einsatzbereich	
Tragkonstruktion	in Integral II Solardachsystem
Neigung	0° bis 80°

Preise Brutto exkl. MwSt		
Art. 22101	730.- CHF Material komplett	1 x H+S ThermiePanel 38 1 x Anteil Sammelleitung  von Eternit: 1 x Leiste mit 3 Haken
Art. 22110	3.- CHF Lieferung	Lieferung und Verpackung - je km ab 9445 Rebstein - je 10 Stk H+S ThermiePanel 38 - Mindestbetrag 200.- CHF
Art. 22115	500.- CHF Fachbauleitung	Fachbauleitung 3h auf Baustelle - Instruktion Montageteam - Anfahrt gemäss Art. 22176
Art. 22116	160.- CHF Montage	Montage pro H+S ThermiePanel - Lattung + Wasserprofile bauseits - Montage H+S Thermiepanel - Montage Sammelleitungen - Anfahrt gemäss Art. 22176
Art. 22176	4.- CHF Anfahrt + Lieferung	Anfahrt + Lieferung - bei Fachbauleitung oder Montage - je km ab 9445 Rebstein - Lieferung bis 16 Panels
Art. 21999	5%	Provision, Auftrag direkt vom Bauherr

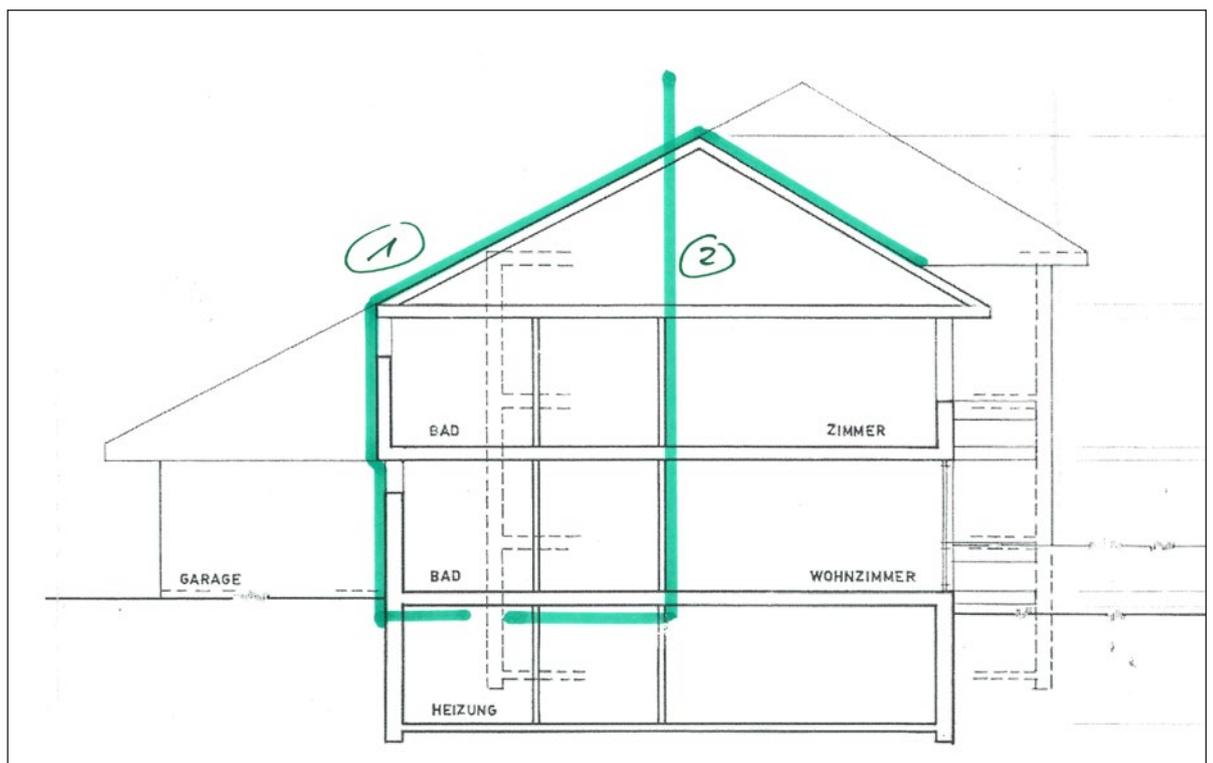
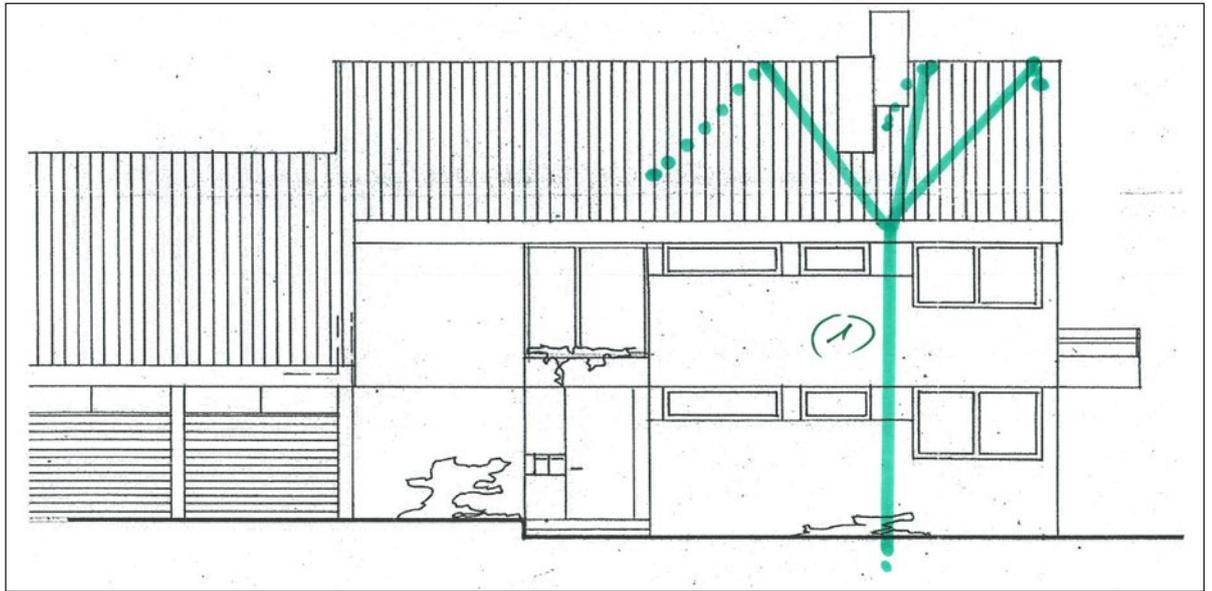
4.9 Zeichnen Sie in den bestehenden Gebäudeansichten oder Schnittplänen die Leitungsführung für eine PV-Anlage grün und die Leitungsführung für eine thermische Anlage rot ein.

#### Leitungsführung PV-Anlage

■ Variante 1: Die Stringleitungen werden in Schutzrohren geführt. Diese werden in der Lüftungsebene unter dem Deckmaterial (Ziegel, Solarmodule etc.) auf die

Nordseite geführt und dann der Nordfassade entlang bis in den Lüftungsschacht des Heizungsraums. Auf der Gebäudeausenseite werden zusätzlich Fallrohre angebracht, welche die Leitungen vor mechanischen Beschädigungen schützen. Falls die Fassade gleichzeitig gedämmt wird, kann auf das Fallrohr verzichtet werden und das Schutzrohr wird zwischen Mauerwerk und Fassadendämmung geführt.

■ Variante 2: Die Stringleitung wird im

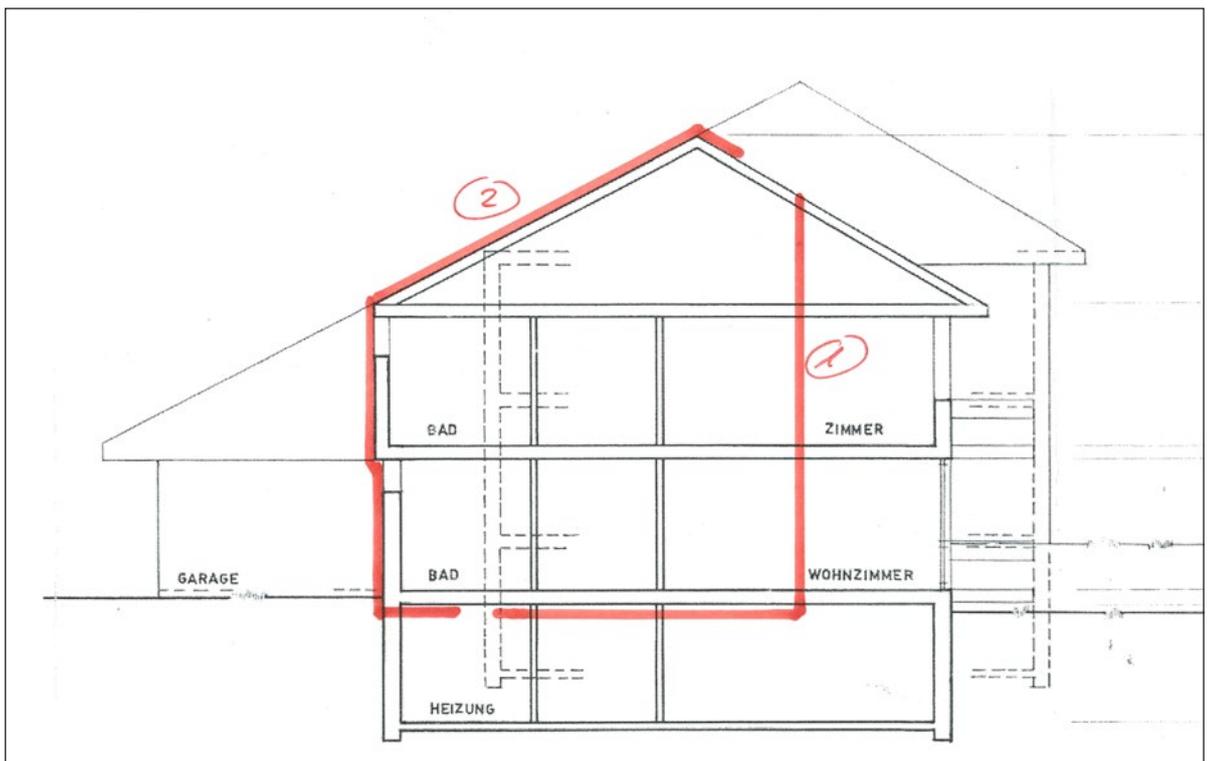
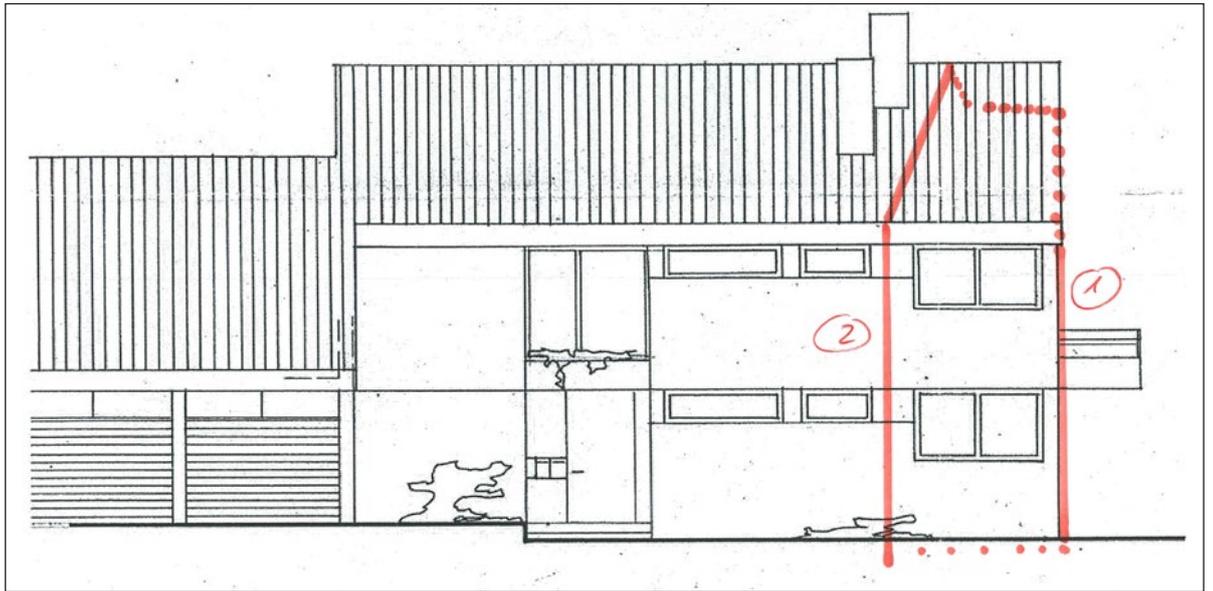


stillgelegten Kamin geführt. Diese Variante hätte den Vorteil, dass die Solarleitung bis zum Keller nie sichtbar wird. Sie hat aber den klaren Nachteil, dass der Kamin im Falle eines Ausbaus des Estrichs nicht abgebrochen werden könnte, ohne dass die Leitung neu verlegt werden müsste.

### Leitungsführung Solarwärme

Bei der Leitungsführung der thermischen Anlage muss zuerst abgeklärt werden, ob es sich um einen geschlossenen Solarkreislauf oder um ein entleerendes System (Drainback oder Steam-Back) handelt.

■ Variante 1 kann bei beiden Systemen eingesetzt werden. In diesem Fall ist ein durchgehendes Gefälle der Solarleitung vom Kollektorfeld bis zum Speicher möglich. Sie hat den Nachteil, dass an der



Westfassade ein langes Fallrohr montiert werden muss und mit der Leitung im Untergeschoss eine grössere Distanz sichtbar überbrückt werden muss.

■ Variante 2 kommt nur bei geschlossenen Systemen zum Einsatz. Ein durchgehendes Gefälle in der Leitung ist nicht nötig. Diese Variante hat den Vorteil, dass an der Fassade ein kürzeres Fallrohr sichtbar ist und auch im Untergeschoss die Solarleitung nur eine kurze Distanz überbrücken muss.

■ Variante 3: siehe Variante 2 bei PV-Leitungen

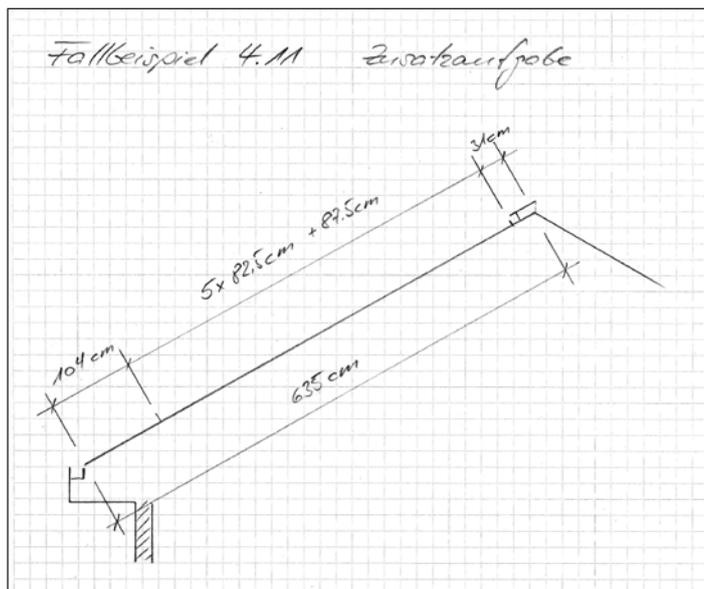
### Zusatzaufgaben

4.10 Erstellen Sie eine Sparreneinteilung (Schnittzeichnung) für den Fall, dass das Schneerückhaltesystem wieder montiert werden soll.

Wenn das Schneerückhaltesystem auch Schneefang genannt, aus Sicherheitsgründen wieder montiert werden muss, wird mit der Einteilung beim First begonnen.

Da das oberste Modul direkt unterhalb der Firstentlüftung zu liegen kommt, muss darauf geachtet werden, dass die Firstabdeckung die oberste Zellenreihe nicht beschattet. Aus diesem Grund empfiehlt es sich, das oberste Modul mit einem Firstanschlussblech zu überdecken. Für dieses Firstdetail werden gemäss Planungsunterlagen 31 cm benötigt.

Für die Einteilung des Modulfeldes werden 5 Module mit dem Einteilungsmass 82,5cm und 1 Modul mit dem ganzen Plattenmass 87,5cm eingeteilt. Die noch übrig bleibenden 104cm bis zum Traufpunkt werden nun mit den systemzugehörigen Ergänzungsplatten (zwei Reihen) und einem Schneefang gelöst oder es werden wie auf der gegenüberliegenden Dachseite Biberschwanzziegel eingedeckt und für den Schneefang wird die Standardlösung gewählt.

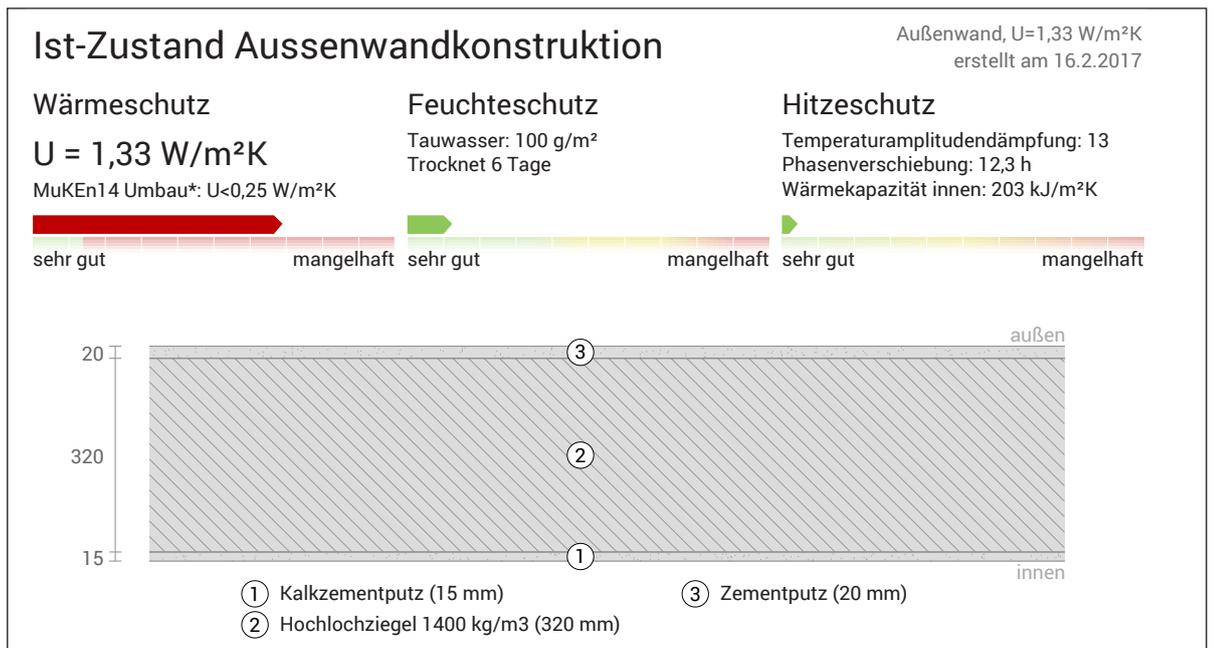




## Lösung Fallbeispiel 5

# Umfassende Erneuerung

5.1 Erstellen Sie eine U-Wert-Berechnung für die bestehende Aussenwandkonstruktion. Dafür kann das Tool «U-Wert.net» eingesetzt werden.

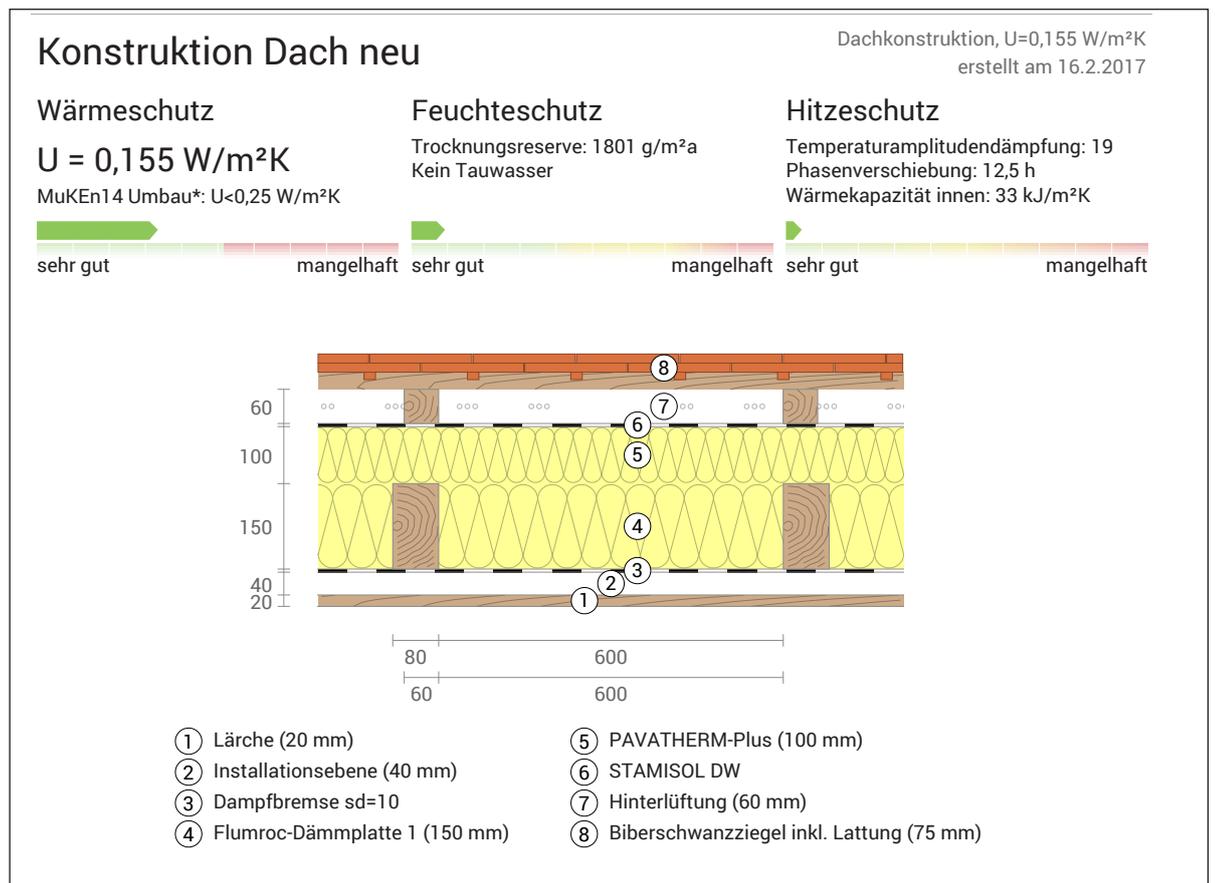


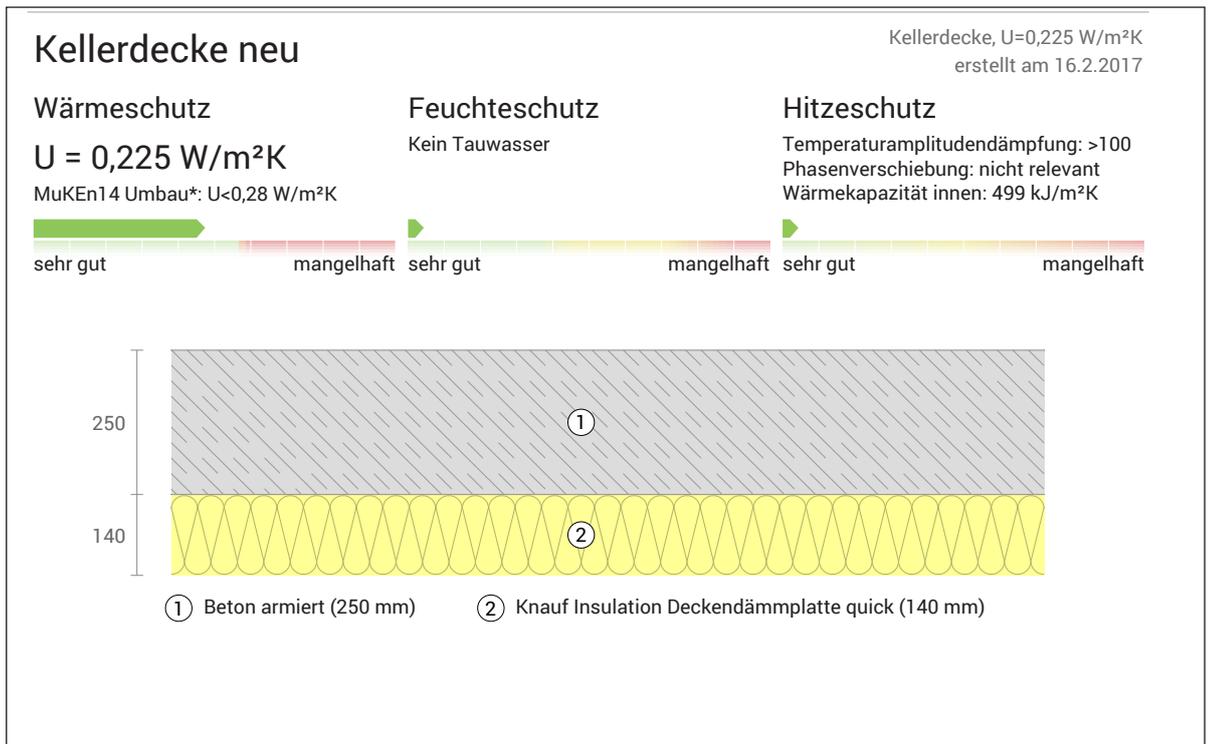
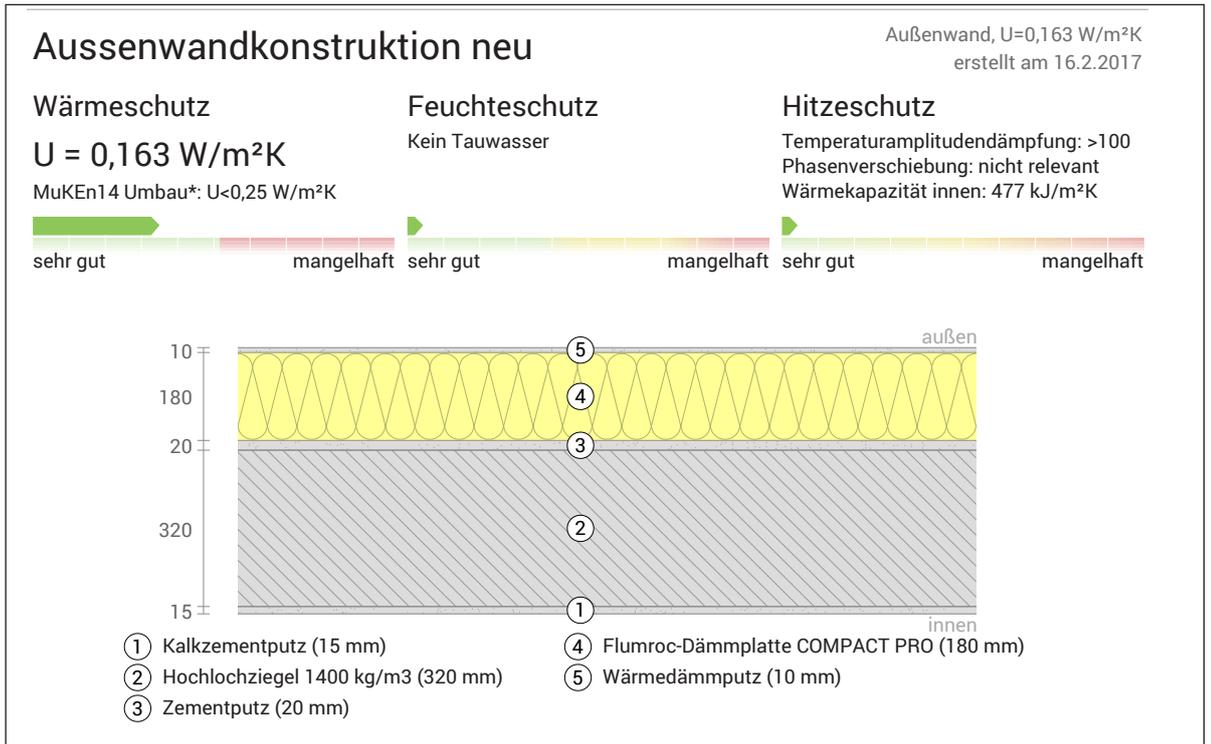
5.2 Berechnen Sie, wieviel Dämmung im geneigten Dach, der Gebäudewand und der Kellerdecke montiert werden muss, um die MuKEn 2014 für Neubauten einhalten zu können.

Die Wärmedämmung der Fassade muss die Deckendämmung im Keller um ca. 50cm überragen, damit über die ungedämmte Kellerwand nicht zu viel Wärme verloren geht.

Im Sockel- beziehungsweise Perimeterbereich, wo die Dämmschicht mit Nässe in Berührung kommen kann, muss eine Dämmung eingesetzt werden, welche bei normaler Beanspruchung keine Feuchtigkeit aufnimmt (z. B. extrudierter Polystyrol oder Schaumglas).

Deckendämmplatten werden häufig mit sichtbaren Dämmstoffhaltern in der Betondecke befestigt. Sie können aber auch mit unsichtbaren «Krallen» montiert werden. Da die Raumhöhe im Untergeschoss nur 220 cm hoch ist und die Deckendämmung 14 cm Höhe braucht, beträgt die Raumhöhe anschliessend nur noch 206 cm. Die Bauherrschaft sollte vor der Ausführung diesbezüglich informiert werden. So kann sie entscheiden, ob sie allenfalls einen leistungsfähigeren Dämmstoff einsetzen will.





**5.3 Erstellen Sie eine Skizze der Fensterleibung, nachdem die Aussenwand gedämmt und das Fenster ersetzt wurde. Eine Vorlage für die Skizze finden Sie im Anhang.**

Die erste Lösung zeigt das Mauerwerk, wie es heute bei Familie Muster anzutreffen ist. Die Öffnung in der Aussenwand hat einen Absatz, der als Anschlag für die Fenstermontage genutzt werden kann. Das vereinfacht die Fenstermontage.

Beim Ermitteln der Fenstergrösse muss darauf geachtet werden, dass der Fensterrahmen genügend weit über das Mauerwerk ragt, damit die Fassadendämmung lückenlos bis ans Fenster geführt werden kann. Die Leibung und die Brüstung sollten überall mit mindestens 3 cm Dämmung überdeckt werden, damit das Mauerwerk an dieser Stelle nicht zu sehr auskühlt. Bei der Brüstung wird der Absatz im Mauerwerk abgespitzt, damit der Fensteranschluss genügend gedämmt werden kann.

Auf der Aussenseite wird der Fensterrahmen winddicht mit dem Mauerwerk verbunden. Das geschieht mit einem Fugenband. Auf der Rauminnenseite wird der Fensterrahmen und das Mauerwerk mit dem entsprechenden Kitt ausreichend diffusionsbremsend versiegelt.

Bei der zweiten Lösung wird das Fenster ausserkannt Mauerwerk montiert. Diese Montageart trifft man im Neubau sehr häufig an. Sie hat den Vorteil, dass mit der Fassadendämmung direkt auf den Fensterrahmen angeschlossen werden kann.

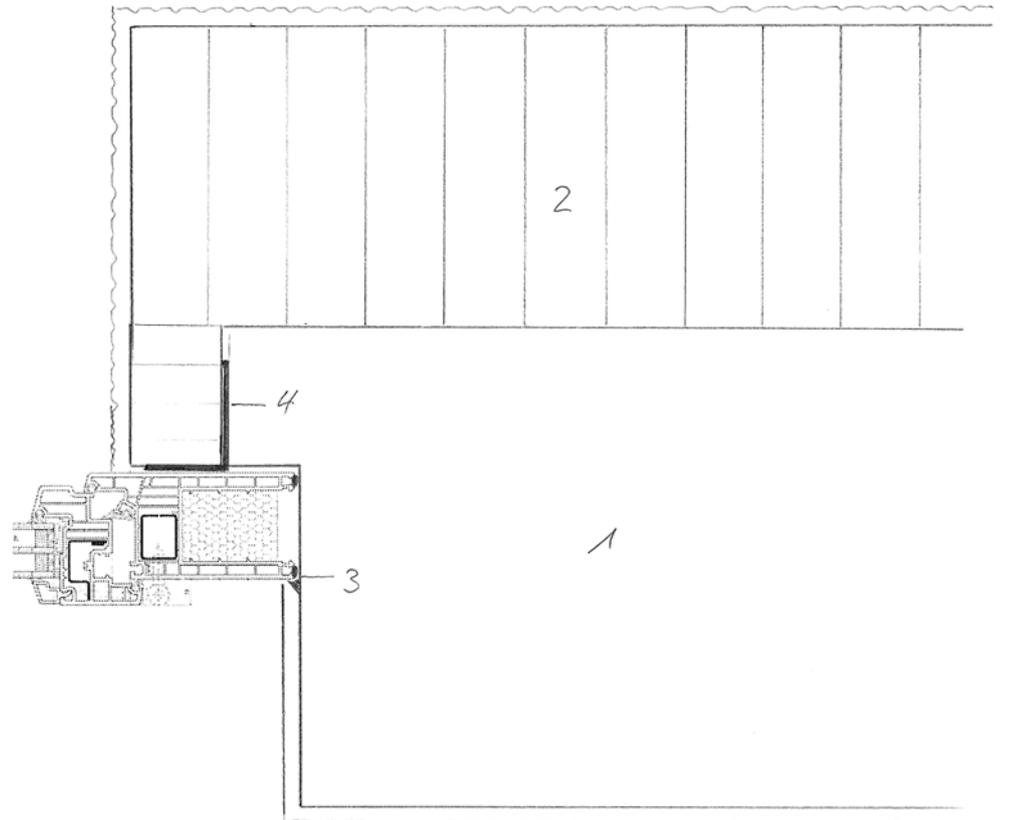
Bei Familie Muster hätte diese Montageart zur Folge, dass Fensterlicht verloren geht, oder dass die Absätze im Mauerwerk abgespitzt werden müssten.

# Leibung

M= 1:5

Aussen

Innen



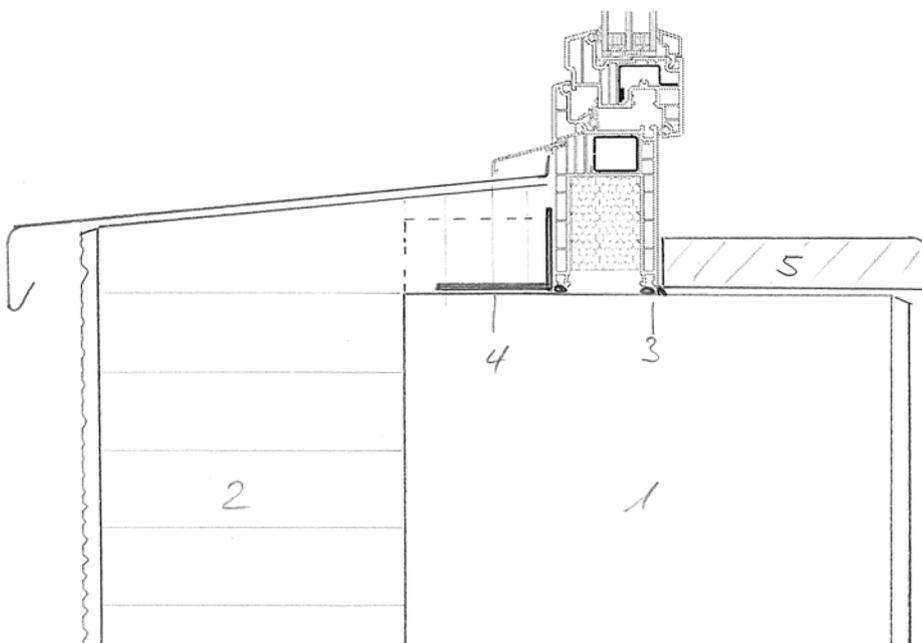
1. Plattenwerk
2. Fassaden dämmung verputzt
3. Schaumstoffschwein, Kittfuge
4. Dichtband
5. Fensterbank innen

# Brüstung

M= 1:5

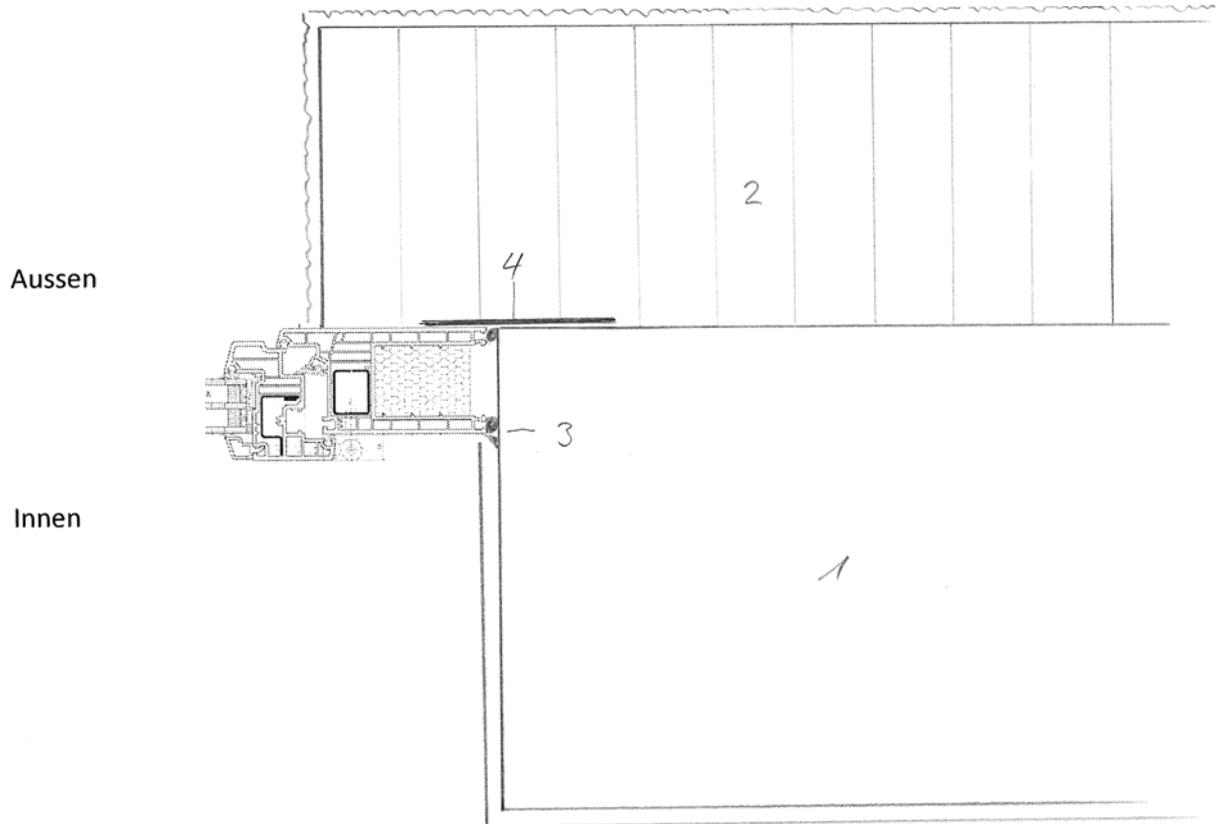
Aussen

Innen



# Leibung

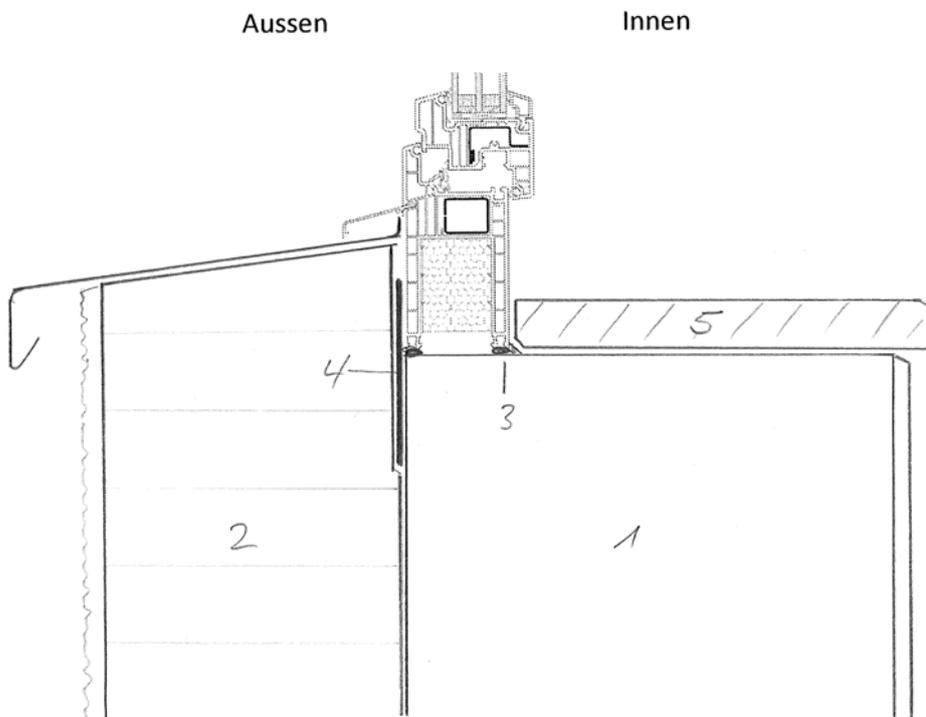
M= 1:5



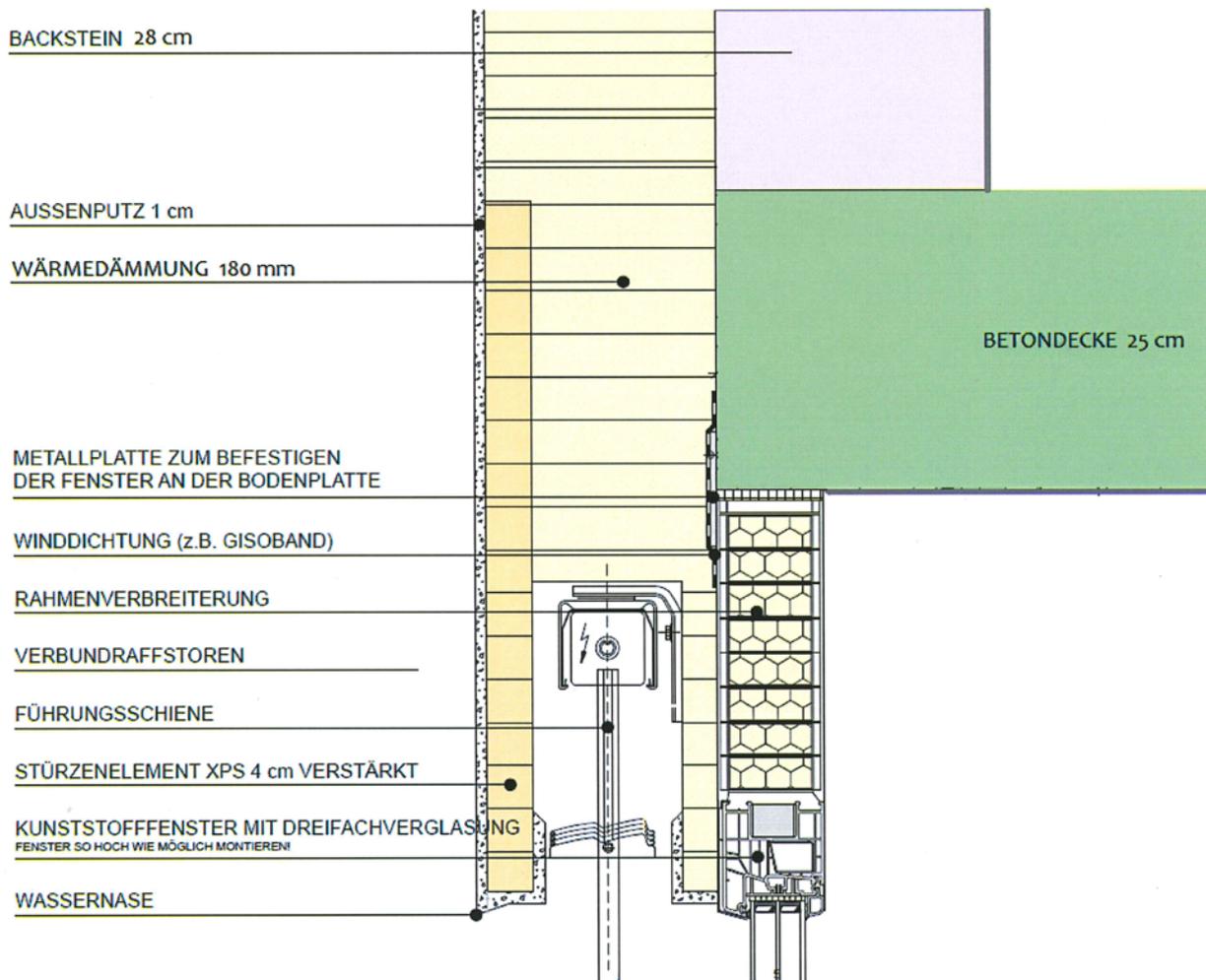
# Brüstung

M= 1:5

1. Traueswerk
2. Fassadendämmung verputzt
3. Schaumstoffschür, Kittfuge
4. Dichtband
5. Fensterbank innen



# Fenstersturz



**5.4 Entscheiden Sie, ob die Solaranlage(n) In- oder Aufdach montiert werden. Begründen Sie Ihre Auswahl ausführlich.**

Da Familie Muster die Gebäudehülle erneuert und auf den neusten Stand bringt, ist es ein Leichtes, Rahmenbedingungen zu schaffen, die eine optimal integrierte thermische wie auch photovoltaische Solaranlage zulassen.

Aus rein ästhetischer Sicht sind Aufdachanlagen Komponenten, die nicht zur Gebäudehülle passen. Sie wirken aufgesetzt und störend, vor allem bei kleineren Dachflächen wie bei Einfamilienhäusern.

Viele Systemanbieter haben dies erkannt und bieten Solarsysteme an, die als Deckmaterialien eingesetzt werden können. Zudem gibt es diverse Systeme, bei denen die Rasterung von PV-Modulen und den dazu passenden Kollektoren identisch sind. Es können also Solar-Dachflächen mit einem einheitlichen und ruhigen Erscheinungsbild erstellt werden. Auch die Dachübergänge zum bestehenden Deckmaterial können problemlos gelöst werden und sind für einen späteren Unterhalt frei zugänglich.

Bei neu geplanten Dachflächen kommt dazu, dass Be- und Entlüftung sowie die Lüftungsebene perfekt geplant werden können, so dass dachintegrierte PV-Anlagen keine Leistungseinbussen im Vergleich zu Aufdachanlagen mehr aufweisen.

Da die Solaranlage auch die wasserführende Schicht ist, kann die Dichtigkeit des Daches problemlos überprüft werden. Bei Verschmutzung von Fälzen oder Rinnen können diese bei Bedarf gereinigt und unterhalten werden. Aus diesem Grund wird hier eine dachintegrierte Solaranlage empfohlen.

5.5 Erstellen Sie eine Zeichnung der Kollektoranordnung inklusive hydraulischer Verschaltung.

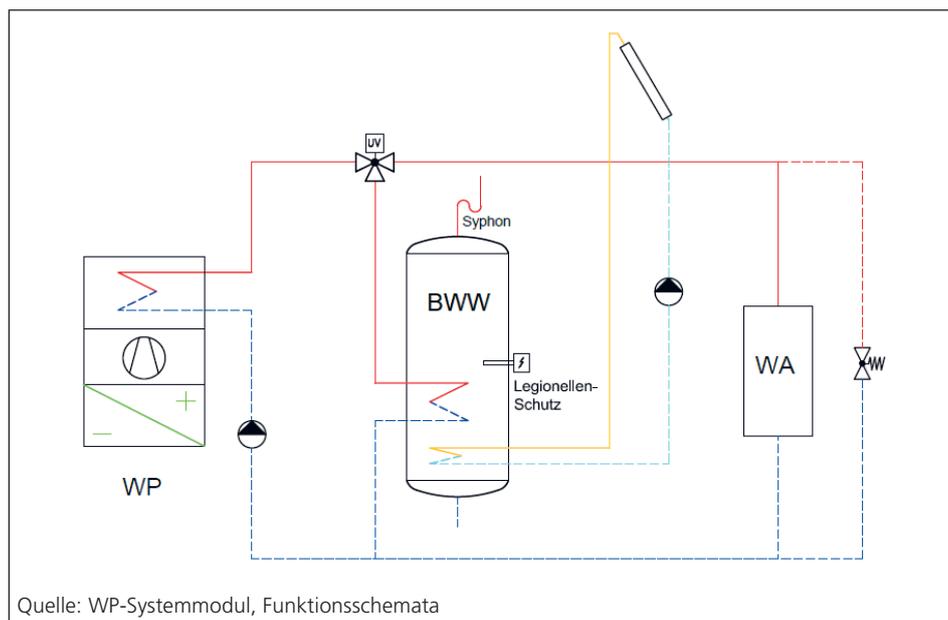
Siehe Musterlösung zur Aufgabe 3.2.

5.6 Erstellen Sie ein kleines Prinzipschema der gesamten Haustechnikanlage (Wärmeerzeugung und Solar).

Das Wärmepumpen-Systemmodul ist eine Qualitätsauszeichnung für Wärmepumpenanlagen, Systemmodulanlagen sind auch Voraussetzung für Fördergelder. Die hydraulische Systemeinbindung der beiden Wärmeerzeuger (Solar und Wärmepumpe) ist anspruchsvoll, weshalb nur geprüfte Hydraulikvarianten zugelassen werden. Das Bild unten zeigt eine Kombination zwischen Luft-Wasser-Wärmepumpe und thermischer Solaranlage zur Unterstützung der Warmwasserbereitung. Die Wärmeabgabe (WA) wird durch einen Pufferspeicher (SP) von der Wärmeerzeugung entkoppelt. Dieser Heizungs-Pufferspeicher hilft bei der Überbrückung allfälliger Sperrzeiten des Elektrizitätsversorgers und stellt Mindestlaufzeit und Volumenströme der Wärmepumpe sicher. Das Umschaltventil Warmwasser/Heizung sowie die Umwälzpumpe im Ladekreis können je nach Typ bereits im Wärmepumpengerät integriert sein.

5.7 Es ist zu prüfen, ob die Wärmeverteilung ersetzt werden muss.

Die Wärmeverteilung kann grundsätzlich belassen werden, eine Sichtkontrolle auf Schadstellen ist aber in jedem Fall empfehlenswert. Ebenso eine Kontrolle der Heizungswasser-Qualität bei Befüllung und im Betrieb.



**5.8 Es ist zu prüfen, ob das bestehende Wärmeabgabesystem für den Betrieb mit einer Luft-Wasser-Wärmepumpe geeignet ist. Wenn nicht, Vorschläge machen (ohne ins Detail zu gehen).**

Entscheidend für die Dimensionierung der Heizflächen sind:

- der Heizleistungsbedarf des Gebäudes
- die Vorlauftemperaturen des Wärmeerzeugers

Der bisherige Heizleistungsbedarf lässt sich aus dem Energieverbrauch der letzten Jahre bestimmen. Gemäss Lösung der Aufgabe 1.7 beträgt Jahresverbrauch für die Heizung 47900 kWh. Der Jahresnutzungsgrad der (kondensierenden) Gastherme wird mit 0,9 angenommen\*.

Für den Heizbetrieb wird mit 2000 Volllaststunden gerechnet, wodurch sich der bisherige Heizleistungsbedarf zu

$$47900 \text{ kWh} \cdot 0,9 : 2300 \text{ h} = 21,6 \text{ kW}$$

abschätzen lässt. Das Heizkurvendiagramm der Therme (vgl. Video) lässt auf eine Vorlauftemperatur von circa 62°C schliessen (Aussentemperatur für den Standort Fribourg -7°C, ohne Korrektur für Höhenlagen; Heizkurve 1.50).

Die Gebäudehülle wird wärmetechnisch komplett modernisiert, sodass sie den Neubaustandard nach MuKE n 2014 erreicht. Es ist davon auszugehen, dass auch der MuKE n Grenzwert für die spezifische Heizleistung von 25 W/m<sup>2</sup> (ohne Standortkorrektur) für Neubauten erreicht wird. Mit der aus Aufgabe 1.7 bekannten Gesamtfläche ergibt sich ein Heizleistungsbedarf nach der Sanierung von

$$25 \text{ W/m}^2 \cdot 283,5 \text{ m}^2 = 7088 \text{ W} \approx 7,1 \text{ kW}$$

Der auf rund 1/3 gesenkte Heizleistungsbedarf lässt eine Reduktion der Vorlauftemperaturen zu. Dies ist für den effizienten Betrieb einer Wärmepumpe unabdingbar! Bei Ersatz der Wärmeabgabe schreibt der Gesetzgeber daher eine Dimensionierung auf maximale Vorlauftemperatur von 50°C vor, auch bestehende Systeme müssen die-

sen Wert bei Ersatz des Wärmeerzeugers einhalten – es sei denn, höhere Temperaturen wären erforderlich. Im Folgenden wird mit der Heizkörpergleichung geprüft, ob die erforderliche Leistung (7,1 kW) mit den alten Heizkörpern bei 50°C Vorlauftemperatur erreichbar ist.

$$\frac{P_{\text{neu}}}{P_{\text{bisher}}} = \left( \frac{(50 + 42) : 2 - 22}{(62 + 47) : 2 - 22} \right)^{1,3} \hat{=} 67 \%$$

Annahmen:

Heizkörperexponent:	1,3
Raumtemperatur:	22°C
Vor-/Rücklauf-temp. bisher:	62°C/47°C
Vor-/Rücklauf-temp. neu:	50°C/42°C

Durch die Reduktion der Betriebstemperatur ergibt sich eine Reduktion der Wärmeleistung auf 67%. Da der bisherige Leistungsbedarf von 21,6 kW problemlos gedeckt werden konnte (Annahme; bei der Bauherrschaft evt. allfällige Komfortprobleme mit Raumtemperatur erfragen), können mit 50°C Vorlauftemperatur durch die bestehende Wärmeabgabe auch 67% davon, also 14,5 kW gedeckt werden. Der effektive Bedarf liegt mit 7,1 kW deutlich darunter, sodass die bestehenden Heizkörper problemlos weiter genutzt werden können. In jedem Fall sollte aber die Vorlauftemperatur mit einem Fachplaner auf ein möglichst tiefes Niveau eingestellt werden\*\*.

### Zu beachten

- Spezielle Einbausituationen (z. B. verkleidete Heizkörper) sind zu berücksichtigen.
- Die Ästhetik kann gegebenenfalls auch Ausschlag für einen Heizkörper-Austausch sein.
- Eine Norm-Heizlastberechnung nach SIA 384.201 ist für die genaue Planung erforderlich und für Systemmodul-Anlagen Pflicht.
- Heizkörper-Thermostaten müssen allenfalls neu eingestellt oder gewechselt werden.

\*vgl. «Leistungsgarantie Haustechnik»

\*\*mit der Heizkörpergleichung lässt sich eine minimale Vorlauftemperatur im Bereich 40°C berechnen

**5.9 Listen Sie alle nötigen Komponenten auf und geben Sie an, wo diese im, ums oder auf dem Haus montiert werden sollen.**

Wesentlich ist die Entscheidung, ob ein innen oder aussenaufgestelltes Wärmepumpengerät verwendet werden soll. Als Variante bieten sich auch Splitgeräte an, deren Verdampfer ausserhalb, der Kondensator innerhalb des Gebäudes zu liegen kommt. Entscheidungskriterien sind im Wesentlichen die Platzverhältnisse, Schallemissionen sowie bauliche Eingriffstiefe (Ein innen aufgestelltes Gerät benötigt grössere Durchbrüche für die Luft Zu- und Abführung). Hier wird ein Splitgerät gewählt. Benötigte Komponenten:

#### Installationsort Vorgarten (Bereich Eingang/Heizraum)

- Wärmepumpe (Ausseneinheit; Schallemission beachten)
- Kältemittelleitung

#### Installationsort Heizungskeller

- Wärmepumpe (Inneneinheit)
- Heizungspufferspeicher
- Warmwasserspeicher («WPS-Typ\*», mit Solareinbindung und grossem Wärmetauscher für Wärmepumpe)
- Expansion Heizkreis
- Entladegruppe (inkl. Umwälzpumpe Heizkreis)
- Temperaturfühler
- Verbindungsleitungen
- Isolationsmaterial (Wärmedämmung Heizungs- und Warmwasserleitungen und Armaturen)

\* Gängige Typenbezeichnung für Wärmepumpen/Solar-Warmwasserspeicher

Weiter werden für die unter 3.4 genannten Komponenten für die Solaranlage benötigt.

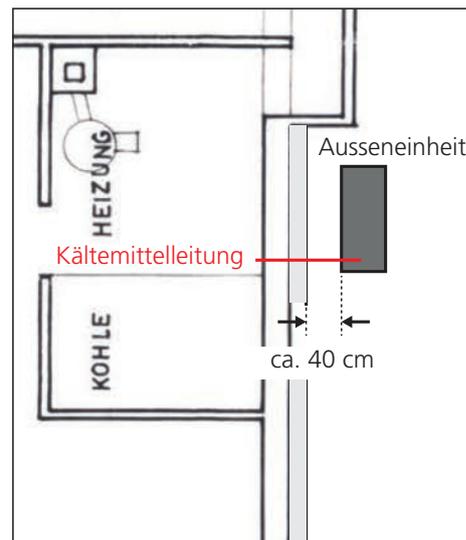
#### Zu beachten

- Schallemissionen der Wärmepumpe. Abstände zu Nachbargebäuden und Wohn- oder Schlafzimmern im eigenen Haus sowie Wahl eines leisen Gerätes.

■ Bei Innenaufstellung mehr Platzbedarf, Wanddurchbrüche für die Luftführung notwendig (circa 2-mal 70 cm x 70 cm). Luftströmung (Einlass/Auslass) beachten (Vermeidung von «Kurzschluss»).

**5.10 Entscheiden Sie auch, wo die Leitungen verlegt werden sollen. Beachten Sie eventuell spätere Ausbaumöglichkeiten und zeigen Sie diese der Bauherrschaft auf.**

Für die Solaranlage gelten die unter zu 3.5 angestellten Überlegungen. Für die Verbindung der Aussen-/Inneneinheit der Wärmepumpe müssen Kältemittelleitungen und ein Stromanschluss verlegt werden. Die benötigten Durchbrüche sind nur wenige cm gross.



### 5.11 Machen Sie Angaben über den zu erwartenden solaren Deckungsgrad.

Der solare Deckungsgrad einer typischen Solaranlage (2 bis 4 Flachkollektoren für das Beispielgebäude) zur Warmwassererwärmung beträgt rund 70 %. Sie ist abhängig von der tatsächlichen Nutzung (mit Bauherrschaft besprechen, insbesondere auch vorhersehbare Nutzungsänderungen): Ist die Bewohnerschaft beispielsweise während der ertragsreichen Zeiten (Frühjahr bis Herbst) länger abwesend, kann die Solarwärme weniger genutzt werden.

#### Zu beachten

■ Unbedingt zu prüfen wäre, ob die Solarwärme auch durch Waschmaschinen oder Geschirrspüler genutzt werden kann.

### 5.12 Dimensionieren Sie die neue Luft-Wasser-Wärmepumpe.

Der Heizleistungsbedarf wird gemäss Musterlösung zur Aufgabe 5.8. mit 7,1 kW angenommen. Für die Warmwassererwärmung gilt nach Aufgabe 1.7.

$$4 \text{ Personen} \cdot 750 \text{ kWh/Person/a} : (365 \cdot 24 \text{ h/a}) = 0,3 \text{ kW}$$

Die permanent zur Verfügung stehende Wärmeleistung müsste also

$$7,1 \text{ kW} + 0,3 \text{ kW} = 7,4 \text{ kW}$$

betragen. Für die (meist tarifabhängige) Sperrzeit des Elektrizitätslieferanten werden 2 h angenommen, die Wärmepumpe muss die tägliche Wärme also in 22 h erzeugen können und benötigt daher mindestens

$$7,4 \text{ kW} \cdot 24 \text{ h} : 22 \text{ h} = 8,1 \text{ kW}$$

bei einer Norm-Aussentemperatur von  $-7^\circ\text{C}$ .

### 5.13 Erstellen Sie eine Kostenrechnung mit Amortisation über 20 Jahre. Treffen Sie die nötigen Annahmen betreffend Fördergeldern und Energiepreis.

Die Kostenrechnung mit Amortisation für eine Gesamterneuerung ist idealerweise auf Grundlage des GEAK Plus (GEAK mit Beratungsbericht) durchzuführen. Hierbei können sämtliche Vorarbeiten aus dieser und der anderen Aufgaben übernommen werden. Eine Musterlösung für diesen GEAK liegt allerdings nicht vor.

# **Didaktisches Konzept**



# 1. Ausgangslage

Das vorliegende Konzept stellt einen allgemeinen Orientierungsrahmen dar, welcher die zentralen didaktischen Elemente beschreibt, die bei der Zielgruppenerweiterung der Fachbuchreihe «Nachhaltiges Bauen und Erneuern» zu berücksichtigen sind. Zudem zeigt das Konzept auf, welche Bedeutung diese Elemente bei der Entwicklungsarbeit neuer bzw. ergänzender Unterrichtsmaterialien haben.

Die Ausgangslage wurde im Projektantrag zum Pilotprojekt vom 25.11.2015 ausführlich geschildert. Die aus didaktischer Sicht zentralen Punkte werden hier nochmals stichwortartig aufgeführt:

## Zielgruppe(n)

- Fachleute mit handwerklicher Orientierung, die Bauherrschaften integral zu Baufragen beraten
- Praktiker, die fest im Berufsleben stehen und teilweise seit längerem keine Aus- oder Weiterbildung mehr absolviert haben.
- Personen aus unterschiedlichen Berufsfeldern mit spezifischen Kenntnissen in ihrem Bereich (z. B. Wärmetechnik), aber geringen Kenntnissen in anderen Bereichen (z. B. Gebäudehülle).

## Bestehende Fachbuchreihe

- eher Nachschlagewerk als Lehrmittel (kein didaktischer Aufbau, keine Aufgaben)
- grosse Themenbreite (im Sinne einer Gesamtübersicht)
- umfangreich
- für neue Zielgruppen zu wenig praxisnah bzw. punktuell zu wenig detailliert.

## Bestehendes Ausbildungskonzept (z. B. Solarteure und Projektleiter Solar- montage)

- Ausbildung ist aufgeteilt in mehrere Grundlagenmodule (Solarstrom, Solarwärme, Elektrotechnik, Gebäudehülle, Projektmanagement, etc.) in welchen die inhaltlichen Grundlagen über alle relevanten Themenbereiche in kurzer Zeit vermittelt werden müssen.

Daraus ergibt sich folgendes Grundproblem:

- Die Fähigkeit zur integralen Beratung von Bauherrschaften braucht Kenntnisse in grosser inhaltlicher Breite und gleichzeitig grosser punktueller Tiefe (je nach resultierendem Projektvorschlag in unterschiedlichen Bereichen). Dafür steht aber nur wenig Ausbildungszeit zur Verfügung und die Teilnehmenden bringen aus ihren Tätigkeiten unterschiedliches Vorwissen mit, das dadurch charakterisiert ist, dass es in einzelnen Bereichen rel. stark in die Tiefe reicht, in anderen Bereichen aber kaum vorhanden ist.



## 2. Das Prinzip der Didaktischen Rekonstruktion

Das didaktische Modell, welches zu dieser Ausgangslage passt ist das Modell der didaktischen Rekonstruktion. Es wird in der Folge kurz vorgestellt. Das Modell beschreibt die (dynamischen) Zusammenhänge zwischen:

- dem Wissen, welches die fachliche Grundlage der Ausbildung bildet (fachliche Klärung),
- den Rahmenbedingungen unter welchen die Ausbildung stattfindet (Lernpotentialdiagnose)
- und der didaktischen Strukturierung von Unterricht bzw. den eingesetzten Lehrmitteln (Didaktische Struktur/ierung).

Abbildung 1 verdeutlicht grafisch, dass didaktische Struktur/ierung immer von der fachlichen Klärung und der Lernpotentialdiagnose ausgeht (dicker Hauptpfeil von unten nach oben). Gleichzeitig muss aber im Unterrichtprozess immer wieder berücksichtigt werden, dass sich die fachliche Basis und das Lernpotential der Lernenden verändert (dünne Pfeile von oben nach unten), und die didaktische Struktur/ierung entsprechend flexibel sein muss. Schliesslich macht die Abbildung auch klar, dass die Klärung der Frage, was fach-

lich gelernt werden soll, nicht losgelöst von der Lernpotentialdiagnose (also den Rahmenbedingungen) geschehen kann, da sich beides gegenseitig beeinflusst (dünne horizontale Pfeile).

### 2.1 Begriffsklärung anhand von Leitfragen

Was genau verbirgt sich hinter diesen Begriffen? Die folgenden Leitfragen helfen dies zu klären.

#### Fachliche Klärung (oder: die fachliche Seite)

Hier geht es im Wesentlichen um die (personenunabhängige) fachliche Seite:

- Welches Fachwissen wird für die Beratung von Bauherren in Energiefragen benötigt?
- Welches Fachwissen ist für die Ausbildung zentral?
- Welche Begrifflichkeiten, welches Fachvokabular gehören dazu?
- Wie ist der aktuelle Stand technischer Möglichkeiten? Wie entwickelt sich dieser?
- Mit welchen Methoden/Techniken/Materialien wird gearbeitet?

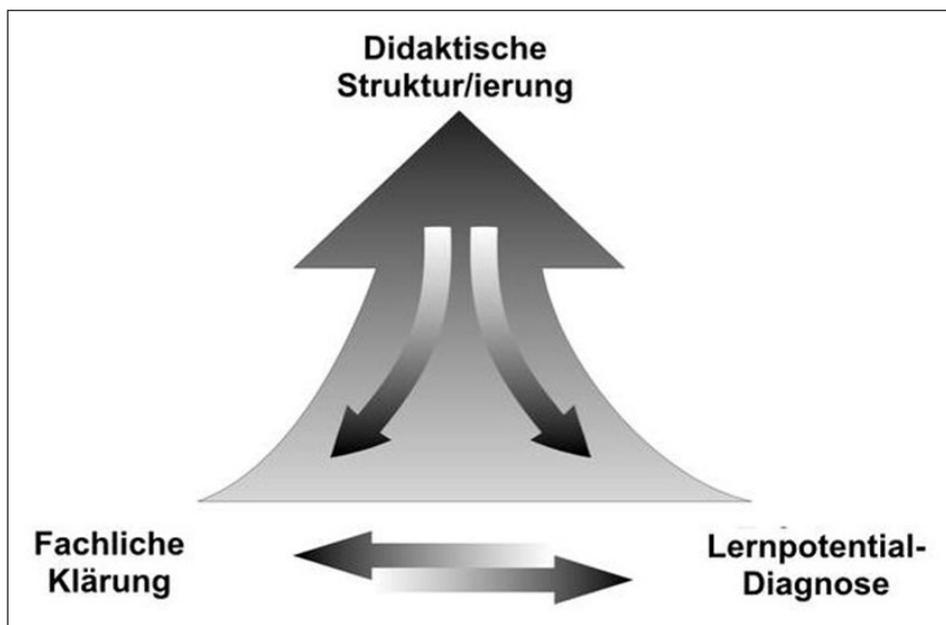


Abbildung 1: Das Prinzip der Didaktischen Rekonstruktion. Adaptiert nach Gropengießer, H. & Kattmann, U. (2013). *Didaktische Rekonstruktion*, In: H. Gropengießer, U. Harms & U. Kattmann, (Hrsg.), *Fachdidaktik Biologie* (S. 16–23). Hallbergmoos: Aulis Verlag, 9. Aufl.

- Welche Reglementarien sind von Bedeutung?
- Welche Informationsquellen gibt es?
- Wie hängen die relevanten Themenbereiche zusammen?
- usw.

### **Lernpotentialdiagnose (oder: die Lernenden und die Rahmenbedingungen)**

Hier geht es um die inneren und äusseren Rahmenbedingungen. Mit den inneren Rahmenbedingungen sind Charakteristika der Lernenden gemeint, während äussere Rahmenbedingungen meist organisatorisch-struktureller Art sind.

Innere Rahmenbedingungen bzw. Lernvoraussetzungen:

- Welches Vorwissen bringen die Lernenden in welchen Bereichen mit? Ist dieses einheitlich oder zwischen den Teilnehmenden stark unterschiedlich?
- Welche Art zu Lernen sind sich die Teilnehmenden gewohnt?
- Wie interessiert/motiviert sind sie?
- Welche Fertigkeiten/Kompetenzen bringen sie mit?
- Wie gut können sie selbständig lernen?
- Wie stark sind sie theoretisch/praktisch veranlagt?
- Gibt es grosse Unterschiede zwischen den Lernenden bezüglich aller genannten Punkte? (Schlagwort Heterogenität)
- usw.

### **Äussere Rahmenbedingungen:**

- Was sind die zentralen Vorgaben (Ziele) eines Lehrgangs?
- Wie viel Unterrichtszeit steht zur Verfügung? Wie ist diese strukturiert?
- Wann findet der Unterricht statt (z. B. am Abend nach einem intensiven Arbeitstag)?
- Findet am Ende eine Prüfung statt?
- Gibt es äussere finanzielle Anreize für die Teilnehmenden, einen Lehrgang zu besuchen, bzw. gewisse technische Lösungen zu bevorzugen?
- usw.

### **Didaktische Struktur/ierung (oder: der Unterricht)**

- Wie soll der Unterricht aufgebaut werden?
- Wie bauen Unterrichtsteile oder Unterrichtssequenzen aufeinander auf?
- Mit welchen Unterlagen arbeiten die Lernenden?
- Welche Aufgabenarten oder Aufgabenformen sind geeignet?
- Wie stark muss zwischen den Teilnehmenden differenziert werden (kann man für alle den gleichen Unterricht machen)?
- usw.

Diese Auflistungen machen deutlich, dass die didaktische Strukturierung von Unterricht und Lehrmitteln von einem dichten Geflecht sich beeinflussender Faktoren abhängt. Gute Unterrichtsunterlagen bzw. ein guter Unterricht berücksichtigen diese Interdependenzen, indem möglichst viele Aspekte gleichzeitig aufgegriffen und Varianten ermöglicht werden. Es ist wichtig zu erkennen, dass eine reine Fachstruktur nicht einer didaktischen Struktur entspricht!

## 3. Synthese

### 3.1. Zentrale Elemente und ihre Funktion

Verbindet man die Überlegungen zur didaktischen Rekonstruktion mit der geschilderten Ausgangslage und dem Projektantrag, ergeben sich folgende Kernelemente, die bei der Ausgestaltung neuer Unterrichtsmaterialien zu berücksichtigen sind.

#### a) Fallbeispiele

Diese haben (wie bereits im Projektantrag skizziert; siehe dazu auch die leicht adaptierte Abbildung 2) eine zentrale Bedeutung. Sie stellen eine **praxisnahe Möglichkeit dar, Theorie und Praxis zu verbinden und Wissen anzuwenden**. Sie stützen sich auf Fachwissen aus unterschiedlichen Grundlagenmodulen wobei, je nach Konzeption des Fallbeispiels, unterschiedlich viele Themenfelder (**horizontale Vernetzung**) sowie unterschiedliche fachliche Tiefengrade (**vertikale Vernetzung**) erzielt werden können. Verschiedene Teilnehmende mit unterschiedlichem Vorwissen können anhand der Fallbeispiele Wissenslücken schliessen oder ihr Wissen gezielt vertiefen. Optionale Zusatzfragen (Komplikationen) in einem Fallbeispiel führen zu einem variablen Schwierigkeitsgrad, was bei der **Heterogenität** der Zielgruppe von Vorteil ist. Bei Fallbeispielen gibt es selten eine richtige Lösung,

sondern mehrere praktikable Lösungen (**Realitätsnähe**), die gewisse Vor- und Nachteile aufweisen. Die Diskussion unterschiedlicher Lösungsansätze in der Lerngruppe bringt einen zusätzlichen Lerngewinn und kann auch eine (möglicherweise zeitaufwändige) Begutachtung durch den Dozenten ersetzen.

#### b) Zeitpunkt für den Einsatz der Fallbeispiele

Es ist nicht sinnvoll, alle Fallbeispiele an das Ende einer Ausbildung zu setzen, bzw. erst nach Abschluss aller Grundlagenmodule einzusetzen. Ein **Fallbeispiel ist ein Lernanlass**, bei dem es nicht nur um das **praxisnahe Üben und Anwenden** von gelerntem geht, sondern das auch gezielt zur Erarbeitung von neuem Wissen eingesetzt werden kann. Dies ist durchaus realitätsnah. Bei der Beratung eines Bauherrn werden die Absolventen der Ausbildung ebenfalls die Situation antreffen, dass sie für eine integrale Beratung gewisse **Wissenslücken schliessen** und sich die betreffenden **Informationen beschaffen** müssen. Deshalb ist es gerechtfertigt, auch in den Grundlagenmodulen Zeit für die Bearbeitung der Fallbeispiele bereit zu stellen. Sinnvollerweise bearbeiten die Lernenden ein erstes Fallbeispiel nach  $\frac{1}{3}$  bis  $\frac{1}{2}$  der Ausbildungszeit. Dies bedeutet, dass die Trennung zwischen den Ebenen 1 und 2 in

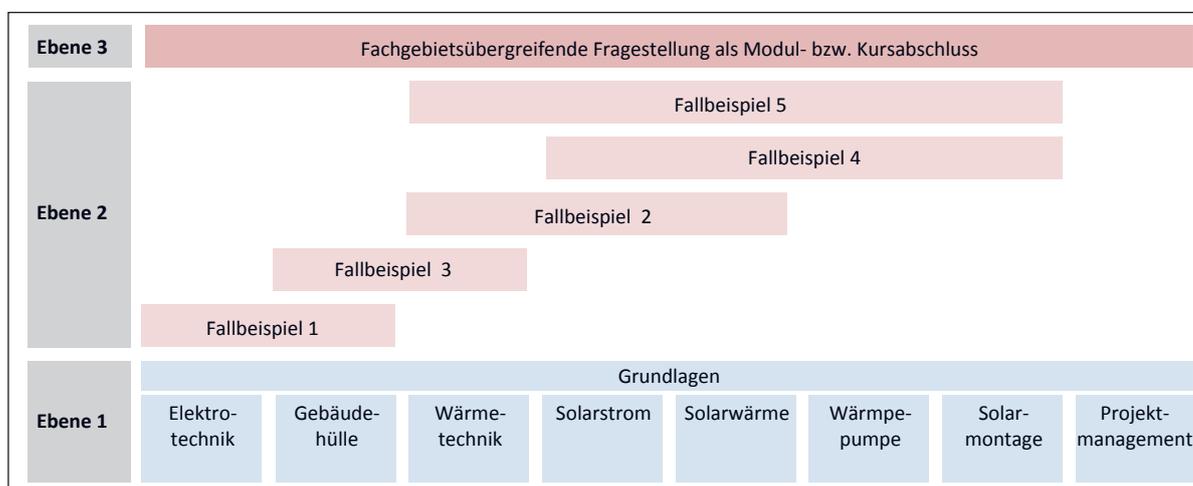


Abbildung 2: Grundstruktur für die Zielgruppenerweiterung. Übernommen und leicht adaptiert aus dem Projektantrag für das Pilotprojekt.

Abbildung 2 konzeptioneller Natur ist, aber nicht als strikte inhaltliche oder zeitliche Trennung aufzufassen ist.

### c) Reihenfolge und Aufbausequenz der Fallbeispiele

Ziel der Ausbildung ist es, die Teilnehmenden in der notwendigen fachlichen Breite und Tiefe auszubilden, damit sie in der Lage sind, Bauherren integral zu beraten und in einzelnen Bereichen auch eine konkrete Umsetzungsplanung vorzunehmen (z. B. Auslegung und Installation einer PV Anlage). Der Vorteil von Fallbeispielen besteht darin, dass sie, im Gegensatz zu einer realen Situation, **gezielt vereinfacht** werden können. Es können also Themenbereiche, die bei einer integralen Beratung zu beachten wären, gezielt ausgeblendet werden, um die **Komplexität des Fallbeispiels zu reduzieren**, bzw. den inhaltlichen Fokus gezielt auf einen oder zwei ausgewählte Themenbereiche zu **fokussieren**. Dies gilt es bei der Reihenfolge der drei zu entwickelnden Fallbeispiele und der abschliessenden umfassenden Fragestellung zu berücksichtigen. Ein erstes Fallbeispiel ermöglicht einen Einblick in die ganze Themenbreite (grosse horizontale Vernetzung), ohne inhaltlich in die Tiefe zu weisen. Das zweite und das dritte Fallbeispiel erhöhen schrittweise die fachliche Vertiefung (vertikale Vernetzung), wobei die fachliche Breite (horizontale Vernetzung) gezielt etwas eingeschränkt werden kann (didaktische Kontrolle der Komplexität der Problemstellung). Erst die abschliessende fachgebietsübergreifende Fragestellung zum Modulabschluss weist die mehr oder weniger volle Themenbreite (horizontale Vernetzung) und Vertikale Vernetzung auf (inkl. der Notwendigkeit, sich fehlende Informationen gezielt zu beschaffen).

Mit diesem Aufbau wird gewährleistet, dass die Lernenden **ihre Fähigkeiten zur Bearbeitung solcher Fälle schrittweise aufbauen und entwickeln** können. Optionale Zusatzfragen können diejenigen Lernenden zusätzlich fördern, welche ein einfacheres Fallbeispiel relativ schnell lösen können (**Differenzierung**).

### d) E-Learning Einheiten

Die zu entwickelnden E-Learning Einheiten tragen dazu bei, die **Realitätsnähe zu erhöhen** (z. B. durch Videosequenzen eines Gesprächs mit einem Bauherrn, bzw. eines Rundganges durch ein Haus, das saniert werden soll) und/oder **unterstützen die Möglichkeiten der vertikalen Vernetzung**, im Sinne einer Unterstützung der Verknüpfung von Theorie und Praxis (z. B. durch Visualisierungen, Animationen, oder das Verfügbarmachen von Informationsquellen). Die in den Klammern erwähnten Beispiele sind provisorischer Natur. Die tatsächlichen Konkretisierungen richten sich nach den Bedürfnissen, die sich aus den Fallbeispielen ergeben.

### e) Fachbuchreihe und andere Informationsquellen

Die Fachbuchreihe und andere zu definierende Informationsquellen dienen – neben den Unterrichtsmaterialien der Grundlagenmodule – **als Informationspool oder Nachschlagewerk**, auf welche sich die Fallbeispiele inhaltlich abstützen können bzw. sollen. Die Fachbuchreihe kann somit zusammen mit anderen Informationsquellen einen wichtigen **Beitrag zur Differenzierung** liefern, also den Lernenden genau die Informationen zu Verfügung stellen die sie brauchen, um gezielt ihre individuellen **Wissenslücken zu schließen**.

## 3.2. «Definition» eines Fallbeispiels

Ein Fallbeispiel...

- vermischt Fakt und Fiktion
- verknüpft Theorie und Praxis
- geht von einem vereinfachten Abbild der Wirklichkeit aus
- ermöglicht das spezifische Erarbeiten, Auffrischen, Üben und Anwenden von Fachwissen in einem realitätsnahen Setting
- bereitet auf die reale praktische Arbeit als Planer vor.

**Die Durchführung eines Fallbeispiels durchläuft typischerweise folgende Phasen:**

1. Einstieg, mit Schilderung des Falles und der wichtigsten Rahmenbedingungen (in Form von Text, Bildern, Tabellen, Plänen, Filmen, oder ähnlichem). Diese Angaben werden vom Dozenten vorgegeben, bzw. vom Fallbeispiel selbst.
2. Kurze gemeinsame Austauschphase (von Dozent angeleitet und strukturiert)
  - Worum geht es?
  - Welche Besonderheiten sind zu beachten?
  - Welche Informationen, welches Wissen, welche Theorien, welche Kennzahlen werden zur Bearbeitung benötigt? (vertikale Vernetzung)
  - Welche inhaltlichen Elemente müssen vernetzt werden? (horizontale Vernetzung)
3. Bearbeitung des Falls in Einzelarbeit oder in Kleingruppen
4. Als Produkt werden von den Lernenden konkrete Handlungsoptionen/Lösungsvorschläge/Konzepte/Auslegungen bzw. Alternativen für den Fall festgeschrieben und dokumentiert (ev. präsentiert).



## 4. Umsetzung

### 4.1. Konzeptionelle Überlegungen

In den Workshops mit den involvierten Dozenten, auf deren Basis das vorliegende didaktische Konzept erstellt wurde, haben sich zwei grundlegende Erkenntnisse herauskristallisiert, welche für die Entwicklung der Fallbeispiele zusätzlich von Bedeutung sind.

1. Alle drei zu erarbeitenden Fallbeispiele sowie die abschliessende umfassende Fragestellung haben idealerweise das gleiche Objekt (z.B. EFH oder kleines MFH) als Ausgangslage. Dies hat den Vorteil, dass bezüglich technischer Daten, Plänen, etc. nur ein Objekt detailliert beschrieben werden muss. Alle Fallbeispiele können sich

dann darauf abstützen. Je nach Fall werden die Angaben zum Objekt in unterschiedlicher inhaltlicher Breite bzw. Tiefe dargeboten und unterschiedliche Fragestellungen bearbeitet. Zudem hat dieser Ansatz den Vorteil, dass die Lernenden bei der Bearbeitung des 2. oder 3. Fallbeispiels das Objekt bereits kennen (Zeitersparnis).

2. Für die Bearbeitung eines Falles ist es auch in der Praxis sinnvoll, sich an einem Ablaufschema zu orientieren. Dieses beschreibt, welche Abklärungen in welcher Reihenfolge zu treffen sind, welche Themenbereiche dabei tangiert werden und welche Rückschlüsse sich daraus für die Planung und Umsetzung der Energieversorgung ergeben. Der Ablauf aller drei Fallbeispiele wird sich an diesem Raster

*Abbildung 3: Ablaufraster, Rohversion. Die Farbcodierung signalisiert Allgemeinwissen (grün), Fachliches Grundlagenwissen (hellrot) und vertieftes Fachwissen (rot). Die Kreuze signalisieren, welche Themenbereichen bei welchem Ablaufschritt von Bedeutung sind.*

#### Vorgehen und Grundlagen Planung Energieversorgung EFH und kleinere MFH

Abklärungen	Grundlagen										Andere
	Energie, Umwelt, Markt	Elektrotechnik	Solarstrom	Wärmetechnik	Solarwärme	Wärmepumpen	Holzheizung	Gebäudehülle	Solarmontage	Projektmanagement	
Situation Bauherrschaft (Vorstellungen, Budgetrahmen)											Bauherrschaft
Objektdateien aufnehmen (Alter, Zustand, U-Wert, ...)	X							X			
Energiedaten aufnehmen (Energieform, Verbrauch, Temp. Niveau...)	X	X		X							
Geplante bzw. mögliche energetische Sanierung	X							X			Architekt, Bauvorschriften, Energiegesetz
Bedarf an Heizwärme, WW und Strom inkl. Temp. Niveau)		X		X		X		X			evtl. Bedarfsberechnung SIA
Verfügbarer Technikraum und Zugang											Architekt
Vorhandene Netzgebundene Energien oder Abwärmequellen											X
Solare Aufstellfläche			X		X			X	X		X
Vorhandene, mögliche oder erlaubte Wärmequellen für WP oder Wärmeerzeugung	X					X					Erdwärme-Datenbank; Grundwasservorkommen, Energiegesetze
Mögliche Wärmeerzeugungsvarianten und Energiegestehungskosten	X	X	X		X	X	X				
Planung Energieversorgung		X	X	X	X	X	X			X	X
Planung Gebäudehülle											
Planung Solarmontage											
Umsetzung		X		X		X	X		X	X	X
Wartung und Service		X	X	X	X	X	X				X

(Abbildung 3) orientieren. Gleichzeitig kann im Raster die horizontale und vertikale Vernetzung eines Falles übersichtlich dargestellt werden.

Das Ablaufschema bzw. Ablaufraster in Abbildung 3 erhebt nicht den Anspruch, für alle Fragestellungen und alle Zielgruppen bis ins Detail generalisierbar zu sein. Allerdings erfüllt es eine wertvolle generelle fachliche Orientierungsfunktion für die Entwicklung der Fallbeispiele durch die Dozenten, da jedes Fallbeispiel bereits im Entwicklungsprozess im Schema verortet werden kann. Das heisst, es lässt sich sichtbar machen, welche horizontale und

vertikale Vernetzung in einem Fallbeispiel enthalten ist. Dies ist von besonderer Bedeutung, wenn es einerseits um die Frage geht, inwiefern die Fallbeispiele eine zunehmende Komplexität aufweisen und somit bezüglich des Lernprozesses der Lernenden aufbauend sind und andererseits, welche thematischen Bezüge zu den Grundlagenmodulen auftreten und somit, wo und wann sie im Studiengang eingesetzt werden können.

Dieser Grundgedanke wird in den Abbildungen 4 und 5 exemplarisch veranschaulicht. Es handelt sich bei den 4 abgebildeten Varianten um fiktionale, abstrahierte Beispiele. Die noch auszuarbeitenden Fall-

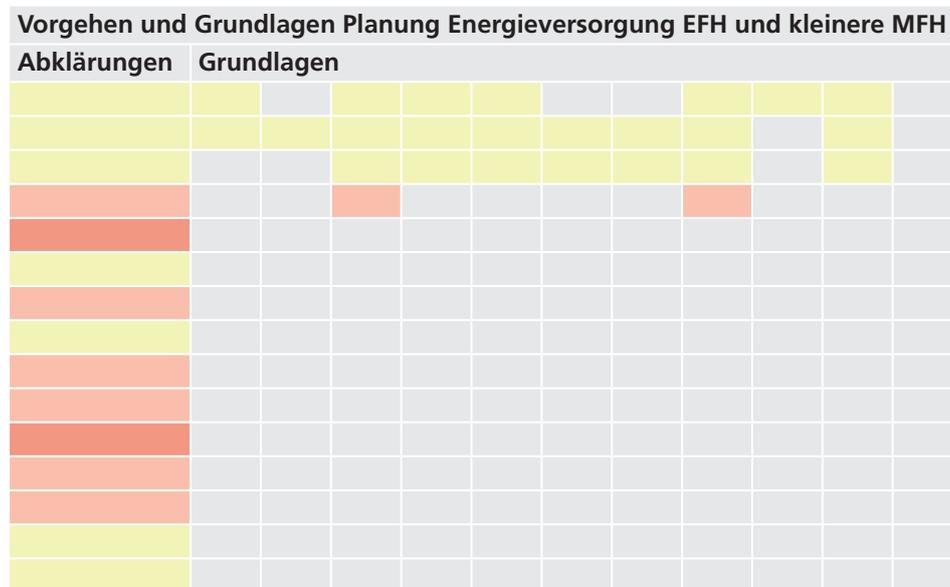


Abbildung 4a: Mögliches Fallbeispiel 1 mit grosser horizontaler Vernetzung, ohne vertikale Vertiefung.

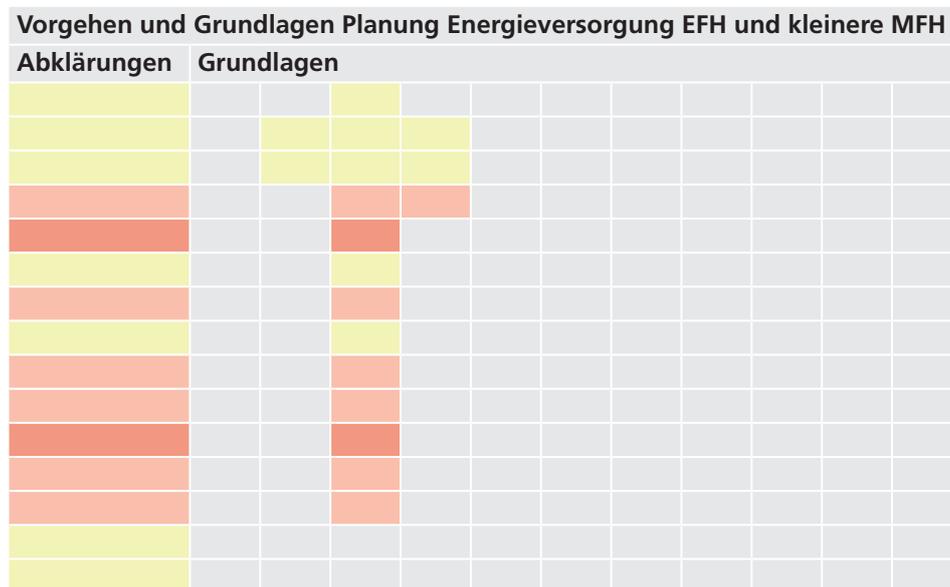


Abbildung 4b: Mögliches Fallbeispiel 2 mit geringer horizontaler Vernetzung und vertikaler Vertiefung in 1 Themenbereich.



- Im Vordergrund steht der Standardfall Sanierung/Erneuerung.
- Die Fallbeispiele fördern die horizontale Vernetzung sowie die vertikale Vernetzung oder Vertiefung gemäss Überlegungen in den Kapitel 3 und 4.1.
- Die Fallbeispiele orientieren sich in ihrer Grundstruktur am Ablaufschema der Abbildung 3.
- Die drei Fallbeispiele sind aufbauend im Sinne, dass die Komplexität von 1 über 2 nach 3 steigt, ausgedrückt durch die zunehmende horizontale und vertikale Vernetzung (gemäss Abbildung 4).
- Ein erstes Fallbeispiel kommt nach  $\frac{1}{3}$  bis  $\frac{1}{2}$  der Unterrichtszeit zum Einsatz und eröffnet den Blick auf die Planerrolle in der ganzen Breite.
- Die Unterschiede in der Bearbeitungszeit durch Studierende kann dadurch ausgeglichen werden, dass als Zusatz Fragen zu «Komplikationen» aufgeführt werden, die für den Standardfall nicht zu bearbeiten sind, welche Studierende mit bereits etwas grösserem Kenntnisstand aber ebenfalls (im Sinne von Optionen) bearbeiten können.
- Die Fallbeispiele fördern punktuell die Vernetzung nach unten (vertikale Vernetzung), zu spezifischen Inhalten der Grundlagenmodule (im Sinne eines Auffrischens des Wissens, des Schliessens von Wissenslücken oder des Erarbeitens von neuem Wissen).
- Bezüge zur Fachbuchreihe als Nachschlagewerk oder Informationsquelle sind erwünscht
- Bezüge zu wichtigen Vorgabedokumenten bzw. Reglementen sind erwünscht.
- E-Learning-Elemente ergänzen die Fallbeispiele, indem sie zusätzliche Realitätsnähe erzeugen (z. B. Videoaufzeichnung eines Gesprächs mit einem Bauherrn) bzw. die Verknüpfung von Theorie und Praxis unterstützen insbesondere in der vertikalen Vernetzung oder Vertiefung.
- Als Ergebnis liefern die Studierenden zu jedem Fallbeispiel (mind.) einen begründeten Umsetzungsvorschlag.

## 5. Abschliessende Bemerkungen

Das vorliegende Konzept wurde auf Basis des Projektantrags zum Pilotprojekt vom 25.11.2015, sowie einer ersten didaktischen Situationsanalyse durch den Didaktikexperten und den Projektleiter, in drei gemeinsamen Workshops mit den Dozierenden ausgearbeitet. Dieser Prozess hat sich bewährt, da er wesentlich zum gegenseitigen Verständnis der Funktion des vorliegenden Konzeptes beigetragen hat. Die Dozierenden erkennen den Nutzen und die Bedeutung der didaktischen Analysen für die Entwicklungsarbeit sowie den Unterricht, und der Didaktikexperte konnte Wissen und Kenntnisse der Voraussetzungen, Rahmenbedingungen und Zielvorgaben der Ausbildung zum Solar-techniker bzw. Projektleiter Solarmontage aufbauen und in die Konzeptarbeit einfließen lassen. Nur durch diesen gemeinsamen Prozess war es möglich, ein Konzept zu erstellen, welches auf die Bedürfnisse der Zielgruppen zugeschnitten ist und gleichzeitig konkret genug ist um als Leitplanke für die Entwicklung der Fallbeispiele dienen zu können.

