Schulareal Horbern Gesamtsanierungskonzept

Energiekonzept

Schulareal Horbern
Rainweg 5/7
3074 Muri b. Bern

Energie hoch drei AG Optingenstrasse 54 Tel. 031 544 37 70
www.energie3.ch 3013 Bern mail@energie3.ch

Impressum

Auftragsnummer	7112
Auftraggeberin	Gemeinde Muri bei Bern Bauverwaltung Thunstrasse 74 3074 Muri bei Bern
Auftragsnehmer	Planergemeinschaft Schulareal Horbern, Muri Leitung: Bürgi Schärer Architekten AG Fachplaner Energie: Energie hoch drei AG Optingenstrasse 54 3013 Bern 031 544 37 70
Datum	12. Oktober 2020
Revision	11. November 2020
Autor(en)	Mathias Hodel, Telefon direkt 031 544 37 72 mathias.hodel@energie3.ch

Copyright © Energie hoch drei AG, Bern
M:\7000 BSarch Projekte\7112_ Horbern Muri\Bericht Energie Schulanlage Horbern Muri 201008.docx

Inhaltsverzeichnis

1.	**Grundlagen, Inhalt und Methodik**	**4**
2.	**Übersicht, Variantenvergleich**	**5**
3.	**Klassentrakt**	**7**
3.1.	Bestand IST	7
3.2.	Energetische Sanierung Variante V1	8
3.3.	Energetische Sanierung Variante V2	10
4.	**Turnhalle und Tagesschule**	**11**
4.1.	Bestand IST	11
4.2.	Energetische Sanierung Variante V1	12
4.3.	Energetische Sanierung Variante V2	14
5.	**Photovoltaikanlagen Klassentrakt und Turnhalle**	**15**
5.1.	Grundlagen, Grundsatz	15
5.2.	Umsetzung	16

Anhang A1	Klassentrakt Flächenauszug SIA 380-1	9 Seiten
Anhang A2	Klassentrakt Bauteilaufbau, U-Werte IST	2 Seiten
Anhang A3	Klassentrakt Bauteilaufbau, U-Werte SOLL	2 Seiten
Anhang A4	Klassentrakt Auszug MINERGIE Nachweis	2 Seiten
Anhang A5	Turnhalle / Tagesschule Flächenauszug SIA 380-1	11 Seiten
Anhang A6	Turnhalle / Tagesschule Bauteilaufbau, U-Werte IST	2 Seiten
Anhang A7	Turnhalle / Tagesschule Bauteilaufbau, U-Werte SOLL	2 Seiten
Anhang A8	Photovoltaikanlage Ertragsberechnung	2 Seiten

1. Grundlagen, Inhalt und Methodik

Grundlagen	- Projektbesprechungen mit Bürgi Schärer Architekten AG - Plangrundlagen und Fotos der Anlage - Energieverbrauchsdaten Energiebuchhaltung Enercoach - GEAK Plus Gesamtanlage vom 2.4.2014 (EN3 GmbH) - Bericht «Vorabklärung zum Bau einer Photovoltaikanlage» vom 6.8.2020 (Energie Zukunft Schweiz) - Begehung vor Ort (erfolgte bereits im Zusammenhang mit der Schulraumplanung 2016)
Inhalt	In diesem Bericht wird das Energiekonzept des Gesamtsanierungskonzepts Schulareal Horbern erläutert. Das Energieeinsparungspotential der Gebäudehülle wird dargestellt sowie das Potential der Solarenergienutzung aufgezeigt.
Energetische Zielsetzung	MINERGIE Modernisierung
Methodik	Um die Qualität der Gebäudehülle genauer zu beurteilen wurde eine Simulationsberechnung jeweils der IST und des SOLL Zustände der Gebäude nach SIA 380-1 mit dem Programm Entech erstellt. Die Erfüllung von MINERGIE wurde mit dem MINERGIE Nachweistool überprüft. Der Klassentrakt und der Trakt Turnhalle, Tageschule wurden als eigenständige Volumen berechnet. Zur Überprüfung der Machbarkeit MINERGIE wurde zudem die Zonen Turnhalle und Tageschule zusätzlich in einer getrennten Berechnung dargestellt. Die Gebäudehüllflächen wurden im CAD ausgezogen. Die Kurzbezeichnungen in den Flächenauszügen entsprechen der Bezeichnung im Berichtstext und den U-Wert Berechnungen.
Fernwärme Gewichtungsfaktor	Für die MINERGIE Berechnung wird von einem Gewichtungsfaktor 0.4 der Fernwärme ausgegangen. Das bedeutet, dass die zukünftige Fernwärme einen fossilen Anteil von maximal 25% aufweisen darf. Gemäss Rücksprache mit René Calame, Leiter Energie und Wärme gbm wird diese Vorgabe angestrebt.

2. Übersicht, Variantenvergleich

Übersicht Wärmeverbrauch

Im folgenden Diagramm (Abb. 1) wird der aktuelle Verbrauch Wärme des ganzen Schulareals und das Einsparungspotential der energetischen Sanierungsvarianten dargestellt.

	IST gemessen (1)	IST berechnet (2)	SOLL V1 berechnet	SOLL V2 berechnet
Energieeinsparung Wärme (3)			78 MWh	112 MWh
Heizung: Turnhalle, Tagesschule	63 MWh	87 MWh	55 MWh	48 MWh
Heizung: Schulhaus	155 MWh	214 MWh	84 MWh	59 MWh
Warmwaser: Turnhalle	12 MWh	12 MWh	12 MWh	12 MWh

Abb. 1 Übersicht Energieverbrauch Wärme (Heizung und Warmwasser) gesamtes Areal, Bestand und Sanierungsvarianten.

Erläuterung Diagramm

(1) Es ist nur der Gesamtverbrauch Erdgas der Anlage bekannt. Die Aufteilung auf die einzelnen Gebäude wurde über die Berechnung SIA 380-1 abgeschätzt, der Anteil Warmwasser entspricht Erfahrungswerten. Es sind grössere Abweichungen möglich. Die Darstellung zeigt den Energieverbrauch ohne Verluste, es wurde ein Nutzungsgrad der Heizung von 0.95 angenommen.

(2) Der berechnete Heizwärmebedarf IST, ist höher als der gemessene Verbrauch. Eine Abweichung ist normal, da die Berechnung auf Standardwerten basiert. Zudem können in der Realität ungedämmte Bauteile eine bessere Wärmedämmeigenschaft aufweisen als die Berechnung darstellt. Bei gedämmten Bauteilen stimmen Realität und Praxis besser überein.

(3) Bei der Bestimmung des Energieeinsparungspotentials wird als Basis vom gemessenen Verbrauch IST ausgegangen, dies um die Differenz zwischen gemessenen und berechneten Verbrauch auszugleichen. Da der gemessene Energieverbrauch umfassend gedämmter Gebäude in der Realität identisch oder sogar etwas höher als berechnet ist, kann der berechnete Bedarf der Variante V2 als realistisch betrachtet werden. Die Variante V1 kann etwas

energieeffizienter als dargestellt sein, da die in dieser Variante noch ungedämmten Fassadenteile in der Realität besser sein können als berechnet. Die effektiv erzielbaren Energieeinsparungen sind von vielen unbekannten Faktoren wie Benutzerverhalten, Aussenklima etc. abhängig und die Aussagen daher als Richtgrösse zu verstehen

Variante V1

Die Gebäudehüllen des Klassentrakts und der Turnhalle werden gedämmt.

Mit Ausnahme der Süd-Ostfassade Klassentrakt und Süd-Westfassade Turnhalle. Diese Fassaden werden nicht gedämmt und die Fenster werden nicht erneuert.

Der Klassentrakt wird mechanisch belüftet und erfüllt das Label MINERGIE Modernisierung. Bei der Turnhalle wird keine Lüftungsanlage eingebaut. Die Turnhalle/Tagesschule wird nicht nach MINERGIE zertifiziert.

Alle Dachflächen des Klassentrakts und der Turnhalle werden mit Photovoltaikmodulen belegt.

Der Energieverbrauch Wärme kann um rund **40% reduziert** werden. Bei einem Energiepreis von 10Rp/kWh entspricht dies einer Kostenreduktion von rund 8’000.- CHF pro Jahr.

Variante V2

Die Gebäudehüllen des Klassentrakts und der Turnhalle werden umfassend gedämmt, inkl. der Süd-Ostfassade Klassentrakt und Süd-Westfassade Turnhalle.

Der Klassentrakt wird mechanisch belüftet und erfüllt das Label MINERGIE Modernisierung. Bei der Turnhalle wird keine Lüftungsanlage eingebaut. Die Turnhalle/Tagesschule wird nicht nach MINERGIE zertifiziert.

Alle Dachflächen des Klassentrakts und der Turnhalle werden mit Photovoltaikmodulen belegt.

Der Energieverbrauch Wärme kann um rund **50% reduziert** werden. Bei einem Energiepreis von 10Rp/kWh entspricht dies einer Kostenreduktion von rund 11’000.- CHF pro Jahr.

Wirtschaftlichkeit

Die energetischen Massnahmen werden bei heutigen Energiepreisen nicht rein wirtschaftlich begründbar sein, mit Ausnahme der Dämmung der Estrichböden. Die Gesamtsanierung legt jedoch den energetischen Zustand der Gebäude für die nächsten 40-50 Jahre fest. Aufgrund der aktuellen politischen Stossrichtung in der Klimapolitik kann jedoch, durch allfällige steigende Energiepreise, auch die Wirtschaftlichkeit langfristig gegeben sein.

3. Klassentrakt

3.1. Bestand IST

Energetischer Zustand

Der energetische Zustand des Gebäudes entspricht mehrheitlich dem Baustandard der 50er Jahre. Die Fenster wurden fast alle ersetzt – 1996: Fenster mit 2-fach IV IR Glas (Fx-1, Fx-5), 2010: Fenster im UG NW mit 3-fach IV IR Glas (Fx-4) - ansonsten wurde die Gebäudehülle energetisch nicht verbessert.

⇒ Bauteilaufbau Bestand vergleiche U-Wert Berechnung IST Anhang A2, Kurzbezeichnung Bauteile vergleiche Flächenauszug Anhang A1

Berechnung SIA 380-1 IST

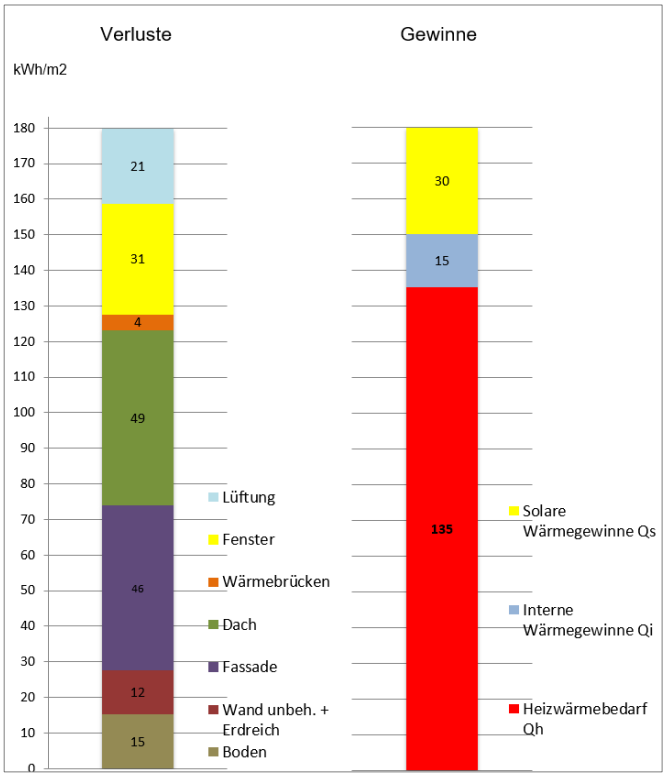


Abb. 2 Heizwärmebedarf (Qh) IST Klassentrakt berechnet gemäss SIA 380-1 mit Aufschlüsselung Verlust und Gewinn auf die einzelnen Bauteile.

Die grössten Verluste sind über die Fassade und den ungedämmten Estrichboden zu verzeichnen. Die Anteile der Verluste über den Boden und Wände gegen Erdreich sind, trotz fehlender Dämmung, gering (tiefer b-Faktor =Dämmwirkung des Erdreichs).

3.2. Energetische Sanierung Variante V1

Massnahmen Übersicht

Bei dieser Variante wird der Estrichboden gedämmt. Die beiden Stirnfassaden, die Nord-Westfassade und ein kleiner Teil der Süd-Ostfassade (WA-2) werden von aussen gedämmt. Bei den gedämmten Fassadenteilen werden jeweils die Fenster ersetzt (normgerechte Anschlüsse).

Die Wände und Böden gegen Erdreich werden nicht gedämmt- hier ist das Kosten-Nutzenverhältnis nicht gegeben- hingegen wird der Kriechkeller von unten gedämmt (die Machbarkeit bezüglich der Arbeitssicherheit, aufgrund der geringen Raumhöhe, muss im Vorprojekt überprüft werden).

Die Süd-Ostfassade (WA-4) wird bei dieser Variante nicht gedämmt, auch werden die Fenster hier nicht ersetzt. Die Überlegung hierzu ist: die Fenster von 1996 müssen theoretisch erst im Jahr 2040 altersbedingt ersetzt werden. Der Flächenanteil der Fenster an der Süd-Ostfassade ist gross, daher kann es aus ökonomischer Betrachtung interessant sein die Fassadendämmung hier erst im Zusammenhang mit dem anstehenden Fensterersatz im Jahr 2040 zu realisieren.

Der sommerliche Wärmeschutz in den Klassenzimmern wird, bezüglich der Minimierung des Solarertrags, nicht verbessert*, da die Nachrüstung automatisierter Storen nur im Zusammenhang mit einer Gesamtsanierung der Süd-Ostfassade sinnvoll ist.

*Dank der Lüftungsanlage ist jedoch auch mit dieser Variante ein effizientere Nachtauskühlung und somit grundsätzlich ein besseres Klima im Sommer zu erwarten.

Das Gebäude wird mechanisch belüftet und alle Dachflächen werden mit einer Photovoltaikanlage belegt.

Massnahmen detailliert

Dach:

- DU-1: Estrichboden mit **20cm dämmen** (Dämmung Steildach Treppenhaus, Nasszellen mit gleicher Dämmstärke zwischen und unter Sparen).

Wände:

- WA-1, WA-2: Stirnfassaden Fassaden NW und Teil SE mit **20cm dämmen**
- WA-4: Fassade SE **keine Dämmung** (Dämmung erst ab 2040 mit Fensterersatz)
- WE-1: Wände gegen Erdreich **keine Dämmung** jedoch Heizungsraum mit ca. **10cm** von innen dämmen (Bauphysik beachten).
- WU-1: Wand gegen unbeheizt zu Verbindungsgang mit **16cm** dämmen

Fenster, Türen:

- Fx-1, Fx-2, FSE-5: Fensterersatz, **neue Fenster** mit **3-fach IV IR Glas**.
- FSE-1: Fenster SE Fassade, **keine Massnahme** (Ersatz erst ab 2040)

Boden:

- BE-1: Boden gegen Erdreich **keine Massnahmen**
- BU-2. Boden zu Kriechkeller mit **14cm von unten dämmen** (die Machbarkeit bezüglich der Arbeitssicherheit, aufgrund der geringen Raumhöhe, muss im Vorprojekt überprüft werden).

⇒ Bauteilaufbau vergleiche U-Wert Berechnung SOLL Anhang A3 Kurzbezeichnung Bauteile vergleiche Flächenauszug Anhang A1

Berechnung SIA 380-1
Variante SOLL V1

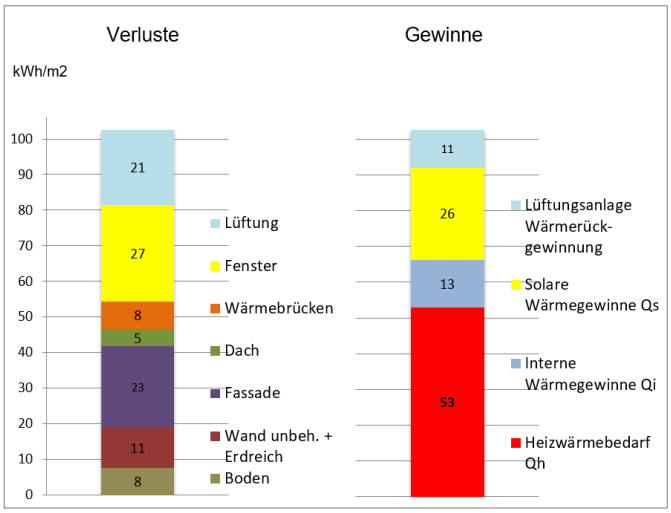


Abb. 3 Heizwärmebedarf (Qh,eff.) SOLL V1 Klassentrakt berechnet gemäss SIA 380-1 mit Aufschlüsselung Verlust und Gewinn auf die einzelnen Bauteile, inkl. Berücksichtigung WRG Lüftung.

Die Verluste über das Dach und die Fassaden können stark reduziert werden. der Fensterersatz bringt nur eine kleine Verbesserung, da bereits relativ gute Fenster vorhanden sind und der Solargewinn bei 3-fach Gläsern geringer ist als bei 2-fach Gläsern.

Bemerkung: da der berechnete IST Zustand stark vom effektiven Verbrauch abweicht (der Wärmefluss durch nicht gedämmte Bauteile ist in der Praxis in der Regel geringer als normativ berechnet) wird bei dieser Gegenüberstellung eine in der Realität unrealistisch hohe Einsparung ausgewiesen. Zur Energieeinsparung Vergleiche Kapitel 2, Seite 5.

MINERGIE Standard

Mit den energetischen Massnahmen an der Gebäudehülle Variante V1, dem Einbau einer Komfortlüftungsanlage, dem Anschluss an die Fernwärme (Gewichtungsfaktor 0.4) und der Realisierung einer Photovoltaikanlage kann der MINERGIE Standard Modernisierung erfüllt werden.

⇒ Vergleiche Auszug Minergie Antrag Anhang A4

Die Zertifizierung nach Minergie bringt neben dem Label auch eine höhere Qualitätssicherung (genauere Kontrollen wie z.B. Lüftungsanlage, sommerlicher Wärmeschutz etc. durch Zertifizierungsstelle).

Förderbeiträge

Die Förderung durch den Kanton erfolgt über den GEAK Klassenaufstieg. Mit dem vorliegenden Sanierungsprojekt kann ein Klassenaufstieg von 3-4 Klassen erreicht und aktuell (Stand 2020) Fördergelder von 95'000.- bis 110'000.- CHF abgeholt werden.

Bemerkung: es wurde noch kein GEAK, nur für den Klassentrakt, erstellt (der Vorhandene über ganzes Areal erstellter GEAK kann für das Fördergesuch nicht verwendet werden)
Im Vorprojekt soll ein GEAK Plus für den Klassentrakt erstellt werden.

Das Minergie Label ist nicht Bedingung für die Förderbeiträge.
Das Fördergesuch muss jeweils vor Baubeginn eingereicht werden und die Umsetzung der Massnahmen müssen innerhalb von 3 Jahren erfolgen.

Weiter können für die Photovoltaikanlage (ganzes SE und NW Dach Klassentrakt belegt) zusätzlich Fördergelder von rund 40'000.- CHF (Einmalvergütung) abgeholt werden.

3.3. Energetische Sanierung Variante V2

Massnahmen Übersicht

Bei dieser Variante werden alle Fassaden gedämmt. Aufbauend auf den Massnahmen der Variante V1 wird zusätzlich die Süd-Ostfassade gedämmt inkl. neuer Fenster und neuer automatisierter Storen.

Der Sommerliche Wärmeschutz in den Klassenzimmern wird verbessert (automatisierte Storen).

Lüftung und Photovoltaikanlage dito Variante V1

Massnahmen detailliert

Energetische Massnahmen gemäss Variante V1, zusätzlich:

Wände:

- WA-4: Fassade SE mit **20cm dämmen**

Fenster, Türen:

- FSE-1: Fenster SE Fassade, **neue Fenster** mit **3-fach IV IR Glas**.

⇒ Bauteilaufbau vergleiche U-Wert Berechnung SOLL Anhang A3, Kurzbezeichnung Bauteile vergl. Flächenauszug Anhang A1

Berechnung SIA 380-1
Variante SOLL V2

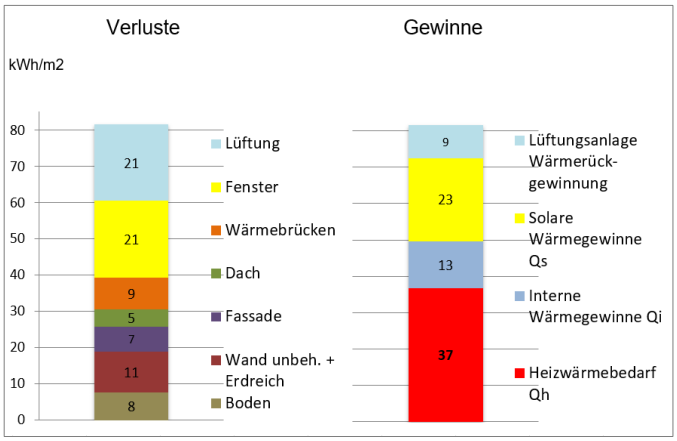


Abb. 4 Heizwärmebedarf (Qh,eff.) SOLL V2 Klassentrakt berechnet gemäss SIA 380-1 mit Aufschlüsselung Verlust und Gewinn auf die einzelnen Bauteile, inkl. Berücksichtigung WRG Lüftung.

Der Verlust über die Fassade kann weiter reduziert werden.

MINERGIE Standard — dito Variante V1

Förderbeiträge — dito Variante V1

4. Turnhalle und Tagesschule

4.1. Bestand IST

Energetischer Zustand

Bei der Turnhalle entspricht der energetische Zustand dem Baustandard der 50er Jahre. Die Süd-West Fensterfront wurde 1996 erneuert. Die Fenster der Nord-Ostfassade wurden 2015 ersetzt. Ansonsten wurde die Gebäudehülle energetisch nicht verbessert.

Der Anbau Geräteraum von 1997 ist mit Dämmstärken von 6 bis 12cm ungenügend gedämmt (gemäss Baueingabeplan).

Die Tagesschule wurde 2010 umfassend saniert. Die Fassade und das Dach weisen mit 20 bis 22cm Dämmung einen guten Dämmstandard auf. Auch die Fenster mit 3-fach IV IR Glas sind gut. Die Bauteile gegen Erdreich wurden nicht gedämmt.

⇒ Bauteilaufbau Bestand vergleiche U-Wert Berechnung IST Anhang A6, Kurzbezeichnung Bauteile vergleiche Flächenauszug Anhang A5

Berechnung SIA 380-1 IST

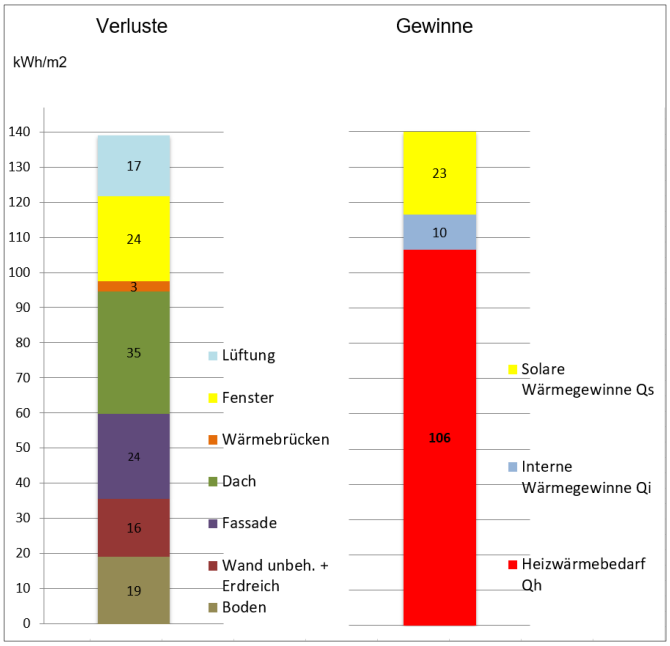


Abb. 5 Heizwärmebedarf (Qh) IST Turnhalle und Tageschule berechnet gemäss SIA 380-1 mit Aufschlüsselung Verlust und Gewinn auf die einzelnen Bauteile (alles mit Kategorie Sportbauten berechnet).

Die grössten Verluste sind über den ungedämmten Estrichboden zu verzeichnen.

4.2. Energetische Sanierung Variante V1

Massnahmen Übersicht

Bei dieser Variante wird der Estrichboden der Tunhalle gedämmt. Die Stirnfassade und die Nord-Ostfassade der Turnhalle werden von aussen gedämmt. Bei den gedämmten Fassadenteilen werden jeweils die Fenster ersetzt (normgerechte Anschlüsse).

Der Boden und die Wand zum Luftschutzkeller werden gedämmt.

Die Süd-Westfassade der Turnhalle (WA-4) wird bei dieser Variante nicht gedämmt, auch werden die Fenster hier nicht ersetzt. Die Überlegung hierzu ist: die Fenster von 1996 müssen theoretisch erst im Jahr 2040 altersbedingt ersetzt werden. Der Flächenanteil der Fenster an der Süd-Westfassade ist gross, daher kann es aus ökonomischer Betrachtung interessant sein die Fassadendämmung hier erst im Zusammenhang mit dem anstehenden Fensterersatz im Jahr 2040 zu realisieren.

Bei der Turnhalle wird keine Lüftungsanlage eingebaut. Alle Dachflächen der Turnhalle (ohne Tageschule und Anbau Geräteraum) werden mit einer Photovoltaikanlage belegt.

Massnahmen detailliert

Turnhalle Dach:

- DU-1: Estrichboden mit **20cm dämmen**

Turnhalle Wände:

- WA-1, Stirnfassade und Nord-Ostfassade mit **20cm dämmen**
- WA-4: Fassade SW **keine Dämmung** (Dämmung erst ab 2040 mit Fensterersatz)
- WE-1: Wände gegen Erdreich **keine Dämmung**
- WU-1: Wand gegen unbeheizt zu Luftschutzkeller mit **14cm** dämmen

Turnhalle Fenster, Türen:

- Fx-1, Fx-2, FSE-5: Fensterersatz, **neue Fenster** mit **3-fach IV IR Glas**.
- FSE-1: Fenster SE Fassade, **keine Massnahme** (Ersatz erst ab 2040)

Turnhalle Boden:

- BE-1: Boden gegen Erdreich **keine Massnahmen**
- BU-2. Boden Turnhalle zu Luftschutzkeller mit **14cm von unten dämmen**

Anbau Geräteraum: **Keine Massnahmen** (zusätzliche Dämmmassnahmen erst ab 2040 wenn der Anbau altersbedingt saniert werden muss).

Tagesschule: **Keine Massnahmen** (zusätzliche Dämmmassnahmen erst ab 2040 wenn der Anbau altersbedingt saniert werden muss).

⇒ Bauteilaufbau vergleiche U-Wert Berechnung SOLL Anhang A7 Kurzbezeichnung Bauteile vergl. Flächenauszug Anhang A5

Berechnung SIA 380-1
Variante SOLL V1

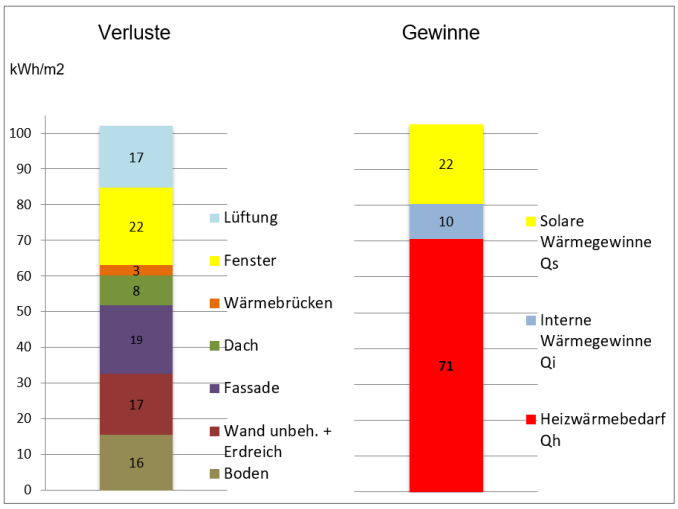


Abb. 6 Heizwärmebedarf (Qh) SOLL V1 Turnhalle und Tageschule berechnet gemäss SIA 380-1 mit Aufschlüsselung Verlust und Gewinn auf die einzelnen Bauteile (alles mit Kategorie Sportbauten berechnet).

Die Verluste über das Dach können stark reduziert werden.

MINERGIE Standard

Die Abklärungen haben folgendes ergeben:

- Die Tageschule wurde wohl doch nicht nach Minergie zertifiziert (gemäss Datenbank Minergie Zertifizierungsstelle Bern kein zertifiziertes Projekt vorhanden)
- Die Turnhalle kann nicht als Einzelgebäude zertifiziert werden. d.H. die Tageschule müsste als Neubau nachzertifiziert werden. Gemäss grober Berechnung liegt der Projektwert der Gebäudehülle auf dem Grenzwert. Mit einer vertieften Berechnung kann das Pendel somit sowohl auf «knapp erfüllt» oder «nicht erfüllt» ausschlagen. Zusätzliche Dämmmassnahmen sind nicht sinnvoll.
- Aufgrund der grossen Verglasung beim Nord-Ostdach werden die normativen Bedingung an den sommerlichen Wärmeschutz (Norm SIA 180) wohl kaum erfüllbar sein (wichtiges Prüfkriterium bei der Minergie Zertifizierung)
- Die Qualität der Lüftungsanlage hinsichtlich Anforderungen Minergie wurden nicht überprüft
- Aufgrund der tiefen Belegung soll eher auf eine Belüftung der Turnhalle verzichtet werden, diese wäre jedoch Bedingung für eine Minergie Zertifizierung

Fazit: Eine Zertifizierung nach Minergie Standard Modernisierung kann wohl sehr knapp nicht erfüllt werden und wäre allenfalls nur mit einer energetischen Verbesserung der Gebäudehülle und allfälligen weiteren Anpassungen bei der 2010 erstellten Tageschule möglich.

Bei der aktuellen Bearbeitungstiefe wird eher empfohlen bei diesem Gebäude auf eine Zertifizierung nach Minergie zu verzichten.

Förderbeiträge

Für die Photovoltaikanlage (ganzes SW und NE Dach Turnhalle belegt) können Fördergelder von rund 20'000.- CHF (Einmalvergütung) abgeholt werden.

Die Förderung durch den Kanton kann bei der Kategorie Sportbauten nur über eine MINERGIE Modernisierung erfolgen, daher können hier keine Fördergelder abgeholt werden. Sollte Minergie doch noch erreicht werden können, könnten Fördergelder in der Höhe von rund 50'000.- CHF beantragt werden.

4.3. Energetische Sanierung Variante V2

Massnahmen Übersicht

Bei dieser Variante werden alle Fassaden der Turnhalle gedämmt. Aufbauend auf den Massnahmen der Variante V1 wird zusätzlich die Süd-Westfassade der Turnhalle gedämmt inkl. neuer Fenster.

Lüftung und Photovoltaikanlage dito Variante V1

Massnahmen detailliert

Energetische Massnahmen gemäss Variante V1, zusätzlich:

Wände:

- WA-4: Fassade SW mit **20cm dämmen**

Fenster, Türen:

- FSW-1: Fenster SE Fassade, **neue Fenster** mit **3-fach IV IR Glas**.

⇒ Bauteilaufbau vergleiche U-Wert Berechnung SOLL Anhang A7 Kurzbezeichnung Bauteile vergl. Flächenauszug Anhang A5

Berechnung SIA 380-1
Variante SOLL V2

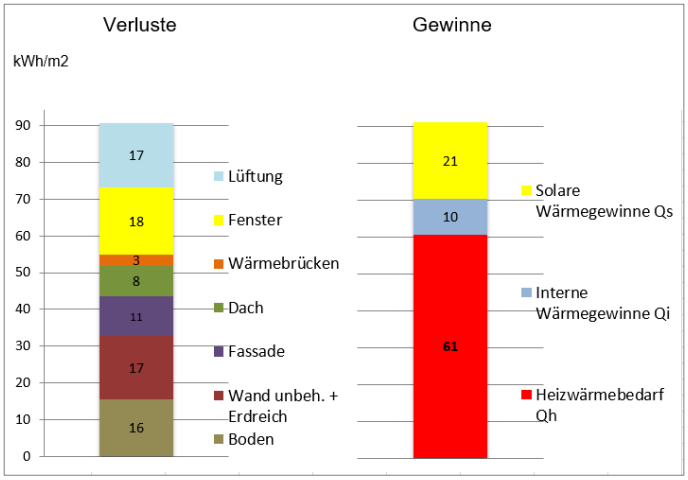


Abb. 7 Heizwärmebedarf (Qh) SOLL V1 Turnhalle und Tageschule berechnet gemäss SIA 380-1 mit Aufschlüsselung Verlust und Gewinn auf die einzelnen Bauteile (alles mit Kategorie Sportbauten berechnet).

Der Verlust über die Fassade kann weiter reduziert werde.

MINERGIE Standard

dito Variante V1

Förderbeiträge

dito Variante V1

5. Photovoltaikanlagen Klassentrakt und Turnhalle

5.1. Grundlagen, Grundsatz

Grundlagen	Gemäss dem Bericht «Vorabklärung zum Bau einer Photovoltaikanlage» vom 6.8.2020 (Energie Zukunft Schweiz) wird auf dem Schulareal eine Photovoltaikanlage mit einer Leistung von 40 kWp empfohlen. Diese Grösse ist auf einen wirtschaftlichen Betrieb optimiert und nutzt rund 20% der zur Verfügung stehenden Dachflächen des Klassentrakts und der Turnhalle.
Empfehlung	Um die politischen Ziele im Energiebereich (Energiestrategie 2050) erreichen zu können, müssten grundsätzlich sämtliche sanierten und neuen Dachflächen mit einer Photovoltaikanlage versehen werden. Die öffentliche Hand sollte hier mit gutem Beispiel voran gehen. Daher wird die volle Belegung der Dachflächen Klassentrakt und Turnhalle mit Photovoltaikmodulen empfohlen.
Finanzierung	Wenn die Anlage nicht durch die Gemeinde selber finanziert werden kann, gibt es die Möglichkeit die Dachflächen einer externen Firma oder Interessensgruppe im Contracting zur Verfügung zu stellen.
Grundsatz bei Dachsanierung	Grundsätzlich soll auf allen zu sanierenden Dachflächen statt einer Ziegeleindeckung eine Eindeckung mit dachintegrierten Photovoltaikmodulen erfolgen. Der Zeitpunkt für die Montage einer Photovoltaikanlage ist im Zusammenhang mit einer anstehenden Dachsanierung ideal: - Die Anlage kann so kostengünstig realisiert werden (eine ähnliche Situation der Synergienutzung ergibt sich dann erst wieder in 40-50 Jahren bei der nächsten Dachsanierung) - Es ist eine gestalterisch / architektonisch optimale dachintegrierte Umsetzung möglich (spätere, ausserhalb des Sanierungszyklus realisierte Photovoltaikanlagen werden auf eine weniger ansprechende Aufdachanlage herauslaufen, da die Ziegeleindeckung aus wirtschaftlicher Sicht kaum vor Erreichen des technischen Alters ersetzt werden wird)
Berechnungsgrundlagen	Die nachfolgende Ertragsberechnung basiert auf einem Standardmodul (Leistung 0.18 kWp/m2) und einer Ertragsabschätzung pro Dachorientierung aus dem Onlinetool PV-Gis.
Abgrenzung	Der Einfluss der Verschattung durch den grossen Baum auf dem Schulareal wurde noch nicht berücksichtigt. Weiter wurde eine allfällige Blendwirkung der nordorientierten Dachflächen nicht überprüft. Diese Punkte müssen in der weiteren Projektbearbeitung vertieft abgeklärt werden.

5.2. Umsetzung

Dach Klassentrakt	Das Süd-Ostdach und das Nord-Westdach des Klassentrakts soll vollflächig mit einer Photovoltaikanlage belegt werden. Leistung: **130kWp**
Dach Turnhalle	Das Süd-Westdach und das Nord-Ostdach der Turnhalle soll vollflächig mit einer Photovoltaikanlage belegt werden. Leistung: **50kWp** Bemerkung: die nordorientierten Dächer weisen lediglich eine Ertragseinbusse von 25% gegenüber der südorientierten Dächer auf. Zum Vergleich: Bei einer PV Anlag an der SE- Fassade (z.B. Fensterbrüstungen) liegt die Ertragseinbusse bei 35%, bei einem weit höheren Preis für die Umsetzung. Daher ist die Realisierung einer Photovoltaikanlage auf den nordorientierten Dächern durchaus legitim.
Tagesschule	Das Steildach wurde 2010 erneuert. Die Realisierung einer Photovoltaikanlage steht hier daher nicht im Vordergrund.
Jahresertrag	Der Jahresertrag der Photovoltaikanlagen liegt bei rund **160 MWh/a.** Der aktuelle Elektrizitätsverbrauch des Schulareals liegt bei rund 35 MWh/a. ⇒ Berechnungsgrundlagen siehe Anhang A8

Anhang A1 Klassentrakt

Flächenauszug SIA 380-1

9 Seiten

Flächenauszug SIA 380/1

Schulhaus Horbern, Rainweg 7, 3074 Muri b. Bern
Energie hoch drei AG, Bern
25.02.2020/ mh

Energiebezugsfläche

EBF	1'587 m2	
Total	**1587 m2**	

Flächen opake Bauteile (inkl. oder exkl. Fensterflächen

BE-1	123 m2		
BU-1	61 m2		
BU-2	349 m2		
DU-1	550 m2		
TÜ-1	6 m2		
WA-1	219 m2		
WA-2	375 m2		
WA-4	170 m2		
WE-1	217 m2		
WU-1	11 m2		
Total	**2'080 m2**	**2422 m2**	Hülle inkl. Fenster

Wärmebrücken

Total	**0 m**	**721 m**	Inkl. Fensteranschlag

Fenster

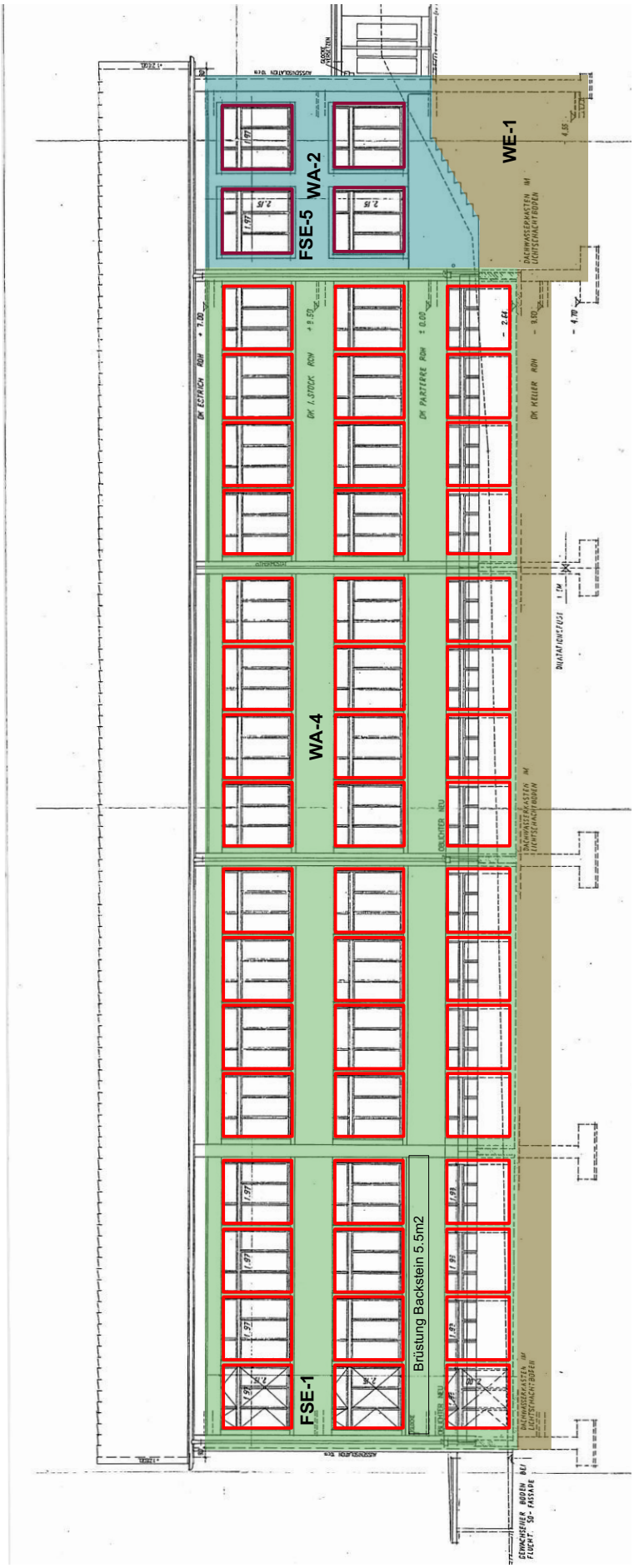
S	**0 m2**	**S**
FSE-1	203 m2	
FSE-5	18 m2	
SE	**221 m2**	
E	**0 m2**	**E**
FNE-1	8 m2	
FNE-2	6 m2	
NE	**14 m2**	
N	**0 m2**	**N**
FNW-1	71 m2	
FNW-2	6 m2	
FNW-4	13 m2	
NW	**91 m2**	
W	**0 m2**	**W**
FSW-1	16 m2	
SW	**16 m2**	
Dachfenster	**0 m2**	
Total	**341 m2**	341 m2 aus Fensterliste detailiert

Fensterliste detailiert

Typ	Breite	Höhe	Anzahl	Anschluss	Sturz	Umfang	Fläche
FNE-1	1.94 m	2.29 m	1	6.51 m	1.94 m	8.44 m	4.42 m2
FNE-1	1.97 m	1.97 m	1	5.91 m	1.97 m	7.87 m	3.87 m2
FNE-2	1.56 m	2.00 m	2	11.09 m	3.11 m	14.20 m	6.20 m2
FNW-1	1.04 m	0.99 m	12	36.26 m	12.50 m	48.77 m	12.38 m2
FNW-1	1.96 m	2.02 m	2	12.02 m	3.93 m	15.94 m	7.94 m2
FNW-1	1.99 m	1.99 m	10	59.78 m	19.94 m	79.72 m	39.72 m2
FNW-1	1.99 m	2.81 m	1	7.62 m	1.99 m	9.61 m	5.61 m2
FNW-1	1.99 m	2.87 m	1	7.73 m	1.99 m	9.72 m	5.72 m2
FNW-2	1.04 m	0.99 m	6	18.13 m	6.25 m	24.38 m	6.19 m2
FNW-4	1.99 m	1.09 m	6	25.10 m	11.96 m	37.06 m	13.09 m2
FSE-1	2.00 m	1.98 m	16	95.38 m	32.06 m	127.44 m	63.44 m2
FSE-1	2.00 m	2.17 m	32	203.14 m	64.13 m	267.26 m	139.29 m2
FSE-5	2.03 m	2.21 m	4	25.83 m	8.14 m	33.97 m	18.00 m2
FSW-1	1.05 m	1.00 m	3	9.19 m	3.16 m	12.35 m	3.17 m2
FSW-1	1.97 m	1.97 m	2	11.83 m	3.94 m	15.78 m	7.78 m2
FSW-1	1.97 m	2.33 m	1	6.64 m	1.97 m	8.61 m	4.60 m2
Total			**100**	**542 m**	**179 m**	**721 m**	**341 m2**

Flächenauszug SIA 380/1, thermische Gebäudehülle, Fassaden Mst. 1:200

Schulhaus Horbern, Rainweg 7, 3074 Muri b. Bern
Energie hoch drei AG, Bern
25.02.2020/ mh



Süd- Ostfassade

0 1m 2m 5m 10m

Flächenauszug SIA 380/1, thermische Gebäudehülle, Fassaden Mst. 1:200

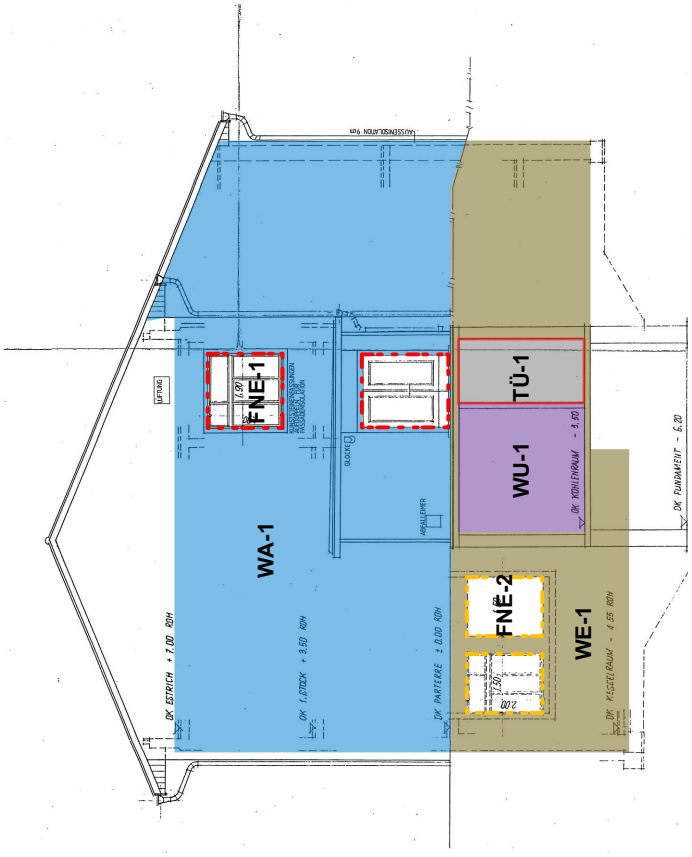
Schulhaus Horbern, Rainweg 7, 3074 Muri b. Bern
Energie hoch drei AG, Bern
25.02.2020/ mh

Nord- Westfassade

0 1m 2m 5m 10m

Flächenauszug SIA 380/1, thermische Gebäudehülle, Fassaden Mst. 1:200

Schulhaus Horbern, Rainweg 7, 3074 Muri b. Bern
Energie hoch drei AG, Bern
25.02.2020/ mh



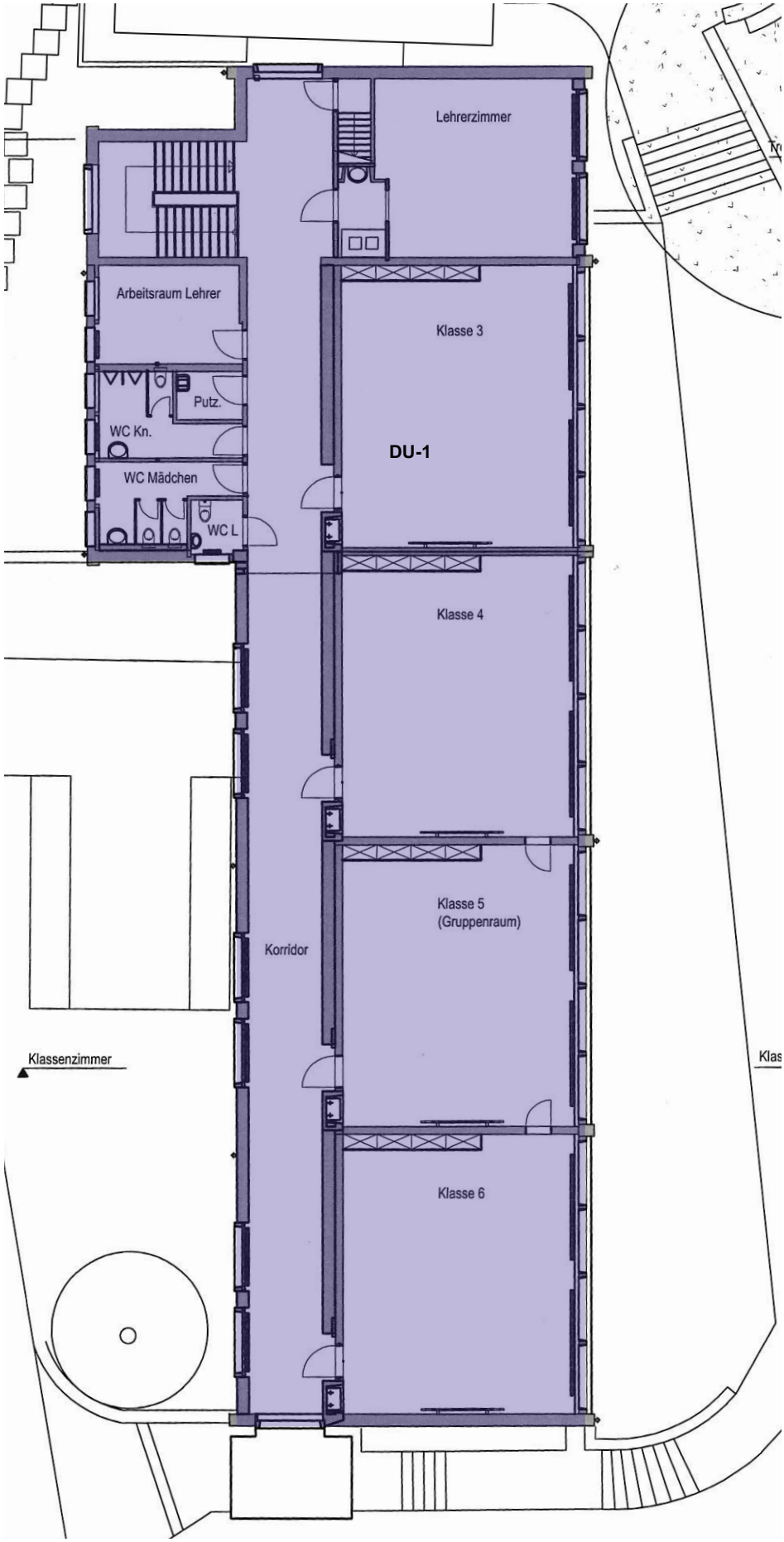
Nord- Ostfassade

Süd- Westfassade

0 1m 2m 5m 10m

Flächenauszug SIA 380/1, thermische Gebäudehülle, Grundrisse Mst. 1:200

Schulhaus Horbern, Rainweg 7, 3074 Muri b. Bern
Energie hoch drei AG, Bern
25.02.2020/ mh

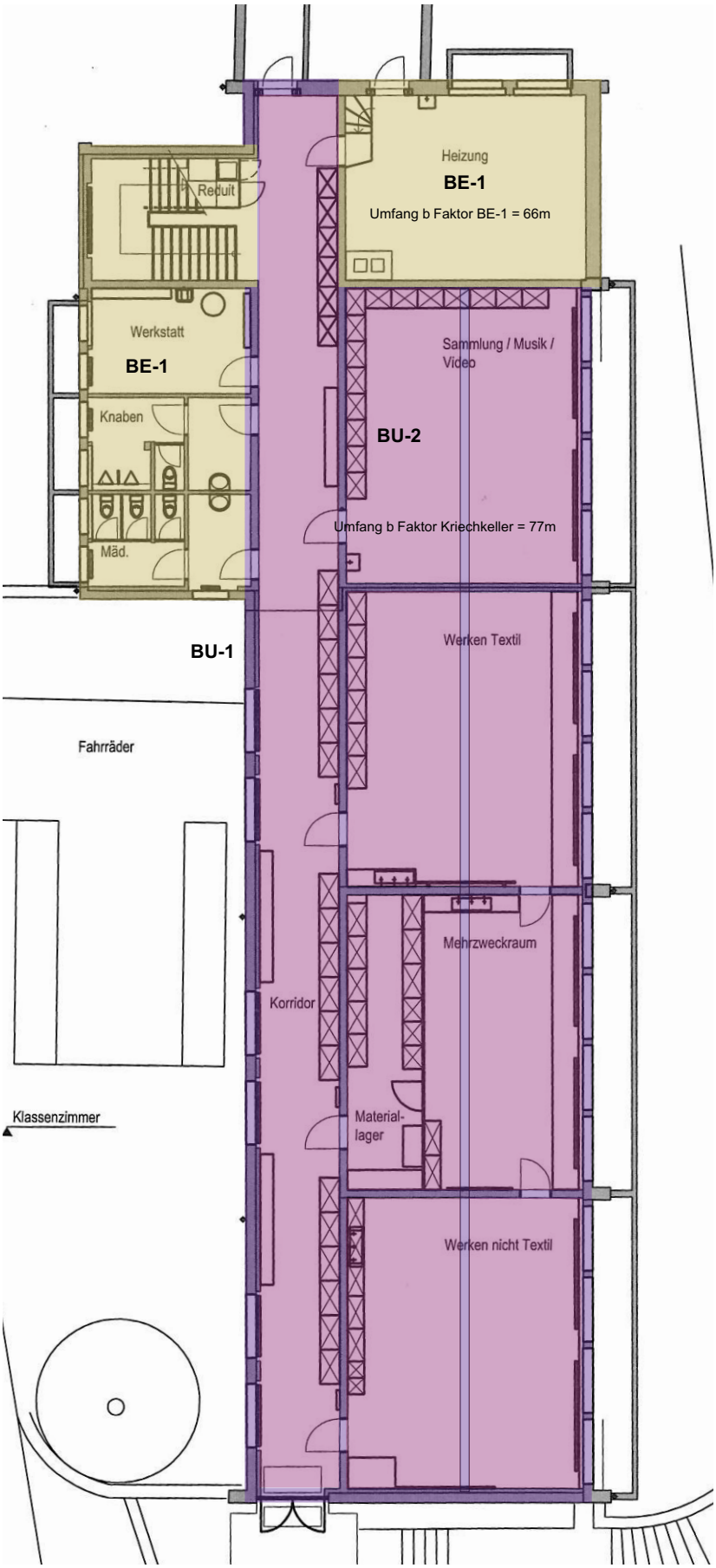


1. Obergeschoss

0 1m 2m 5m 10m

Flächenauszug SIA 380/1, thermische Gebäudehülle, Grundrisse Mst. 1:200

Schulhaus Horbern, Rainweg 7, 3074 Muri b. Bern
Energie hoch drei AG, Bern
25.02.2020/ mh

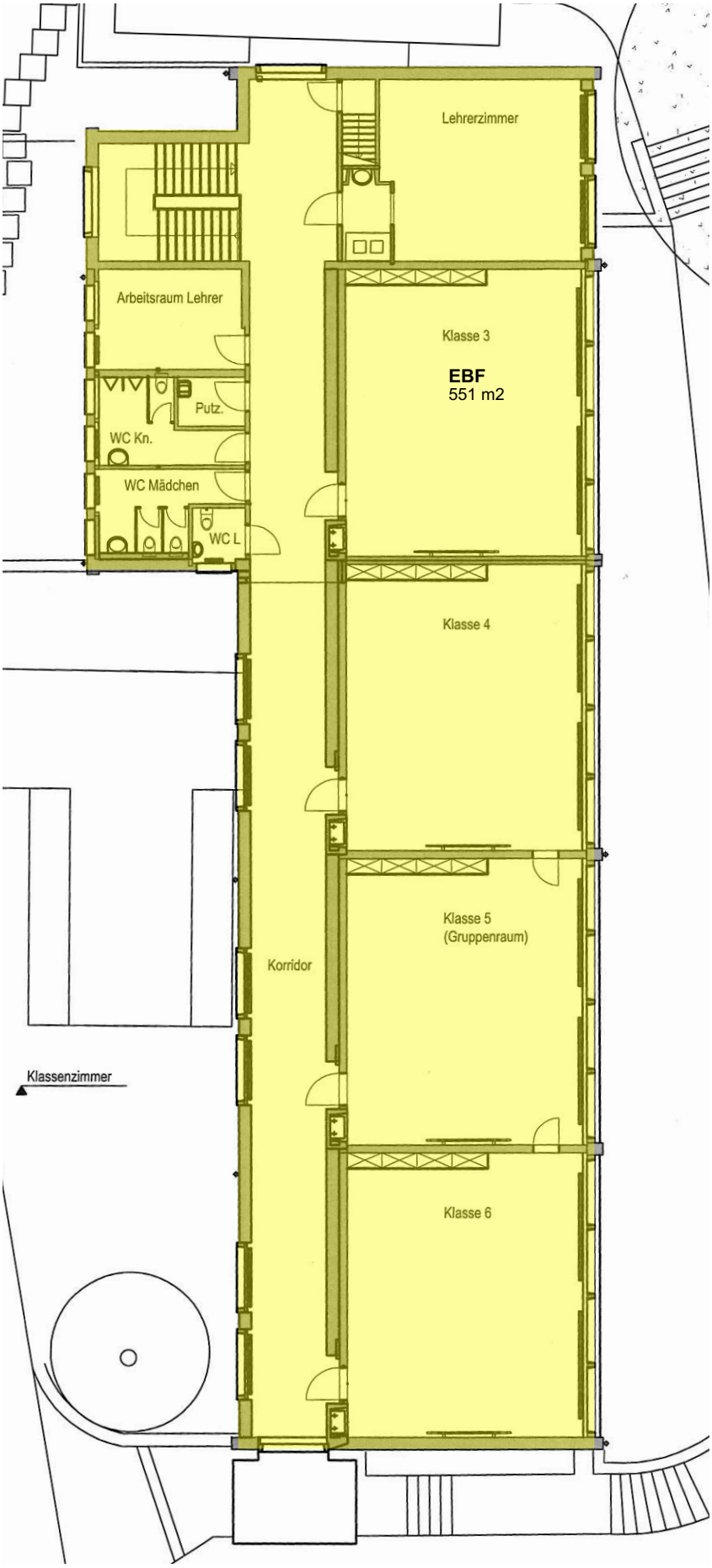


Untergeschoss

0 1m 2m 5m 10m

Flächenauszug SIA 380/1, Energiebezugsfläche, Mst. 1:200

Schulhaus Horbern, Rainweg 7, 3074 Muri b. Bern
Energie hoch drei AG, Bern
25.02.2020/ mh

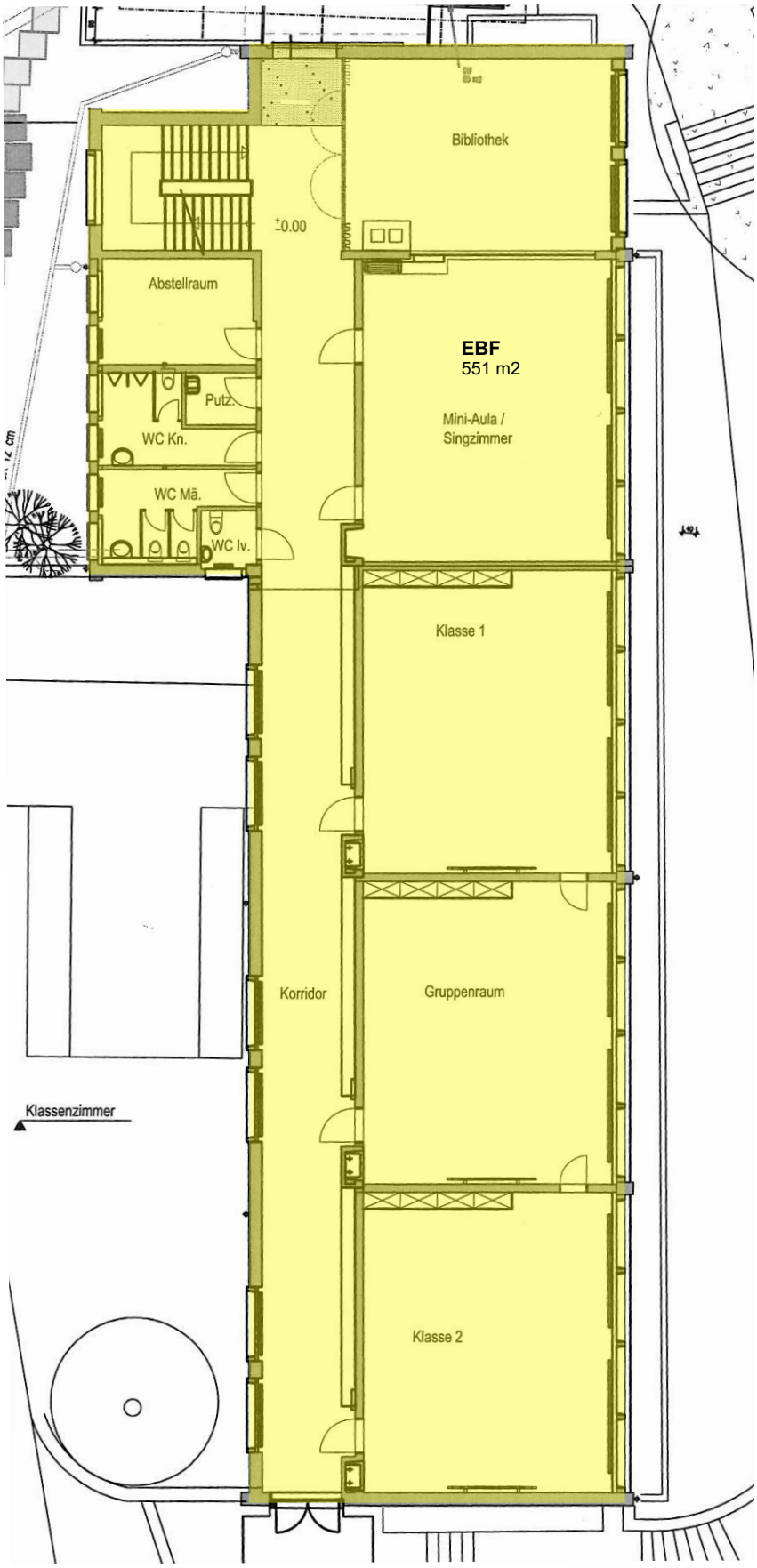


1. Obergeschoss

0 1m 2m 5m 10m

Flächenauszug SIA 380/1, Energiebezugsfläche, Mst. 1:200

Schulhaus Horbern, Rainweg 7, 3074 Muri b. Bern
Energie hoch drei AG, Bern
25.02.2020/ mh

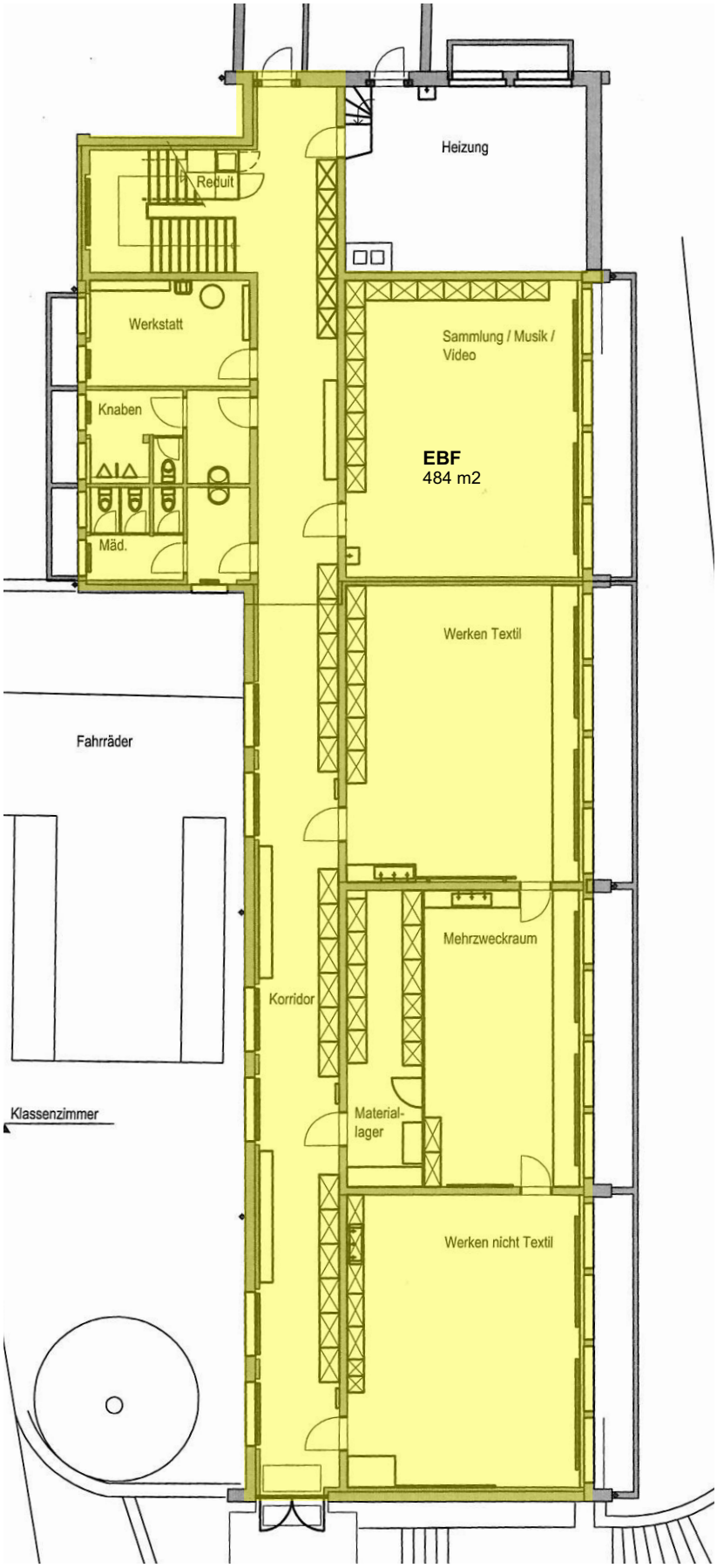


Erdgeschoss

0 1m 2m 5m 10m

Flächenauszug SIA 380/1, Energiebezugsfläche, Mst. 1:200

Schulhaus Horbern, Rainweg 7, 3074 Muri b. Bern
Energie hoch drei AG, Bern
25.02.2020/ mh



Untergeschoss

0 1m 2m 5m 10m

Anhang A2 Klassentrakt

Bauteilaufbau, U-Werte IST

2 Seiten

U-Wert-Berechnung der Bauteile

(U=überwacht; N=nicht überwacht; S=spezifiziert) ----> **(Wetterstation)**

No	Bezeichnung:	=b	U-Wert total:	ϑ_{oi}
1	**DU-1 Estrichboden**		1.67 W/m²K	12.3 °C
			d [cm]	α / λ	R
1	Wärmeübergang innen			8	0.13
2					
3					
4	Zementmörtel		4	1.4	0.03
5	Kork, Platten, Matten (U)		1	0.047	0.21
6	Beton (Stahlbeton 2% Stahl)		20	2.5	0.08
7	Innenputz m=8		2	0.7	0.03
8					
9					
10	Wärmeübergang innen			8	0.13

No	Bezeichnung:	=b	U-Wert total:	ϑ_{oi}
2	**WA-1, Stirnfassaden**		0.80 W/m²K	16.2 °C
			d [cm]	α / λ	R
1	Wärmeübergang innen			8	0.13
2	Innenputz m=8		2	0.7	0.03
3	Modulbacksteine Verband		38	0.37	1.03
4	Aussenputz m=25		2	0.87	0.02
5					
6					
7					
8					
9					
10	Wärmeübergang aussen			25	0.04

No	Bezeichnung:	=b	U-Wert total:	ϑ_{oi}
3	**WA-2, Fassade NW + Teil SE**		0.80 W/m²K	16.2 °C
			d [cm]	α / λ	R
1	Wärmeübergang innen			8	0.13
2	Innenputz m=8		2	0.7	0.03
3	Modulbacksteine Verband		38	0.37	1.03
4	Aussenputz m=25		2	0.87	0.02
5					
6					
7					
8					
9					
10	Wärmeübergang aussen			25	0.04

No	Bezeichnung:	=b	U-Wert total:	ϑ_{oi}
4	**WA-4, SE Fassade Beton 74%**		1.75 W/m²K	12 °C
Kondensation prüfen, Gk=721 g/m2			d [cm]	α / λ	R
1	Wärmeübergang innen			8	0.13
2					
3	Fichte		4	0.13	0.31
4	Beton (Stahlbeton 2% Stahl)		25	2.5	0.10
5					
6					
7					
8					
9					
10	Wärmeübergang aussen			25	0.04

No	Bezeichnung:	=b	U-Wert total:	ϑ_{oi}
5	**WA-4, SE Fassade Backstein 26%**		1.70 W/m²K	12.2 °C
Kondensation prüfen, Gk=1533 g/m2			d [cm]	α / λ	R
1	Wärmeübergang innen			8	0.13
2	Innenputz m=8		2	0.7	0.03
3	Modulbacksteine Einstein		12	0.44	0.27
4	Beton (Stahlbeton 2% Stahl)		25	2.5	0.10
5	Aussenputz m=25		2	0.87	0.02
6					
7					
8					
9					
10	Wärmeübergang aussen			25	0.04

No	Bezeichnung:	=b	U-Wert total:	ϑ_{oi}
6			W/m²K	
			d [cm]	α / λ	R
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					
9					
10					

No	Bezeichnung:	=b	U-Wert total:	ϑ_{oi}
7			W/m²K	
			d [cm]	α / λ	R
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					
9					
10					

No	Bezeichnung:	=b	U-Wert total:	ϑ_{oi}
8	**WE-1, Wand gegen Erdreich**		1.80 W/m²K	11.7 °C
Kondensation prüfen, Gk=1535 g/m2			d [cm]	α / λ	R
1	Wärmeübergang innen			8	0.13
2	Innenputz m=8		2	0.7	0.03
3	Modulbacksteine Einstein		12	0.44	0.27
4	Beton (Stahlbeton, 1% Stahl)		30	2.3	0.13
5					
6					
7					
8					
9					
10					

No	Bezeichnung:	=b	U-Wert total:	ϑ_{oi}
9	**WU-1, Wand g. unbeheizt**		2.74 W/m²K	7.5 °C
			d [cm]	α / λ	R
1	Wärmeübergang innen			8	0.13
2	Innenputz m=8		2	0.7	0.03
3	Beton (Stahlbeton, 1% Stahl)		20	2.3	0.09
4					
5					
6					
7					
8					
9					
10	Wärmeübergang innen			8	0.13

No	Bezeichnung:	=b	U-Wert total:	ϑ_{oi}
10	**BE-1, Boden gegen Erdreich**		3.03 W/m²K	6.2 °C
Kondensation prüfen, Gk=1097 g/m2			d [cm]	α / λ	R
1	Wärmeübergang innen			8	0.13
2	Zementmörtel		4	1.4	0.03
3	Kork, Platten, Matten (U)		0.5	0.047	0.11
4	Beton (Stahlbeton, 1% Stahl)		16	2.3	0.07
5					
6					
7					
8					
9					
10					

No	Bezeichnung:	=b	U-Wert total:	ϑ_{oi}
11	**BU-1, Boden g. unb. Wärmebrücke**		2.92 W/m²K	6.7 °C
			d [cm]	α / λ	R
1	Wärmeübergang innen			8	0.13
2	Zementmörtel		4	1.4	0.03
3	Beton (Stahlbeton 2% Stahl)		16	2.5	0.06
4					
5					
6					
7					
8					
9					
10	Wärmeübergang innen			8	0.13

No	Bezeichnung:	=b	U-Wert total:	ϑ_{oi}
12	**BU-2, Boden g. unb. Dämmpotential**		1.84 W/m²K	11.5 °C
			d [cm]	α / λ	R
1	Wärmeübergang innen			8	0.13
2	Eiche		2	0.21	0.10
3	Zementmörtel		4	1.4	0.03
4	Kork, Platten, Matten (U)		0.5	0.047	0.11
5	Beton (Stahlbeton 2% Stahl)		16	2.5	0.06
6					
7					
8					
9					
10	Wärmeübergang innen			8	0.13

No	Bezeichnung:	=b	U-Wert total:	ϑ_{oi}

No	Bezeichnung:	=b	U-Wert total:	ϑ_{oi}

13	Wände Kriechkeller	3.12	W/m²K	5.8 °C
		d [cm]	α / λ	R
1	Wärmeübergang innen		8	0.13
2	Beton (Stahlbeton, 1% Stahl)	45	2.3	0.20
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				

14	Boden Kriechkeller	4.53	W/m²K	-0.6 °C
		d [cm]	α / λ	R
1	Wärmeübergang innen		8	0.13
2	Bindiger Boden, feucht	20	2.09	0.10
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				

Fenster:

No 15	Bezeichnung:	=b	U-Wert: W/m²K	g-Wert

Verglasung oder Spezialfenster:

Rahmenmaterialgruppe:

No 16	Bezeichnung:	=b	U-Wert: W/m²K	g-Wert

Verglasung oder Spezialfenster:

Rahmenmaterialgruppe:

Türen:

No 17	Bezeichnung:	=b	U-Wert total: W/m²K	

No 18	Bezeichnung:	=b	U-Wert total: W/m²K	

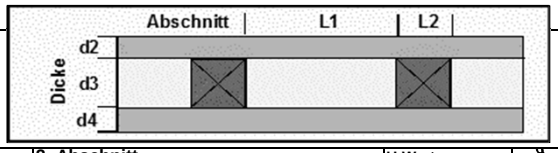
Inhomogene Bauteile:

No 19 **Bezeichnung:** =b **U-Wert total:** **W/m²K**

Oberer Grenzwert Ro =

Unterer Grenzwert Ru =

Wärmedurchgangswiderstand Rtot =



1. Abschnitt		U-Wert: W/m²K		ϑ_{oi}
Länge des Abschnittes L1 %				
		d [cm]	α / λ	R
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				

2. Abschnitt		U-Wert: W/m²K		ϑ_{oi}
Länge des Abschnittes L2 %				
		d [cm]	α / λ	R
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				

No 20 **Bezeichnung:** =b **U-Wert total:** **W/m²K**

Oberer Grenzwert Ro = Unterer Grenzwert Ru =

Wärmedurchgangswiderstand Rtot =

1. Abschnitt		U-Wert: W/m²K		ϑ_{oi}
Länge des Abschnittes L1 %				
		d [cm]	α / λ	R
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				

2. Abschnitt		U-Wert: W/m²K		ϑ_{oi}
Länge des Abschnittes L2 %				
		d [cm]	α / λ	R
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				

No 21 **Bezeichnung:** =b **U-Wert total:** **W/m²K**

Oberer Grenzwert Ro = Unterer Grenzwert Ru =

Wärmedurchgangswiderstand Rtot =

1. Abschnitt		U-Wert: W/m²K		ϑ_{oi}
Länge des Abschnittes L1 %				
		d [cm]	α / λ	R
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				

2. Abschnitt		U-Wert: W/m²K		ϑ_{oi}
Länge des Abschnittes L2 %				
		d [cm]	α / λ	R
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				

Konstruktionen:

		U-Wert W/m2K	b-Wert
22	BU-1 mit b Faktor	2.92	0.22
23	BU-2 mit b Faktor	1.84	0.22
24	BE-1 mit b Faktor	3.03	0.19
25	WE-1 mit b-Faktor	1.80	0.45
26	WA-4 Mittelwert	1.73335	

		U-Wert W/m2K	b-Wert
27			
28			
29			
30			
31			

Anhang A3 Klassentrakt

Bauteilaufbau, U-Werte SOLL (Variante V2)

2 Seiten

U-Wert-Berechnung der Bauteile

(U=überwacht; N=nicht überwacht; S=spezifiziert) ----> **(Wetterstation)**

No	Bezeichnung:	=b	U-Wert total:		ϑoi
1	**DU-1 Estrichboden**		0.16	W/m²K	19.1 °C
			d [cm]	α / λ	R
1	Wärmeübergang innen			8	0.13
2				0	0.00
3	NEU Dämmung homogen 0.036		20	0.036	5.56
4	Zementmörtel		4	1.4	0.03
5	Kork, Platten, Matten (U)		1	0.047	0.21
6	Beton (Stahlbeton 2% Stahl)		20	2.5	0.08
7	Innenputz m=8		2	0.7	0.03
8				0	0.00
9				0.0	0.00
10	Wärmeübergang innen			8	0.13

No	Bezeichnung:	=b	U-Wert total:		ϑoi
2	**WA-1, Stirnfassaden**		0.15	W/m²K	19.2 °C
			d [cm]	α / λ	R
1	Wärmeübergang innen			8	0.13
2	Innenputz m=8		2	0.7	0.03
3	Modulbacksteine Verband		38	0.37	1.03
4	Aussenputz m=25		2	0.87	0.02
5	NEU Dämmung homogen 0.036		20	0.036	5.56
6	Aussenputz m=25		2	0.87	0.02
7				0	0.00
8				0	0.00
9				0	0.00
10	Wärmeübergang aussen			25	0.04

No	Bezeichnung:	=b	U-Wert total:		ϑoi
3	**WA-2, Fassade NW + Teil SE**		0.15	W/m²K	19.2 °C
			d [cm]	α / λ	R
1	Wärmeübergang innen			8	0.13
2	Innenputz m=8		2	0.7	0.03
3	Modulbacksteine Verband		38	0.37	1.03
4	Aussenputz m=25		2	0.87	0.02
5	NEU Dämmung homogen 0.036		20	0.036	5.56
6	Aussenputz m=25		2	0.87	0.02
7				0	0.00
8				0	0.00
9				0	0.00
10	Wärmeübergang aussen			25	0.04

No	Bezeichnung:	=b	U-Wert total:		ϑoi
4	**WA-4, SE Fassade Beton 74%**		0.16	W/m²K	19.1 °C
			d [cm]	α / λ	R
1	Wärmeübergang innen			8	0.13
2				0	0.00
3	Fichte		4	0.13	0.31
4	Beton (Stahlbeton 2% Stahl)		25	2.5	0.10
5	NEU Dämmung homogen 0.036		20	0.036	5.56
6	Aussenputz m=25		1	0.87	0.01
7				0	0.00
8				0	0.00
9				0	0.00
10	Wärmeübergang aussen			25	0.04

No	Bezeichnung:	=b	U-Wert total:		ϑoi
5	**WA-4, SE Fassade Backstein 26%**		0.16	W/m²K	19.1 °C
			d [cm]	α / λ	R
1	Wärmeübergang innen			8	0.13
2	Innenputz m=8		2	0.7	0.03
3	Modulbacksteine Einstein		12	0.44	0.27
4	Beton (Stahlbeton 2% Stahl)		25	2.5	0.10
5	Aussenputz m=25		2	0.87	0.02
6	NEU Dämmung homogen 0.036		20	0.036	5.56
7	Aussenputz m=25		2	0.87	0.02
8				0	0.00
9				0	0.00
10	Wärmeübergang aussen			25	0.04

No	Bezeichnung:	=b	U-Wert total:		ϑoi
6				W/m²K	
			d [cm]	α / λ	R
1				0	0.00
2				0	0.00
3				0	0.00
4				0	0.00
5				0	0.00
6				0	0.00
7				0	0.00
8				0	0.00
9				0	0.00
10				0	0.00

No	Bezeichnung:	=b	U-Wert total:		ϑoi
7				W/m²K	
			d [cm]	α / λ	R
1				0	0.00
2				0	0.00
3				0	0.00
4				0	0.00
5				0	0.00
6				0	0.00
7				0	0.00
8				0	0.00
9				0	0.00
10				0	0.00

No	Bezeichnung:	=b	U-Wert total:		ϑoi
8	**WE-1, Wand gegen Erdreich**		1.80	W/m²K	11.7 °C
	Kondensation prüfen, Gk=1535 g/m2		d [cm]	α / λ	R
1	Wärmeübergang innen			8	0.13
2	Innenputz m=8		2	0.7	0.03
3	Modulbacksteine Einstein		12	0.44	0.27
4	Beton (Stahlbeton, 1% Stahl)		30	2.3	0.13
5				0	0.00
6				0	0.00
7				0	0.00
8				0	0.00
9				0	0.00
10				0	0.00

No	Bezeichnung:	=b	U-Wert total:		ϑoi
9	**WU-1, Wand g. unbeheizt**		0.21	W/m²K	18.9 °C
			d [cm]	α / λ	R
1	Wärmeübergang innen			8	0.13
2	Innenputz m=8		2	0.7	0.03
3	Beton (Stahlbeton, 1% Stahl)		20	2.3	0.09
4	NEU Dämmung homogen 0.036		16	0.036	4.44
5				0	0.00
6				0	0.00
7				0	0.00
8				0	0.00
9				0	0.00
10	Wärmeübergang innen			8	0.13

No	Bezeichnung:	=b	U-Wert total:		ϑoi
10	**BE-1, Boden gegen Erdreich**		3.03	W/m²K	6.2 °C
	Kondensation prüfen, Gk=1097 g/m2		d [cm]	α / λ	R
1	Wärmeübergang innen			8	0.13
2	Zementmörtel		4	1.4	0.03
3	Kork, Platten, Matten (U)		0.5	0.047	0.11
4	Beton (Stahlbeton, 1% Stahl)		16	2.3	0.07
5				0	0.00
6				0	0.00
7				0	0.00
8				0	0.00
9				0	0.00
10				0	0.00

No	Bezeichnung:	=b	U-Wert total:		ϑoi
11	**BU-1, Boden g. unb. Wärmebrücke**		2.92	W/m²K	6.7 °C
			d [cm]	α / λ	R
1	Wärmeübergang innen			8	0.13
2	Zementmörtel		4	1.4	0.03
3	Beton (Stahlbeton 2% Stahl)		16	2.5	0.06
4				0	0.00
5				0	0.00
6				0	0.00
7				0	0.00
8				0	0.00
9				0	0.00
10	Wärmeübergang innen			8	0.13

No	Bezeichnung:	=b	U-Wert total:		ϑoi
12	**BU-2, Boden g. unb. Dämmpotential**		0.23	W/m²K	18.8 °C
			d [cm]	α / λ	R
1	Wärmeübergang innen			8	0.13
2	Eiche		2	0.21	0.10
3	Zementmörtel		4	1.4	0.03
4	Kork, Platten, Matten (U)		0.5	0.047	0.11
5	Beton (Stahlbeton 2% Stahl)		16	2.5	0.06
6	NEU Dämmung homogen 0.036		14	0.036	3.89
7				0	0.00
8				0	0.00
9				0	0.00
10	Wärmeübergang innen			8	0.13

No	Bezeichnung:	=b	U-Wert total:	ϑoi

No	Bezeichnung:	=b	U-Wert total:	ϑoi

13	Wände Kriechkeller	3.12	W/m²K	5.8 °C
		d [cm]	α / λ	R
1	Wärmeübergang innen		8	0.13
2	Beton (Stahlbeton, 1% Stahl)	45	2.3	0.20
3			0	0.00
4			0	0.00
5			0	0.00
6			0	0.00
7			0	0.00
8			0	0.00
9			0	0.00
10			0.00	0.00

14	Boden Kriechkeller	4.53	W/m²K	-0.6 °C
		d [cm]	α / λ	R
1	Wärmeübergang innen		8	0.13
2	Bindiger Boden, feucht	20	2.09	0.10
3			0	0.00
4			0	0.00
5			0	0.00
6			0	0.00
7			0	0.00
8			0	0.00
9			0	0.00
10			0	0.00

Fenster:

No	Bezeichnung:	=b	U-Wert: W/m²K	g-Wert
15				

Verglasung oder Spezialfenster:

Rahmenmaterialgruppe:

No	Bezeichnung:	=b	U-Wert: W/m²K	g-Wert
16				

Verglasung oder Spezialfenster:

Rahmenmaterialgruppe:

Türen:

No	Bezeichnung:	=b	U-Wert total: W/m²K	
17				

No	Bezeichnung:	=b	U-Wert total: W/m²K	
18				

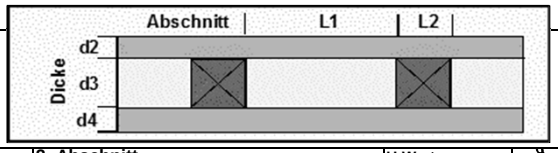
Inhomogene Bauteile:

No	Bezeichnung:	=b	U-Wert total: W/m²K
19			

Oberer Grenzwert Ro =

Unterer Grenzwert Ru =

Wärmedurchgangswiderstand Rtot =



1. Abschnitt		U-Wert:		ϑ_{oi}
Länge des Abschnittes L1	%	0.00	W/m²K	
		d [cm]	α / λ	R
1			0	0.00
2			0	0.00
3			0	0.00
4			0	0.00
5			0	0.00
6			0	0.00
7			0	0.00
8			0	0.00
9			0	0.00
10			0	0.00

2. Abschnitt		U-Wert:		ϑ_{oi}
Länge des Abschnittes L2	0 %	0.00	W/m²K	
		d [cm]	α / λ	R
1			0	0.00
2		0	0	0.00
3		0	0	0.00
4		0	0	0.00
5		0	0	0.00
6		0	0	0.00
7		0	0	0.00
8		0	0	0.00
9			0	0.00
10			0	0.00

No	Bezeichnung:	=b	U-Wert total: W/m²K
20			

Oberer Grenzwert Ro = Unterer Grenzwert Ru =

Wärmedurchgangswiderstand Rtot =

1. Abschnitt		U-Wert:		ϑ_{oi}
Länge des Abschnittes L1	%	0.00	W/m²K	
		d [cm]	α / λ	R
1			0	0.00
2			0	0.00
3			0	0.00
4			0	0.00
5			0	0.00
6			0	0.00
7			0	0.00
8			0	0.00
9			0	0.00
10			0	0.00

2. Abschnitt		U-Wert:		ϑ_{oi}
Länge des Abschnittes L2	0 %	0.00	W/m²K	
		d [cm]	α / λ	R
1			0	0.00
2		0	0	0.00
3		0	0	0.00
4		0	0	0.00
5		0	0	0.00
6		0	0	0.00
7		0	0	0.00
8		0	0	0.00
9			0	0.00
10			0	0.00

No	Bezeichnung:	=b	U-Wert total: W/m²K
21			

Oberer Grenzwert Ro = Unterer Grenzwert Ru =

Wärmedurchgangswiderstand Rtot =

1. Abschnitt		U-Wert:		ϑ_{oi}
Länge des Abschnittes L1	%	0.00	W/m²K	
		d [cm]	α / λ	R
1			0	0.00
2			0	0.00
3			0	0.00
4			0	0.00
5			0	0.00
6			0	0.00
7			0	0.00
8			0	0.00
9			0	0.00
10			0	0.00

2. Abschnitt		U-Wert:		ϑ_{oi}
Länge des Abschnittes L2	0 %	0.00	W/m²K	
		d [cm]	α / λ	R
1			0	0.00
2		0	0	0.00
3		0	0	0.00
4		0	0	0.00
5		0	0	0.00
6		0	0	0.00
7		0	0	0.00
8		0	0	0.00
9			0	0.00
10			0	0.00

Konstruktionen:

		U-Wert W/m2K	b-Wert			U-Wert W/m2K	b-Wert
22	BU-1 mit b Faktor	2.92	0.22	27			
23	BU-2 mit b Faktor	0.23	0.22	28			
24	BE-1 mit b Faktor	3.03	0.19	29			
25	WE-1 mit b-Faktor	1.80	0.45	30			
26	WA-4 Mittelwert	0.16268		31			

Anhang A4 Klassentrakt

Auszug MINERGIE Nachweis

2 Seiten

MINERGIE®

EN-101b

Energienachweis
Energiebedarf

	Wärmeerzeugung:	Nutzungsgrad / JAZ		Deckungsgrad [%]	
N7	***Wärmeerzeugung A***	Eingabe	Rechenwert	Heizung	Warmwasser
N8	**Fernwärme (inkl. Abwärme aus KVA,ARA), <=25% nicht erneuerbar**		1.00	100.0	
N9	Strom für Wärmepumpen ist doppelt zu gewichten				
N10					
N11	***Wärmeerzeugung B***				
N12					
N13					
N14					
N15	***Wärmeerzeugung C***				
N16					
N17					
N18					
N19	***Wärmeerzeugung D***				
N20					
N21					
N22					
N23	***Übertrag weitere Wärmeerzeugungen***				
N24					
N25	Zugeführte Elektrizität (ungewichtet) kWh				
N27	Zugeführte Energie (ohne Strom, gewichtet) kWh		**Deckungsgrad total:**	**100.0**	

	Gebäudedaten, Lüftung und Grenzwert:		1	2	3	4	Total/Mittel
N34	Qh mit effektivem Luftwechsel	kWh/m2	53.0	76.0			**53.0**
N35							
N39	Strombedarf Lüftungsanlage	kWh/m2	3.2				**3.2**
N40	Strombedarf für Klima + Hilfsbetriebe	kWh/m2					
N43	Grenzwert für Endenergiebedarf ohne PV	kWh/m2	48.1				**48.1**
N44	Grenzwert für Minergie-Kennzahl MKZ	kWh/m2	68.0				**68.0**

	Wärmeerzeugung: **(Heizung + Warmwasser)**	η oder JAZ	Gewich-tung	Deckungsgrad Heizung	Deckungsgrad Warmwasser	gew. Endenergie kWh/m2 Strom	gew. Endenergie kWh/m2 andere	Wärme kWh/m^2
N47	Fernwärme (<=25% nicht erneuerbar)	1.00	0.4	100.0%			21.2	53.0
N48								
N49								
N50								
N51								
N52	Strombedarf Lüftungsanlage		2			6.3		
N53	Strom für Klima + Hilfsbetriebe							
N54	Total:			**100%**		**6.3**	**21.2**	**53.0**

	Erfüllung der Anforderungen:	**Anforderung**	**Berechneter Wert**	**Erfüllt?**
N58	Grenzwert für Endenergiebedarf ohne PV	**48.1** kWh/m2	**27.5** kWh/m2	**Ja**
N59	Minergie-Kennzahl (MKZ)	**58.8** kWh/m2	**42.9** kWh/m2	**Ja**

MINERGIE®

Übersicht
Minergie-Nachweis

U9 **Anleitung**

Dieses Nachweisformular dient zum Nachweis der Standards Minergie, Minergie-P und Minergie-A. Der entsprechende Standard kann im Blatt "Eingabe" ausgewählt werden. Der ausgefüllte Nachweis wird auf der Minergie-Online-Plattform (MOP) hochgeladen. Das Antragsformular wird nach der Einreichung auf der MOP automatisch generiert. Der unterschriebene Antrag, dieses Nachweisformular, sowie weitere auf dem Antrag vermerkte Unterlagen sind der zuständigen Zertifizierungsstelle schriftlich einzureichen. Folgende Farbcodierung ist beim Ausfüllen des Nachweisformulars zu beachten:

Eingabefeld (Pflicht)	Eingabefeld (Fakultativ)	Auswahlfeld (Pflicht)

U20	**Projekt**		Art des Nachweises:	Minergie mit SIA 380/1:2009
U21	Projektname:	**Schulhaus Horbern**	Parz.-Nr.:	MOP - Nr.:
U22	Gebäudeadresse:	Sanierung Variante SOLL V1		

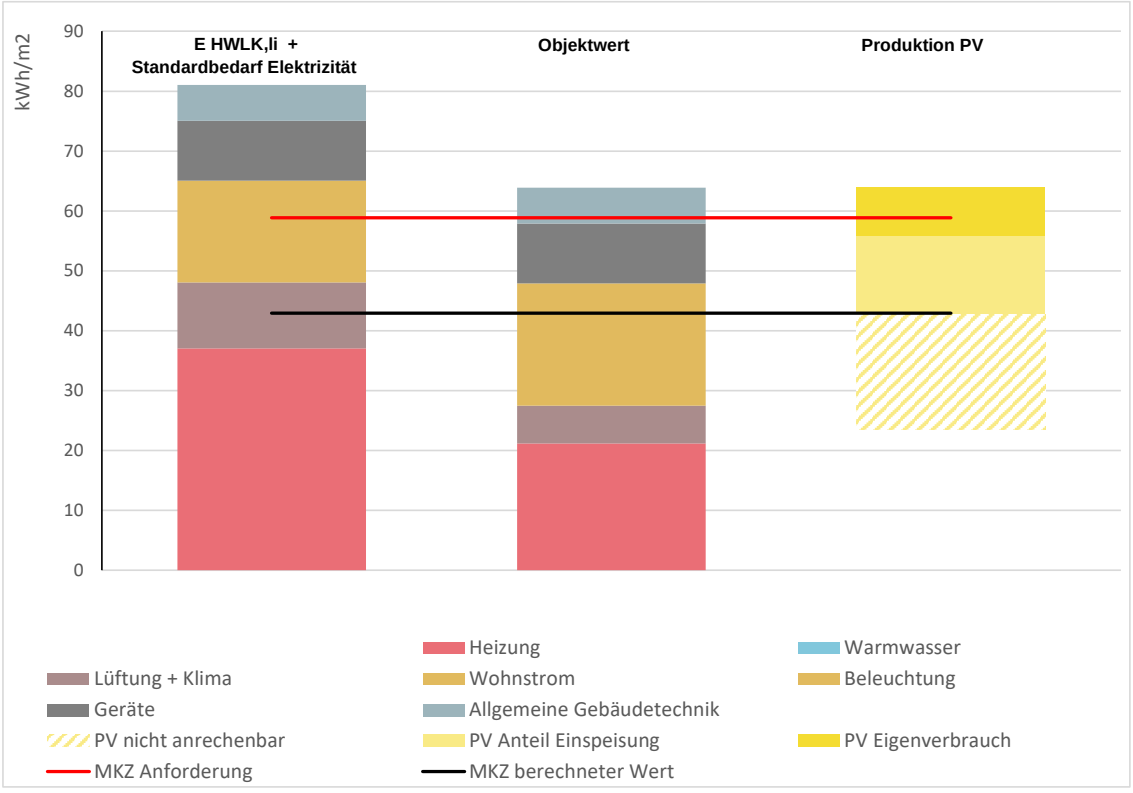
U28 **Erfüllung der Hauptanforderung**

		Anforderung	Berechneter Wert	Erfüllt?
U30	Minergie-Kennzahl in kWh/m2	58.8	42.9	**Ja**
U31	Minergie-Kennzahl in kg CO2/m2	Keine Anforderungen	2.7	

U35 **Erfüllung der Zusatzanforderungen**

			Anforderung	Berechneter Wert	Erfüllt?
U37	ZA1: Heizwärmebedarf in kWh/m2	Qh			
U38	ZA2: Endenergie ohne PV in kWh/m2		48.1	27.5	**Ja**
U39	ZA3: Minergie-Grenzwert Beleuchtung in kWh/m2				
U40	Minimale Grösse der Eigenstromerzeugung:	kWp	0	40.00	**Ja**
U41	Sommerlicher Wärmeschutz im Minergie-Standard				**Ja**
U42	Höchstanteil fossiler Energie	%	30.0%	24.7%	**Ja**

U44 **Visualisierung Minergie-Kennzahl (MKZ)**



	kWh/m²
MKZ H	21.2
MKZ ww	
MKZ LK	6.3
MKZ el,wohn.	
MKZ Bel	20.4
MKZ Geräte	10.0
MKZ AGT	6.0
E EB	8.1
E Netz	12.9
MKZ = 42.9	

Anhang A5 Turnhalle / Tagesschule

Flächenauszug SIA 380-1

11 Seiten

Flächenauszug SIA 380/1

Turnhalle, Tagesschule Horbern, Rainweg 5, 3074 Muri b. Bern
Energie hoch drei AG, Bern
25.02.2020/ mh

Energiebezugsfläche

EBF- Thalle	534 m2	
EBF-Schule 2	247 m2	
Total	**781 m2**	

Flächen opake Bauteile (inkl. oder exkl. Fensterflächen

BA-1	20 m2		
BE-1	202 m2		
BU-1	38 m2		
BU-2	152 m2		
DA-1	196 m2		
DA-2	44 m2		
DU-1	196 m2		
WA-1	79 m2		
WA-4	52 m2		
WA-6	232 m2		
WA-7	91 m2		
WE-1	213 m2		
WU-1	16 m2		
Total	**1'532 m2**	**1714 m2**	Hülle inkl. Fenster

Wärmebrücken

Total	**0 m**	**295 m**	Inkl. Fensteranschlag

Fenster

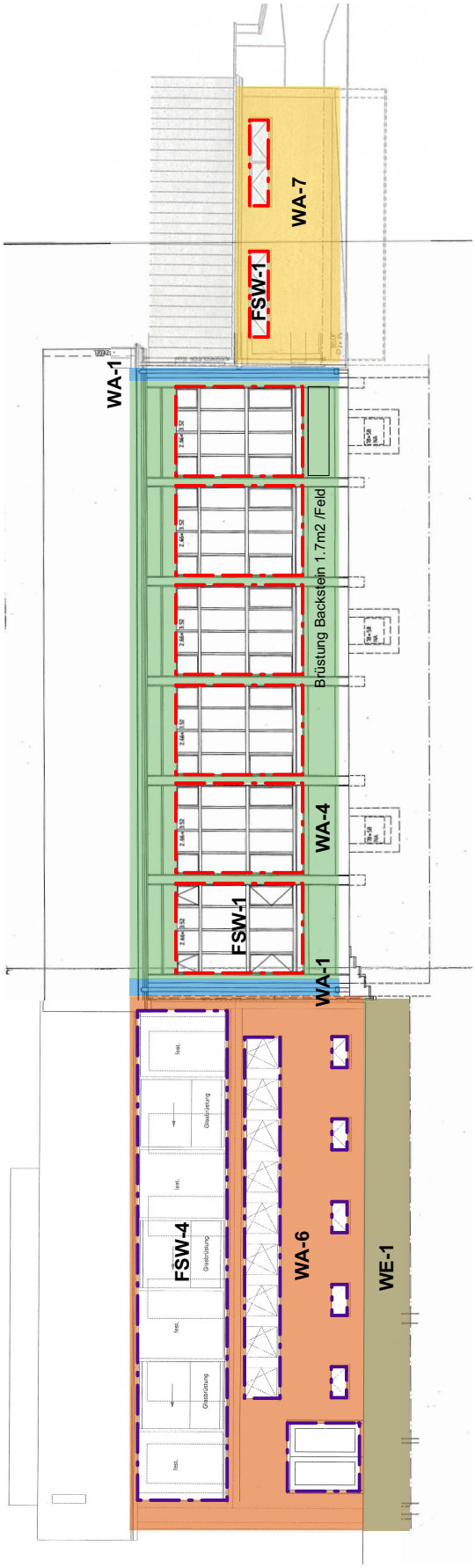
S	**0 m2**	**S**
SE	**0 m2**	
E	**0 m2**	**E**
FNE-2	16 m2	
FNE-3	4 m2	
FNE-4	35 m2	
NE	**55 m2**	
N	**0 m2**	**N**
FNW-4	5 m2	
NW	**5 m2**	
W	**0 m2**	**W**
FSW-1	64 m2	
FSW-4	58 m2	
SW	**122 m2**	
Dachfenster	**0 m2**	
Total	**182 m2**	182 m2 aus Fensterliste detailiert

Fensterliste detailiert

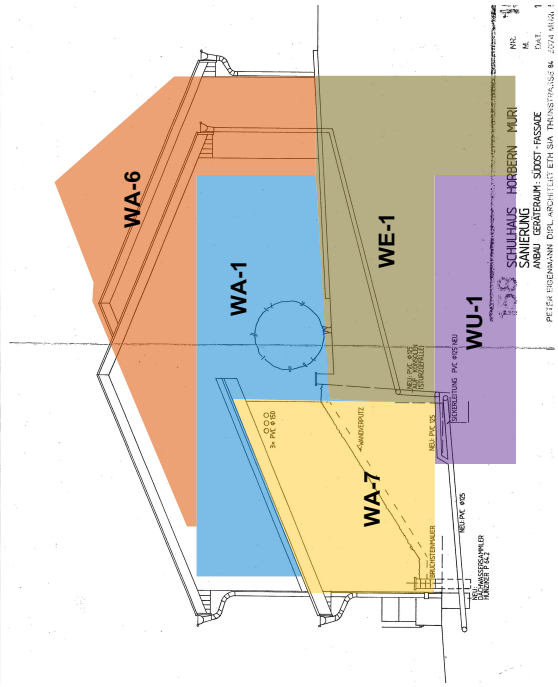
Typ	Breite	Höhe	Anzahl	Anschluss	Sturz	Umfang	Fläche
FNE-2	2.66 m	1.00 m	6	27.93 m	15.93 m	43.86 m	15.93 m2
FNE-3	0.79 m	0.59 m	8	15.76 m	6.32 m	22.08 m	3.73 m2
FNE-4	1.06 m	1.27 m	1	3.59 m	1.06 m	4.64 m	1.33 m2
FNE-4	1.15 m	2.03 m	1	5.21 m	1.15 m	6.36 m	2.33 m2
FNE-4	3.10 m	1.75 m	1	6.59 m	3.10 m	9.68 m	5.40 m2
FNE-4	9.03 m	2.92 m	1	14.87 m	9.03 m	23.90 m	26.37 m2
FNW-4	0.94 m	2.21 m	1	5.36 m	0.94 m	6.30 m	2.08 m2
FNW-4	1.71 m	1.75 m	1	5.20 m	1.71 m	6.90 m	2.98 m2
FSW-1	2.58 m	0.56 m	2	7.37 m	5.15 m	12.52 m	2.86 m2
FSW-1	2.69 m	3.80 m	6	61.75 m	16.15 m	77.89 m	61.35 m2
FSW-4	0.93 m	0.46 m	5	9.25 m	4.65 m	13.90 m	2.14 m2
FSW-4	2.04 m	2.17 m	1	6.38 m	2.04 m	8.41 m	4.42 m2
FSW-4	10.85 m	1.06 m	1	12.97 m	10.85 m	23.82 m	11.50 m2
FSW-4	14.73 m	2.69 m	1	20.10 m	14.73 m	34.82 m	39.54 m2
Total			**36**	**202 m**	**93 m**	**295 m**	**182 m2**

Flächenauszug SIA 380/1, thermische Gebäudehülle, Fassaden Mst. 1:200

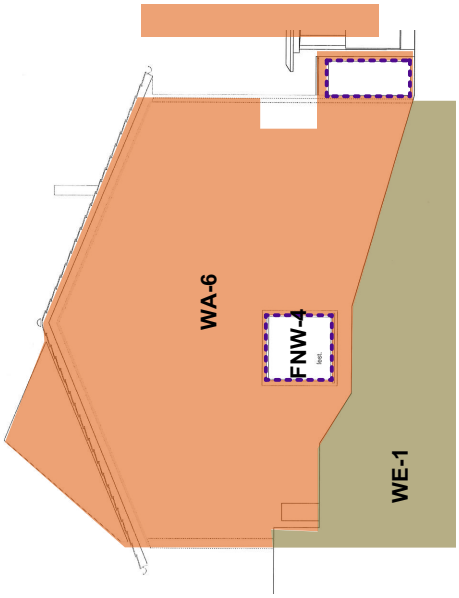
Turnhalle, Tagesschule Horbern, Rainweg 5, 3074 Muri b. Bern
Energie hoch drei AG, Bern
25.02.2020/ mh



Süd- Westfassade



Süd- Ostfassade

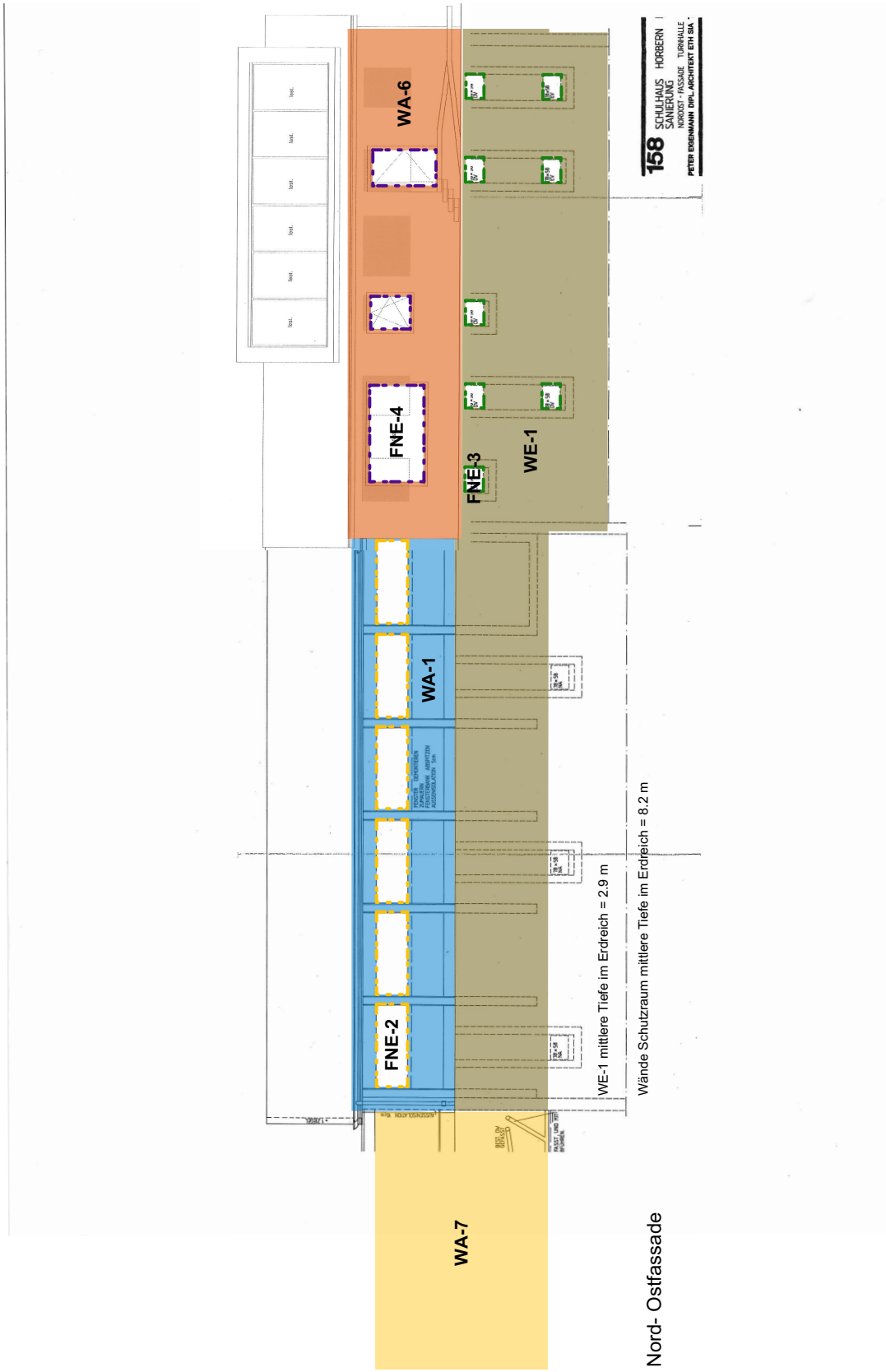


Nord- Westfassade

0 1m 2m 5m 10m

Flächenauszug SIA 380/1, thermische Gebäudehülle, Fassaden Mst. 1:200

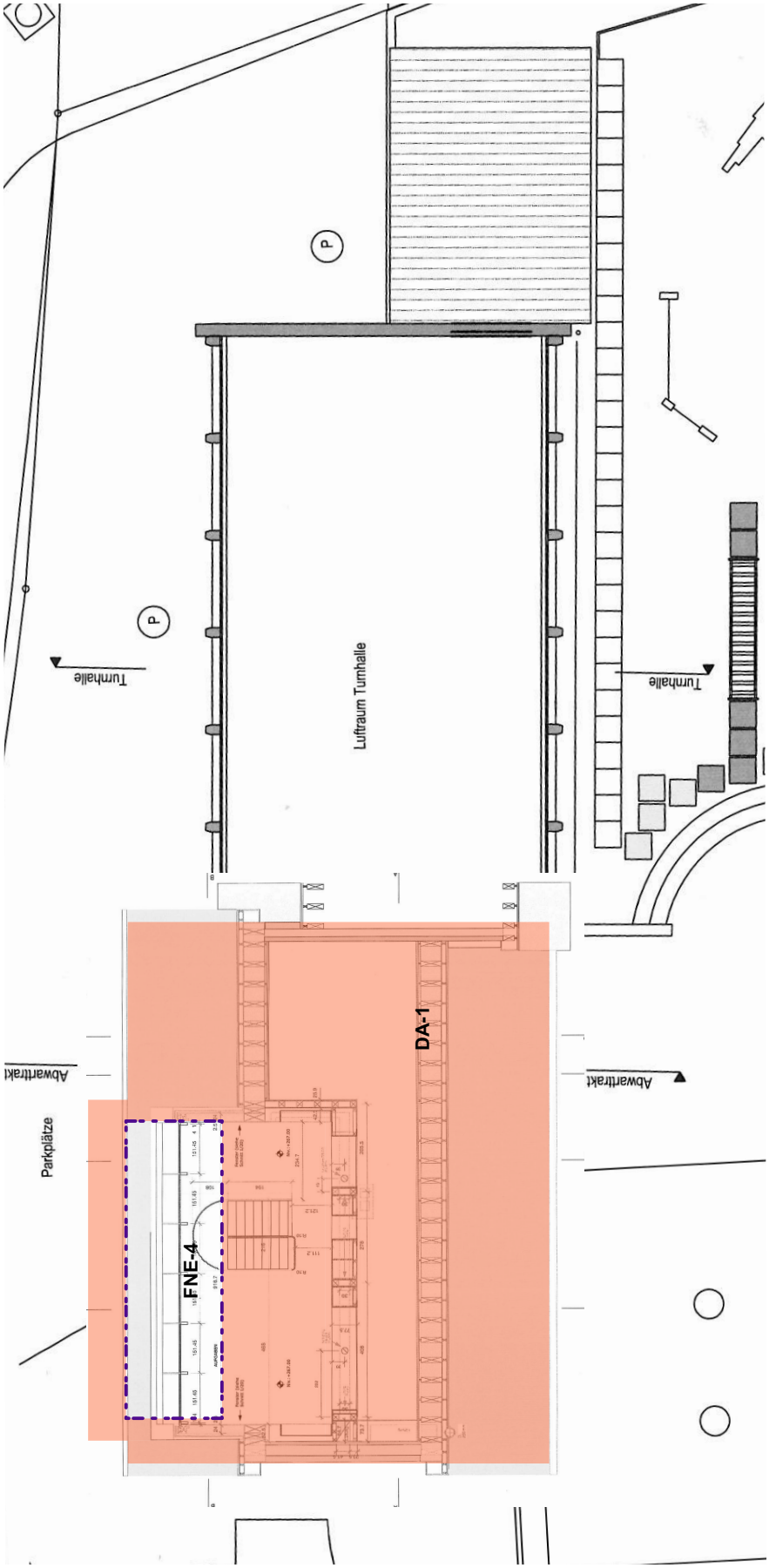
Turnhalle, Tagesschule Horbern, Rainweg 5, 3074 Muri b. Bern
Energie hoch drei AG, Bern
25.02.2020/ mh



0 1m 2m 5m 10m

Flächenauszug SIA 380/1, thermische Gebäudehülle, Grundrisse Mst. 1:200

Turnhalle, Tagesschule Horbern, Rainweg 5, 3074 Muri b. Bern
Energie hoch drei AG, Bern
25.02.2020/ mh

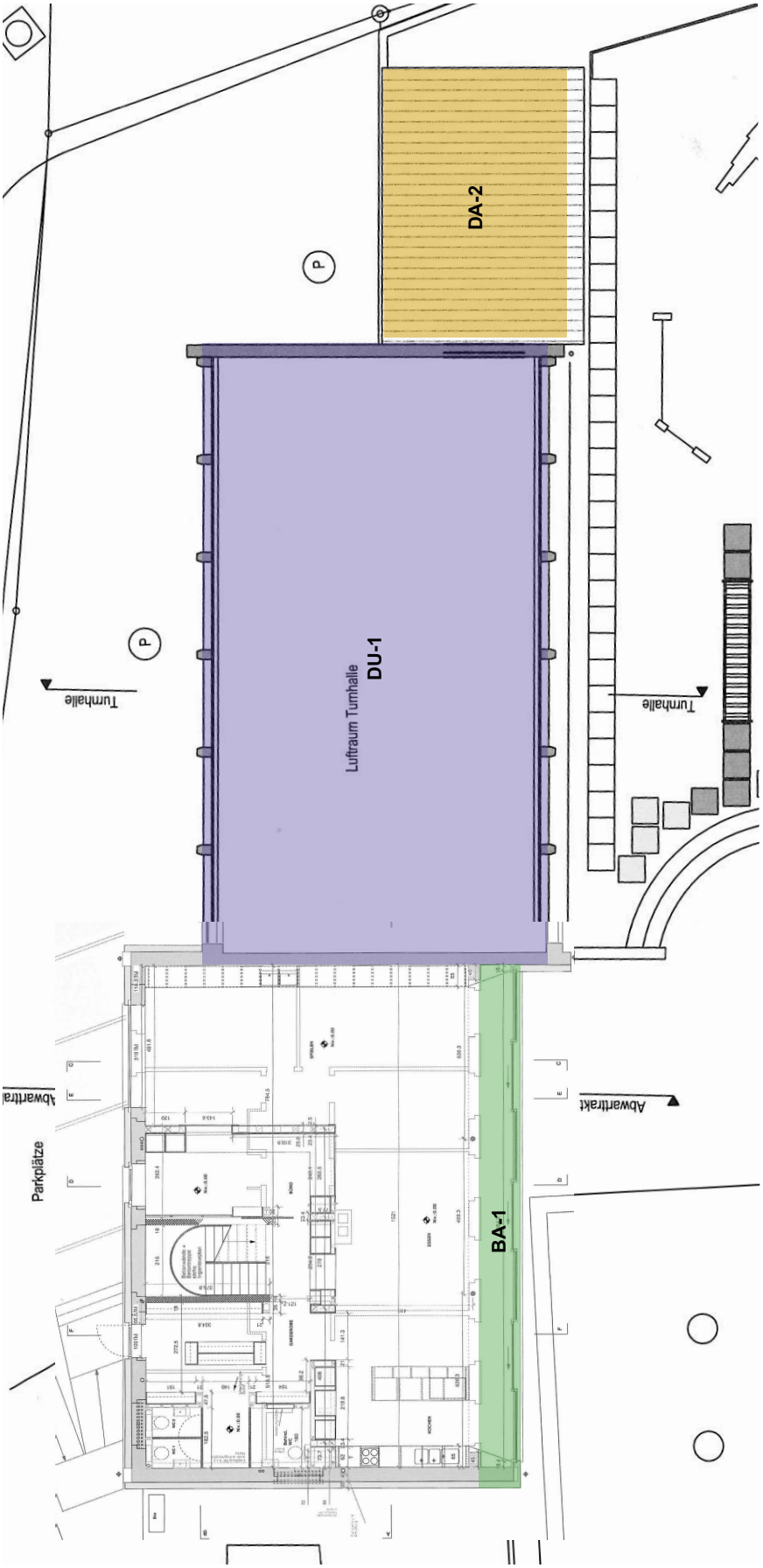


Dachgeschoss

0 1m 2m 5m 10m

Flächenauszug SIA 380/1, thermische Gebäudehülle, Grundrisse Mst. 1:200

Turnhalle, Tagesschule Horbern, Rainweg 5, 3074 Muri b. Bern
Energie hoch drei AG, Bern
25.02.2020/ mh

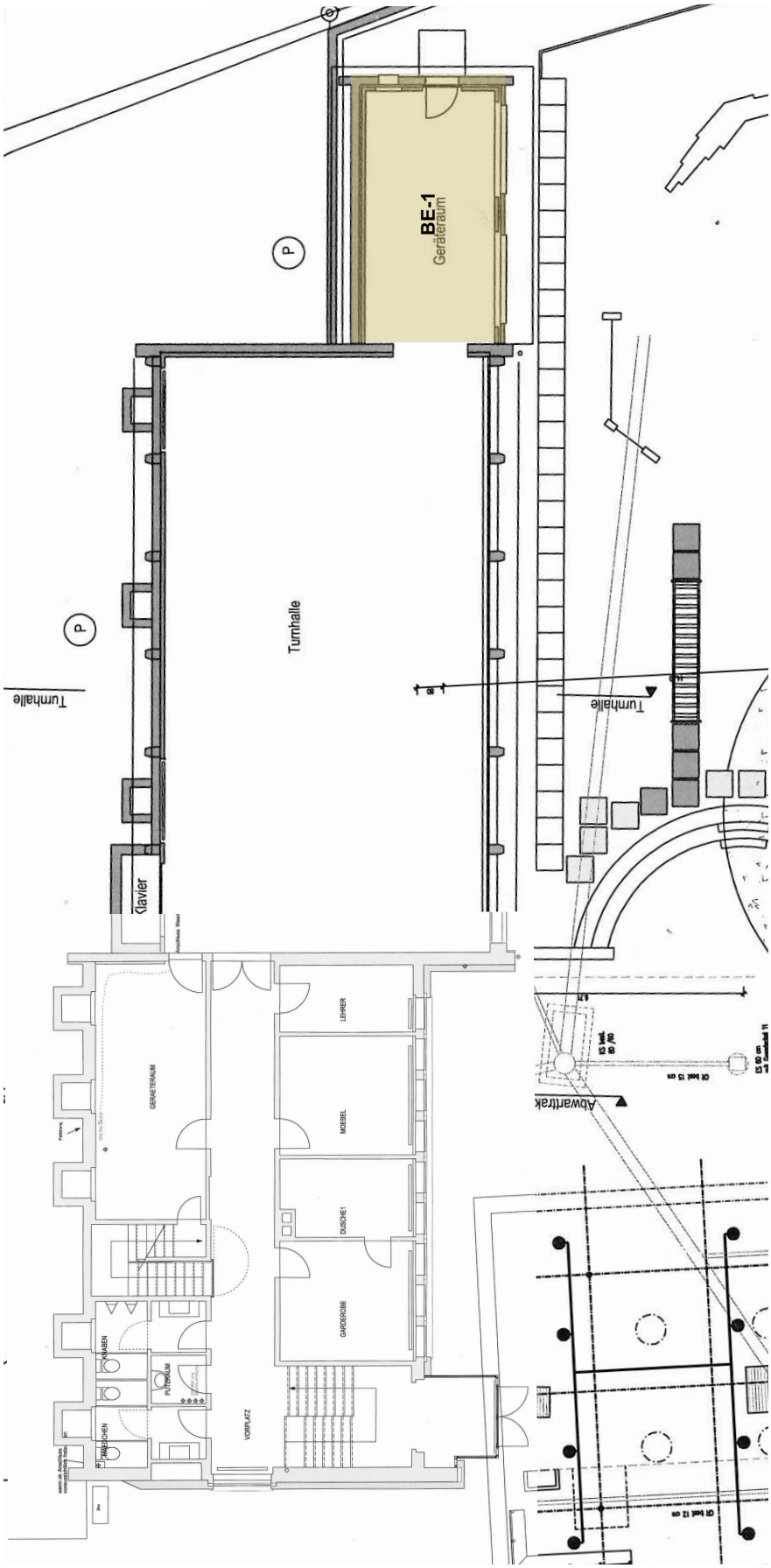


1. Obergeschoss

0 1m 2m 5m 10m

Flächenauszug SIA 380/1, thermische Gebäudehülle, Grundrisse Mst. 1:200

Turnhalle, Tagesschule Horbern, Rainweg 5, 3074 Muri b. Bern
Energie hoch drei AG, Bern
25.02.2020/ mh



Erdgeschoss

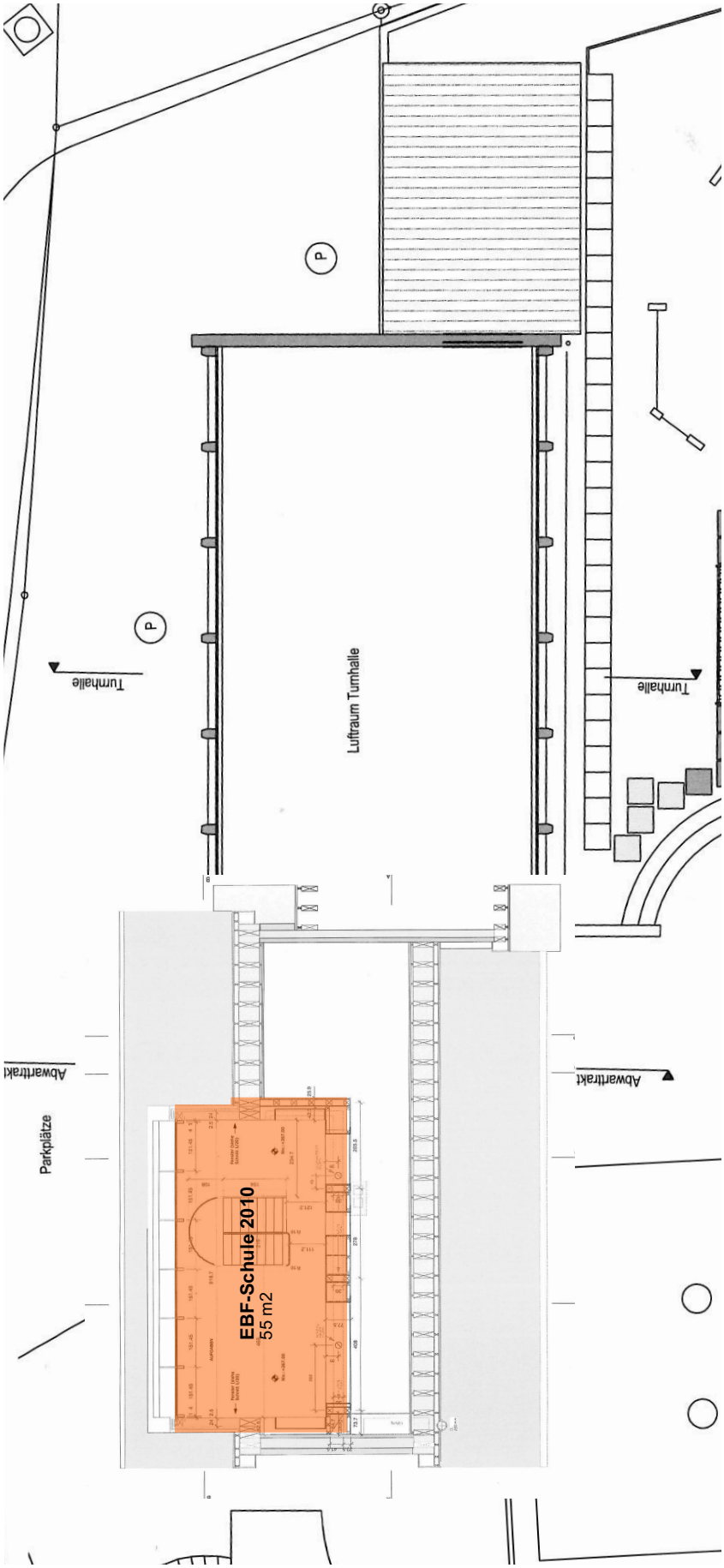
0 1m 2m 5m 10m

Flächenauszug SIA 380/1, thermische Gebäudehülle, Grundrisse Mst. 1:200

Turnhalle, Tagesschule Horbern, Rainweg 5, 3074 Muri b. Bern
Energie hoch drei AG, Bern
25.02.2020/ mh

Flächenauszug SIA 380/1, Energiebezugsfläche, Mst. 1:200

Turnhalle, Tagesschule Horbern, Rainweg 5, 3074 Muri b. Bern
Energie hoch drei AG, Bern
25.02.2020/ mh

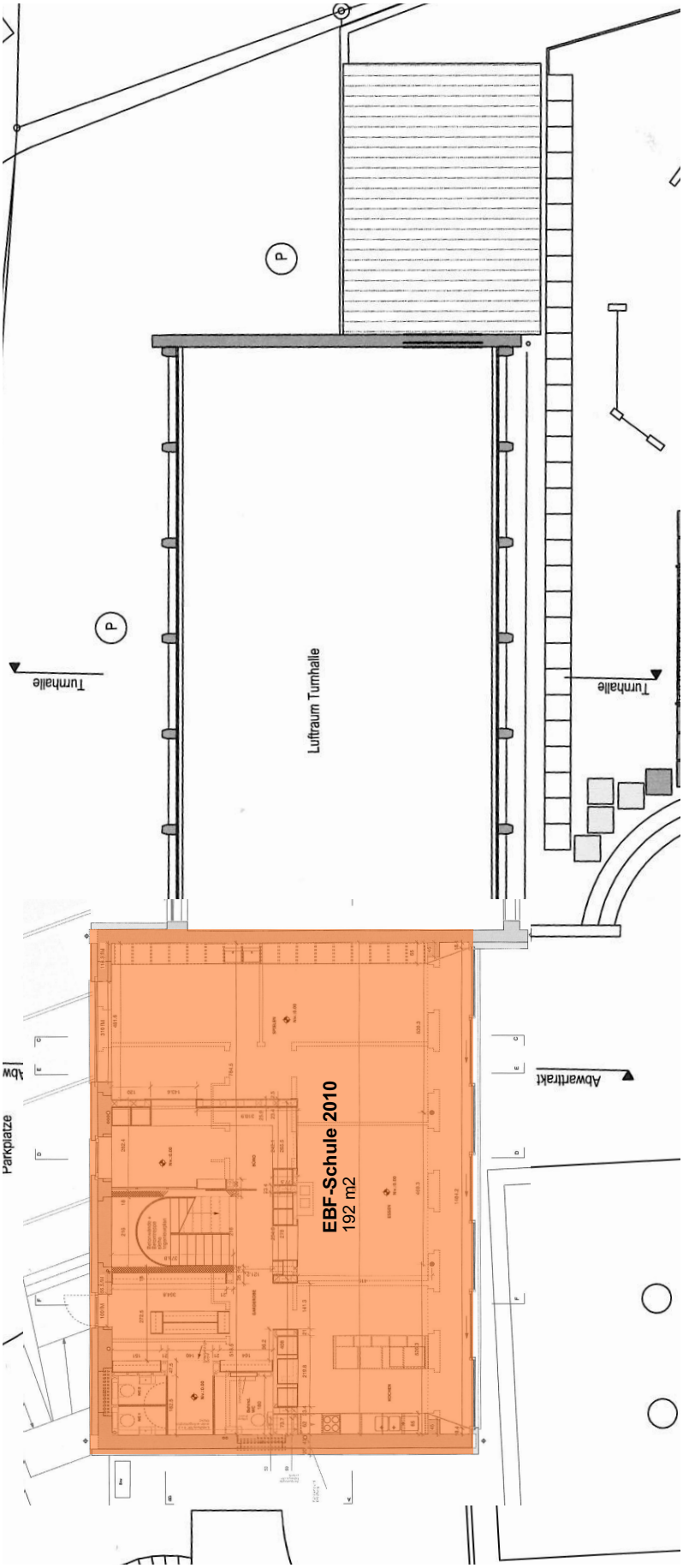


Dachgeschoss

0 1m 2m 5m 10m

Flächenauszug SIA 380/1, Energiebezugsfläche, Mst. 1:200

Turnhalle, Tagesschule Horbern, Rainweg 5, 3074 Muri b. Bern
Energie hoch drei AG, Bern
25.02.2020/ mh

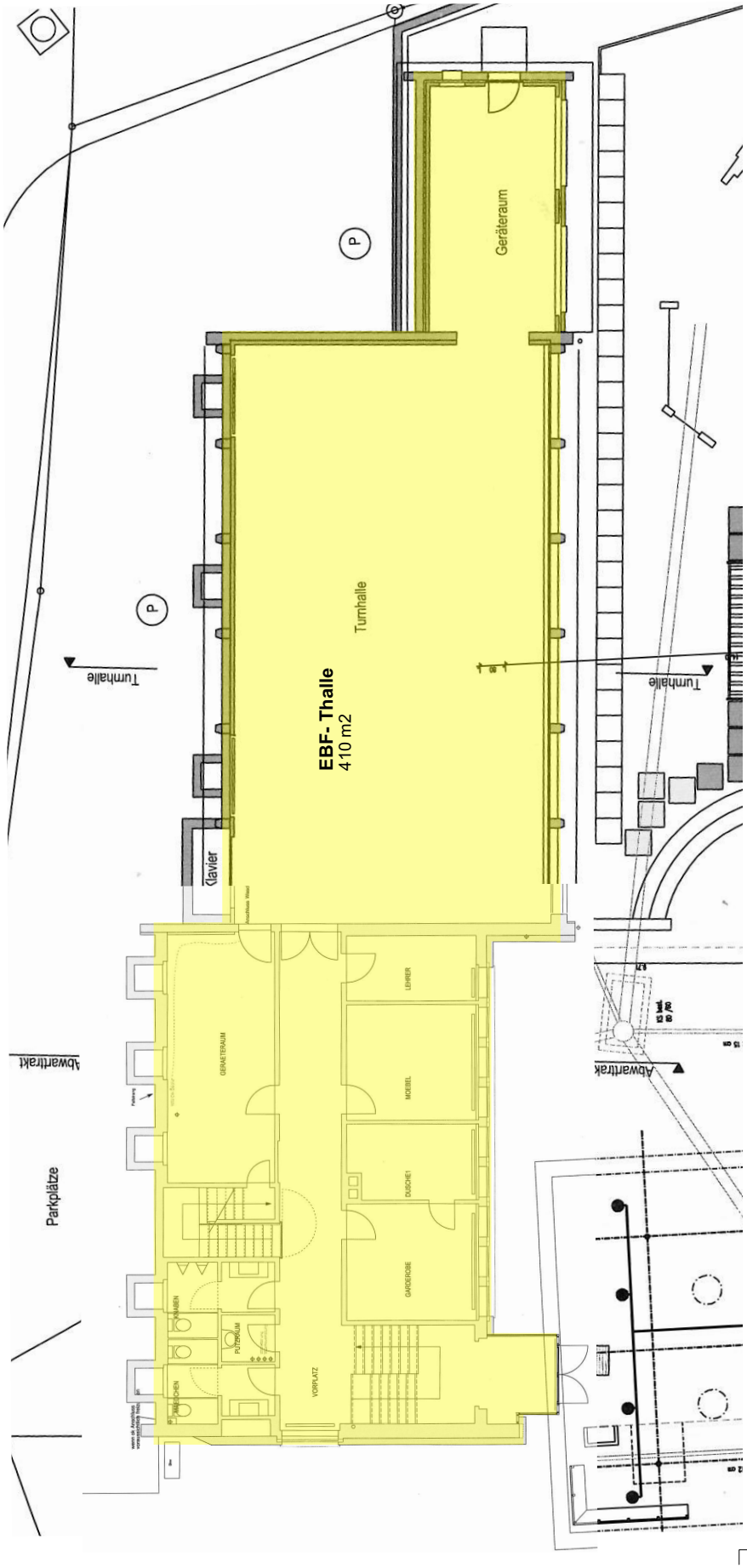


1. Obergeschoss

0 1m 2m 5m 10m

Flächenauszug SIA 380/1, Energiebezugsfläche, Mst. 1:200

Turnhalle, Tagesschule Horbern, Rainweg 5, 3074 Muri b. Bern
Energie hoch drei AG, Bern
25.02.2020/ mh

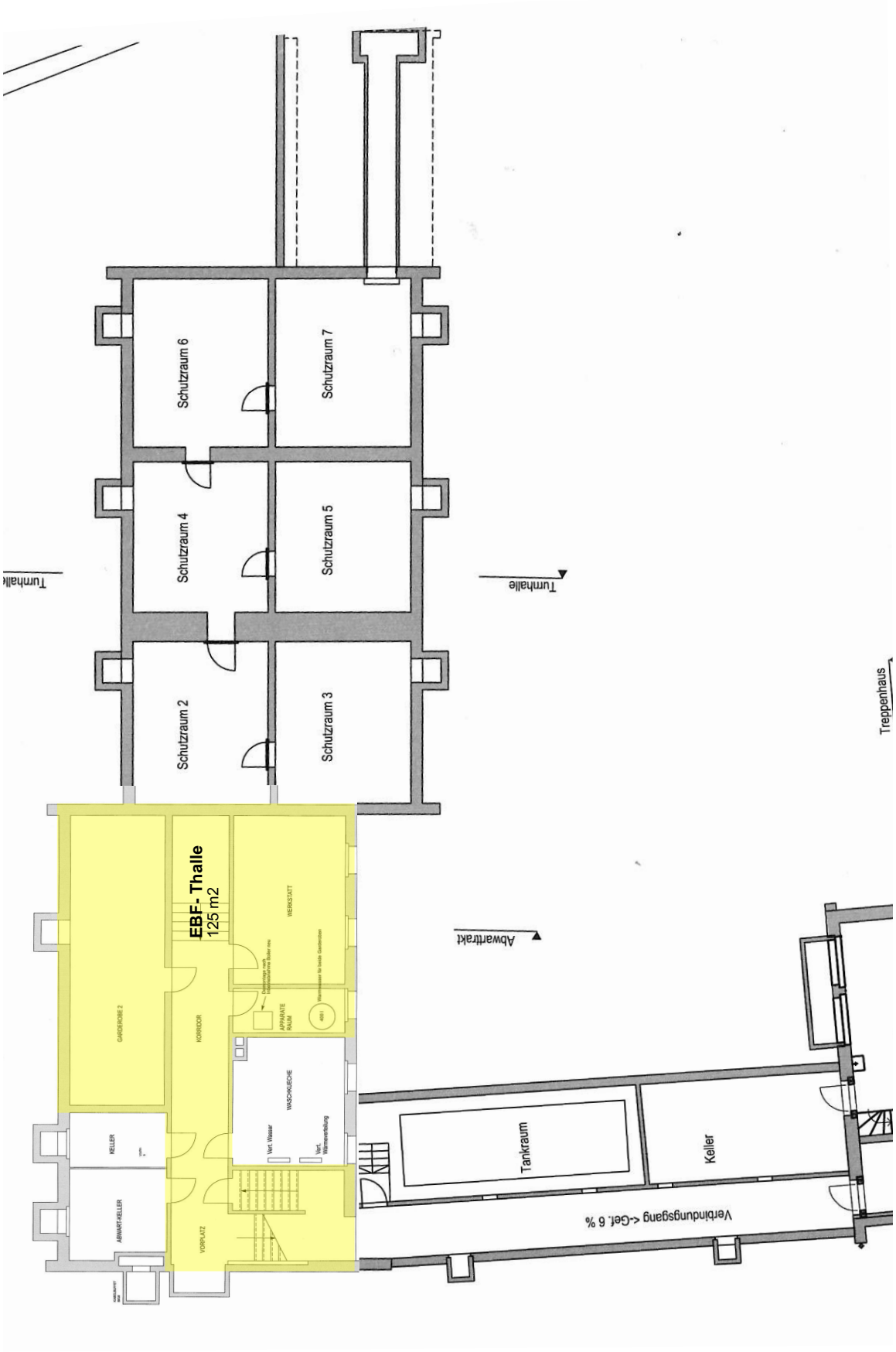


Erdgeschoss

0 1m 2m 5m 10m

Flächenauszug SIA 380/1, Energiebezugsfläche, Mst. 1:200

Turnhalle, Tagesschule Horbern, Rainweg 5, 3074 Muri b. Bern
Energie hoch drei AG, Bern
25.02.2020/ mh



Untergerschoss

0 1m 2m 5m 10m

Anhang A6 Turnhalle / Tagesschule

Bauteilaufbau, U-Werte IST

2 Seiten

U-Wert-Berechnung der Bauteile

(U=überwacht; N=nicht überwacht; S=spezifiziert) ----> **(Wetterstation)**

No	Bezeichnung:	=b	U-Wert total:		ϑ_{oi}
1	**DU-1 Estrichboden**		1.67	W/m²K	10.9 °C
			d [cm]	α / λ	R
1	Wärmeübergang innen			8	0.13
2					
3					
4	Zementmörtel		4	1.4	0.03
5	Kork, Platten, Matten (U)		1	0.047	0.21
6	Beton (Stahlbeton 2% Stahl)		20	2.5	0.08
7	Innenputz m=8		2	0.7	0.03
8					
9					
10	Wärmeübergang innen			8	0.13

No	Bezeichnung:	=b	U-Wert total:		ϑ_{oi}
2	**WA-1, Fassade TH**		0.80	W/m²K	14.5 °C
			d [cm]	α / λ	R
1	Wärmeübergang innen			8	0.13
2	Innenputz m=8		2	0.7	0.03
3	Modulbacksteine Verband		38	0.37	1.03
4	Aussenputz m=25		2	0.87	0.02
5					
6					
7					
8					
9					
10	Wärmeübergang aussen			25	0.04

No	Bezeichnung:	=b	U-Wert total:		ϑ_{oi}
3				W/m²K	
			d [cm]	α / λ	R
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					
9					
10					

No	Bezeichnung:	=b	U-Wert total:		ϑ_{oi}
4	**WA-4, SE Fassade Beton 80%**		2.09	W/m²K	9.1 °C
	Kondensation prüfen, Gk=11746 g/m2		d [cm]	α / λ	R
1	Wärmeübergang innen			8	0.13
2					
3	Kork, Platten, Matten (U)		1	0.047	0.21
4	Beton (Stahlbeton 2% Stahl)		25	2.5	0.10
5					
6					
7					
8					
9					
10	Wärmeübergang aussen			25	0.04

No	Bezeichnung:	=b	U-Wert total:		ϑ_{oi}
5	**WA-4, SE Fassade Backstein 20%**		0.97	W/m²K	13.8 °C
			d [cm]	α / λ	R
1	Wärmeübergang innen			8	0.13
2	Innenputz m=8		2	0.7	0.03
3	Modulbacksteine Verband		30	0.37	0.81
4	Aussenputz m=25		2	0.87	0.02
5					
6					
7					
8					
9					
10	Wärmeübergang aussen			25	0.04

No	Bezeichnung:	=b	U-Wert total:		ϑ_{oi}
6	**WA-6, BA-1 Fass. Tagessch. 2010**		0.15	W/m²K	17.2 °C
			d [cm]	α / λ	R
1	Wärmeübergang innen			8	0.13
2	Innenputz m=8		2	0.7	0.03
3	Modulbacksteine Verband		38	0.37	1.03
4	Aussenputz m=25		2	0.87	0.02
5	Dämmung best. homogen 0.036		20	0.036	5.56
6	Aussenputz m=25		2	0.87	0.02
7					
8					
9					
10	Wärmeübergang aussen			25	0.04

No	Bezeichnung:	=b	U-Wert total:		ϑ_{oi}
7	**WA-7, Fassade Geräteraum 1997**		0.50	W/m²K	15.7 °C
			d [cm]	α / λ	R
1	Wärmeübergang innen			8	0.13
2	Kalksandsteine, hart		12	1.7	0.07
3	Dämmung best. homogen 0.036		6	0.036	1.67
4	Kalksandsteine, hart		12	1.7	0.07
5	Aussenputz m=25		2	0.87	0.02
6					
7					
8					
9					
10	Wärmeübergang aussen			25	0.04

No	Bezeichnung:	=b	U-Wert total:		ϑ_{oi}
8	**WE-1, Wand gegen Erdreich**		1.95	W/m²K	9.7 °C
	Kondensation prüfen, Gk=1529 g/m2		d [cm]	α / λ	R
1	Wärmeübergang innen			8	0.13
2	Innenputz m=8		2	0.7	0.03
3	Modulbacksteine Einstein		12	0.44	0.27
4	Beton (Stahlbeton, 1% Stahl)		20	2.3	0.09
5					
6					
7					
8					
9					
10					

No	Bezeichnung:	=b	U-Wert total:		ϑ_{oi}
9	**WU-1, Wand g. unbeheizt**		2.21	W/m²K	8.6 °C
			d [cm]	α / λ	R
1	Wärmeübergang innen			8	0.13
2	Innenputz m=8		2	0.7	0.03
3	Beton (Stahlbeton, 1% Stahl)		40	2.3	0.17
4					
5					
6					
7					
8					
9					
10	Wärmeübergang innen			8	0.13

No	Bezeichnung:	=b	U-Wert total:		ϑ_{oi}
10	**BE-1, Boden gegen Erdreich**		3.03	W/m²K	5.2 °C
	Kondensation prüfen, Gk=1097 g/m2		d [cm]	α / λ	R
1	Wärmeübergang innen			8	0.13
2	Zementmörtel		4	1.4	0.03
3	Kork, Platten, Matten (U)		0.5	0.047	0.11
4	Beton (Stahlbeton, 1% Stahl)		16	2.3	0.07
5					
6					
7					
8					
9					
10					

No	Bezeichnung:	=b	U-Wert total:		ϑ_{oi}
11	**BU-1, Boden g. unb. Wärmebrücke**		0.95	W/m²K	13.8 °C
			d [cm]	α / λ	R
1	Wärmeübergang innen			8	0.13
2	Gummi		1	0.17	0.06
3	Kork, Platten, Matten (U)		3	0.047	0.64
4	Beton (Stahlbeton 2% Stahl)		25	2.5	0.10
5					
6					
7					
8					
9					
10	Wärmeübergang innen			8	0.13

No	Bezeichnung:	=b	U-Wert total:		ϑ_{oi}
12	**BU-2, Boden Turnhalle mit Dämp.**		0.95	W/m²K	13.8 °C
			d [cm]	α / λ	R
1	Wärmeübergang innen			8	0.13
2					
3	Gummi		1	0.17	0.06
4	Kork, Platten, Matten (U)		3	0.047	0.64
5	Beton (Stahlbeton 2% Stahl)		25	2.5	0.10
6					
7					
8					
9					
10	Wärmeübergang innen			8	0.13

No	Bezeichnung:	=b	U-Wert total:	ϑ_{oi}

No	Bezeichnung:	=b	U-Wert total:	ϑ_{oi}

13	Wände Luftschutzkeller	3.51	W/m²K	3.2 °C
		d [cm]	α / λ	R
1	Wärmeübergang innen		8	0.13
2	Beton (Stahlbeton 2% Stahl)	40	2.5	0.16
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				

14	Boden Luftschutzkeller	4.92	W/m²K	-2.7 °C
	Kondensation prüfen, Gk=2329 g/m2	d [cm]	α / λ	R
1	Wärmeübergang innen		8	0.13
2	Zementmörtel	2	1.4	0.01
3	Beton (Stahlbeton 2% Stahl)	16	2.5	0.06
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				

Fenster:

No	Bezeichnung:	=b	U-Wert:	g-Wert
15			W/m²K	

Verglasung oder Spezialfenster:

Rahmenmaterialgruppe:

No	Bezeichnung:	=b	U-Wert:	g-Wert
16			W/m²K	

Verglasung oder Spezialfenster:

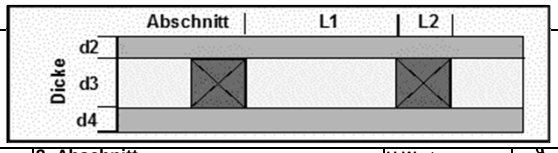
Rahmenmaterialgruppe:

Türen:

No	Bezeichnung:	=b	U-Wert total:
17			W/m²K

No	Bezeichnung:	=b	U-Wert total:
18			W/m²K

Inhomogene Bauteile:



No	Bezeichnung:	=b	U-Wert total:
19	DA-1, Dach Tageschule		0.20 W/m²K

Oberer Grenzwert Ro = 5.25

Unterer Grenzwert Ru = 4.94

Wärmedurchgangswiderstrand Rtot = 5.09 m2K/W

1. Abschnitt		U-Wert:		ϑoi
Länge des Abschnittes L1	80 %	0.15	W/m²K	17.2 °C
		d [cm]	α / λ	R
1	Wärmeübergang innen		8	0.13
2	Dämmung neu 0.032 mit 10% Holzanteil	3	0.042	0.71
3	isofloc LM, isofloc L, isofloc FIP, Swissfloc	22	0.038	5.79
4	fichte	1.5	0.13	0.12
5				
6				
7				
8				
9	Fassade, hinterlüftet		12.5	0.08
10				

2. Abschnitt		U-Wert:		ϑoi
Länge des Abschnittes L2	20 %	0.37	W/m²K	16.3 °C
		d [cm]	α / λ	R
1	Wärmeübergang innen		8	0.13
2	Dämmung neu 0.032 mit 10% Holzanteil	3	0.042	0.71
3	fichte	22	0.13	1.69
4	fichte	1.5	0.13	0.12
5				
6				
7				
8				
9	Fassade, hinterlüftet		12.5	0.08
10				

No	Bezeichnung:	=b	U-Wert total:
20	DA-2, Dach Geräteraum 1997		0.39 W/m²K

Oberer Grenzwert Ro = 2.63 Unterer Grenzwert Ru = 2.51

Wärmedurchgangswiderstrand Rtot = 2.57 m2K/W

1. Abschnitt		U-Wert:		ϑoi
Länge des Abschnittes L1	80 %	0.27	W/m²K	16.7 °C
		d [cm]	α / λ	R
1	Wärmeübergang innen		8	0.13
2	fichte	1.5	0.13	0.12
3	Dämmung best. homogen 0.036	12	0.036	3.33
4				
5				
6				
7				
8				
9	Fassade, hinterlüftet		12.5	0.08
10				

2. Abschnitt		U-Wert:		ϑoi
Länge des Abschnittes L2	20 %	0.80	W/m²K	14.5 °C
		d [cm]	α / λ	R
1	Wärmeübergang innen		8	0.13
2	fichte	1.5	0.13	0.12
3	Fichte	12	0.13	0.92
4				
5				
6				
7				
8				
9	Fassade, hinterlüftet		12.5	0.08
10				

No	Bezeichnung:	=b	U-Wert total:
21			W/m²K

Oberer Grenzwert Ro = Unterer Grenzwert Ru =

Wärmedurchgangswiderstrand Rtot =

1. Abschnitt		U-Wert:		ϑoi
Länge des Abschnittes L1	%		W/m²K	
		d [cm]	α / λ	R
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				

2. Abschnitt		U-Wert:		ϑoi
Länge des Abschnittes L2	%		W/m²K	
		d [cm]	α / λ	R
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				

Konstruktionen:

		U-Wert W/m2K	b-Wert
22	BU-1 mit b Faktor	0.95	0.40
23	BU-2 mit b Faktor	0.95	0.40
24	BE-1 mit b Faktor	3.03	0.19
25	WE-1 mit b-Faktor	1.95	0.34
26	WA-4 Mittelwert	1.86913	

		U-Wert W/m2K	b-Wert
27			
28			
29			
30			
31			

Anhang A7 Turnhalle / Tagesschule

Bauteilaufbau, U-Werte SOLL (Variante V2)

2 Seiten

U-Wert-Berechnung der Bauteile

(U=überwacht; N=nicht überwacht; S=spezifiziert) ----> **(Wetterstation)**

No	Bezeichnung:	=b	U-Wert total:		ϑ_{oi}
1	**DU-1 Estrichboden**		0.16	W/m²K	17.1 °C
			d [cm]	α / λ	R
1	Wärmeübergang innen			8	0.13
2				0	0.00
3	NEU Dämmung homogen 0.036		20	0.036	5.56
4	Zementmörtel		4	1.4	0.03
5	Kork, Platten, Matten (U)		1	0.047	0.21
6	Beton (Stahlbeton 2% Stahl)		20	2.5	0.08
7	Innenputz m=8		2	0.7	0.03
8				0	0.00
9				0.0	0.00
10	Wärmeübergang innen			8	0.13

No	Bezeichnung:	=b	U-Wert total:		ϑ_{oi}
2	**WA-1, Fassade TH**		0.15	W/m²K	17.2 °C
			d [cm]	α / λ	R
1	Wärmeübergang innen			8	0.13
2	Innenputz m=8		2	0.7	0.03
3	Modulbacksteine Verband		38	0.37	1.03
4	Aussenputz m=25		2	0.87	0.02
5	NEU Dämmung homogen 0.036		20	0.036	5.56
6	Aussenputz m=25		2	0.87	0.02
7				0	0.00
8				0	0.00
9				0	0.00
10	Wärmeübergang aussen			25	0.04

No	Bezeichnung:	=b	U-Wert total:		ϑ_{oi}
3				W/m²K	
			d [cm]	α / λ	R
1				0	0.00
2				0	0.00
3				0	0.00
4				0	0.00
5				0	0.00
6				0	0.00
7				0	0.00
8				0	0.00
9				0	0.00
10				0	0.00

No	Bezeichnung:	=b	U-Wert total:		ϑ_{oi}
4	**WA-4, SE Fassade Beton 80%**		0.31	W/m²K	16.6 °C
			d [cm]	α / λ	R
1	Wärmeübergang innen			8	0.13
2				0	0.00
3	Kork, Platten, Matten (U)		1	0.047	0.21
4	Beton (Stahlbeton 2% Stahl)		25	2.5	0.10
5	NEU Dämmung homogen 0.036		10	0.036	2.78
6	Aussenputz m=25		2	0.87	0.02
7				0	0.00
8				0	0.00
9				0	0.00
10	Wärmeübergang aussen			25	0.04

No	Bezeichnung:	=b	U-Wert total:		ϑ_{oi}
5	**WA-4, SE Fassade Backstein 20%**		0.15	W/m²K	17.2 °C
			d [cm]	α / λ	R
1	Wärmeübergang innen			8	0.13
2	Innenputz m=8		2	0.7	0.03
3	Modulbacksteine Verband		30	0.37	0.81
4	Aussenputz m=25		2	0.87	0.02
5	NEU Dämmung homogen 0.036		20	0.036	5.56
6	Aussenputz m=25		2	0.87	0.02
7				0	0.00
8				0	0.00
9				0	0.00
10	Wärmeübergang aussen			25	0.04

No	Bezeichnung:	=b	U-Wert total:		ϑ_{oi}
6	**WA-6, BA-1 Fass. Tagessch. 2010**		0.15	W/m²K	17.2 °C
			d [cm]	α / λ	R
1	Wärmeübergang innen			8	0.13
2	Innenputz m=8		2	0.7	0.03
3	Modulbacksteine Verband		38	0.37	1.03
4	Aussenputz m=25		2	0.87	0.02
5	Dämmung best. homogen 0.036		20	0.036	5.56
6	Aussenputz m=25		2	0.87	0.02
7				0	0.00
8				0	0.00
9				0	0.00
10	Wärmeübergang aussen			25	0.04

No	Bezeichnung:	=b	U-Wert total:		ϑ_{oi}
7	**WA-7, Fassade Geräteraum 1997**		0.50	W/m²K	15.7 °C
			d [cm]	α / λ	R
1	Wärmeübergang innen			8	0.13
2	Kalksandsteine, hart		12	1.7	0.07
3	Dämmung best. homogen 0.036		6	0.036	1.67
4	Kalksandsteine, hart		12	1.7	0.07
5	Aussenputz m=25		2	0.87	0.02
6				0	0.00
7				0	0.00
8				0	0.00
9				0	0.00
10	Wärmeübergang aussen			25	0.04

No	Bezeichnung:	=b	U-Wert total:		ϑ_{oi}
8	**WE-1, Wand gegen Erdreich**		2.35	W/m²K	8.1 °C
			d [cm]	α / λ	R
1	Wärmeübergang innen			8	0.13
2	Innenputz m=8		2	0.7	0.03
3	Modulbacksteine Einstein		12	0.44	0.27
4				0	0.00
5				0	0.00
6				0	0.00
7				0	0.00
8				0	0.00
9				0	0.00
10				0	0.00

No	Bezeichnung:	=b	U-Wert total:		ϑ_{oi}
9	**WU-1, Wand g. unbeheizt**		0.23	W/m²K	16.9 °C
			d [cm]	α / λ	R
1	Wärmeübergang innen			8	0.13
2	Innenputz m=8		2	0.7	0.03
3	Beton (Stahlbeton, 1% Stahl)		40	2.3	0.17
4	NEU Dämmung homogen 0.036		14	0.036	3.89
5				0	0.00
6				0	0.00
7				0	0.00
8				0	0.00
9				0	0.00
10	Wärmeübergang innen			8	0.13

No	Bezeichnung:	=b	U-Wert total:		ϑ_{oi}
10	**BE-1, Boden gegen Erdreich**		3.03	W/m²K	5.2 °C
Kondensation prüfen, Gk=1097 g/m2			d [cm]	α / λ	R
1	Wärmeübergang innen			8	0.13
2	Zementmörtel		4	1.4	0.03
3	Kork, Platten, Matten (U)		0.5	0.047	0.11
4	Beton (Stahlbeton, 1% Stahl)		16	2.3	0.07
5				0	0.00
6				0	0.00
7				0	0.00
8				0	0.00
9				0	0.00
10				0	0.00

No	Bezeichnung:	=b	U-Wert total:		ϑ_{oi}
11	**BU-1, Boden g. unb. Wärmebrücke**		0.95	W/m²K	13.8 °C
			d [cm]	α / λ	R
1	Wärmeübergang innen			8	0.13
2	Gummi		1	0.17	0.06
3	Kork, Platten, Matten (U)		3	0.047	0.64
4	Beton (Stahlbeton 2% Stahl)		25	2.5	0.10
5				0	0.00
6				0	0.00
7				0	0.00
8				0	0.00
9				0	0.00
10	Wärmeübergang innen			8	0.13

No	Bezeichnung:	=b	U-Wert total:		ϑ_{oi}
12	**BU-2, Boden Turnhalle mit Dämp.**		0.20	W/m²K	17 °C
			d [cm]	α / λ	R
1	Wärmeübergang innen			8	0.13
2				0	0.00
3	Gummi		1	0.17	0.06
4	Kork, Platten, Matten (U)		3	0.047	0.64
5	Beton (Stahlbeton 2% Stahl)		25	2.5	0.10
6	NEU Dämmung homogen 0.036		14	0.036	3.89
7				0	0.00
8				0	0.00
9				0	0.00
10	Wärmeübergang innen			8	0.13

No	Bezeichnung:	=b	U-Wert total:	ϑ_{oi}

No	Bezeichnung:	=b	U-Wert total:	ϑ_{oi}

13	Wände Luftschutzkeller	3.51	W/m²K	3.2 °C
		d [cm]	α / λ	R
1	Wärmeübergang innen		8	0.13
2	Beton (Stahlbeton 2% Stahl)	40	2.5	0.16
3			0	0.00
4			0	0.00
5			0	0.00
6			0	0.00
7			0	0.00
8			0	0.00
9			0	0.00
10			0.00	0.00

14	Boden Luftschutzkeller	4.92	W/m²K	-2.7 °C
	Kondensation prüfen, Gk=2329 g/m2	d [cm]	α / λ	R
1	Wärmeübergang innen		8	0.13
2	Zementmörtel	2	1.4	0.01
3	Beton (Stahlbeton 2% Stahl)	16	2.5	0.06
4			0	0.00
5			0	0.00
6			0	0.00
7			0	0.00
8			0	0.00
9			0	0.00
10			0	0.00

Fenster:

No	Bezeichnung:	=b	U-Wert: W/m²K	g-Wert
15				

Verglasung oder Spezialfenster:

Rahmenmaterialgruppe:

No	Bezeichnung:	=b	U-Wert: W/m²K	g-Wert
16				

Verglasung oder Spezialfenster:

Rahmenmaterialgruppe:

Türen:

No	Bezeichnung:	=b	U-Wert total: W/m²K	
17				

No	Bezeichnung:	=b	U-Wert total: W/m²K	
18				

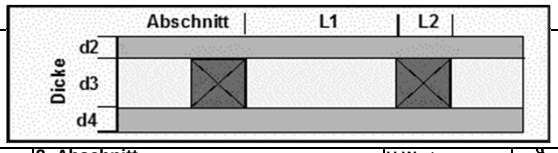
Inhomogene Bauteile:

No	Bezeichnung:	=b	U-Wert total:	
19	DA-1, Dach Tageschule		0.20	W/m²K

Oberer Grenzwert Ro = 5.25

Unterer Grenzwert Ru = 4.94

Wärmedurchgangswiderstrand Rtot = 5.09 m2K/W



1. Abschnitt		U-Wert:		ϑoi
Länge des Abschnittes L1	80 %	0.15	W/m²K	17.2 °C
		d [cm]	α / λ	R
1	Wärmeübergang innen		8	0.13
2	Dämmung neu 0.032 mit 10% Holzanteil	3	0.042	0.71
3	isofloc LM, isofloc L, isofloc FIP, Swissfloc	22	0.038	5.79
4	fichte	1.5	0.13	0.12
5			0	0.00
6			0	0.00
7			0	0.00
8			0	0.00
9	Fassade, hinterlüftet		12.5	0.08
10			0	0.00

2. Abschnitt		U-Wert:		ϑoi
Länge des Abschnittes L2	20 %	0.37	W/m²K	16.3 °C
		d [cm]	α / λ	R
1	Wärmeübergang innen		8	0.13
2	Dämmung neu 0.032 mit 10% Holzanteil	3	0.042	0.71
3	fichte	22	0.13	1.69
4	fichte	1.5	0.13	0.12
5		0	0	0.00
6		0	0	0.00
7		0	0	0.00
8		0	0	0.00
9	Fassade, hinterlüftet		12.5	0.08
10			0	0.00

No	Bezeichnung:	=b	U-Wert total:	
20	DA-2, Dach Geräteraum 1997		0.39	W/m²K

Oberer Grenzwert Ro = 2.63 Unterer Grenzwert Ru = 2.51

Wärmedurchgangswiderstrand Rtot = 2.57 m2K/W

1. Abschnitt		U-Wert:		ϑoi
Länge des Abschnittes L1	80 %	0.27	W/m²K	16.7 °C
		d [cm]	α / λ	R
1	Wärmeübergang innen		8	0.13
2	fichte	1.5	0.13	0.12
3	Dämmung best. homogen 0.036	12	0.036	3.33
4			0	0.00
5			0	0.00
6			0	0.00
7			0	0.00
8			0	0.00
9	Fassade, hinterlüftet		12.5	0.08
10			0	0.00

2. Abschnitt		U-Wert:		ϑoi
Länge des Abschnittes L2	20 %	0.80	W/m²K	14.5 °C
		d [cm]	α / λ	R
1	Wärmeübergang innen		8	0.13
2	fichte	1.5	0.13	0.12
3	Fichte	12	0.13	0.92
4		0	0	0.00
5		0	0	0.00
6		0	0	0.00
7		0	0	0.00
8		0	0	0.00
9	Fassade, hinterlüftet		12.5	0.08
10			0	0.00

No	Bezeichnung:	=b	U-Wert total:	
21				W/m²K

Oberer Grenzwert Ro = Unterer Grenzwert Ru =

Wärmedurchgangswiderstrand Rtot =

1. Abschnitt		U-Wert:		ϑoi
Länge des Abschnittes L1	%	0.00	W/m²K	
		d [cm]	α / λ	R
1			0	0.00
2			0	0.00
3			0	0.00
4			0	0.00
5			0	0.00
6			0	0.00
7			0	0.00
8			0	0.00
9			0	0.00
10			0	0.00

2. Abschnitt		U-Wert:		ϑoi
Länge des Abschnittes L2	0 %	0.00	W/m²K	
		d [cm]	α / λ	R
1			0	0.00
2		0	0	0.00
3		0	0	0.00
4		0	0	0.00
5		0	0	0.00
6		0	0	0.00
7		0	0	0.00
8		0	0	0.00
9			0	0.00
10			0	0.00

Konstruktionen:

		U-Wert W/m2K	b-Wert
22	BU-1 mit b Faktor	0.95	0.40
23	BU-2 mit b Faktor	0.20	0.76
24	BE-1 mit b Faktor	3.03	0.19
25	WE-1 mit b-Faktor	2.35	0.34
26	WA-4 Mittelwert	0.27429	

		U-Wert W/m2K	b-Wert
27			
28			
29			
30			
31			

Anhang A8 Photovoltaikanlage

Ertragsberechnung

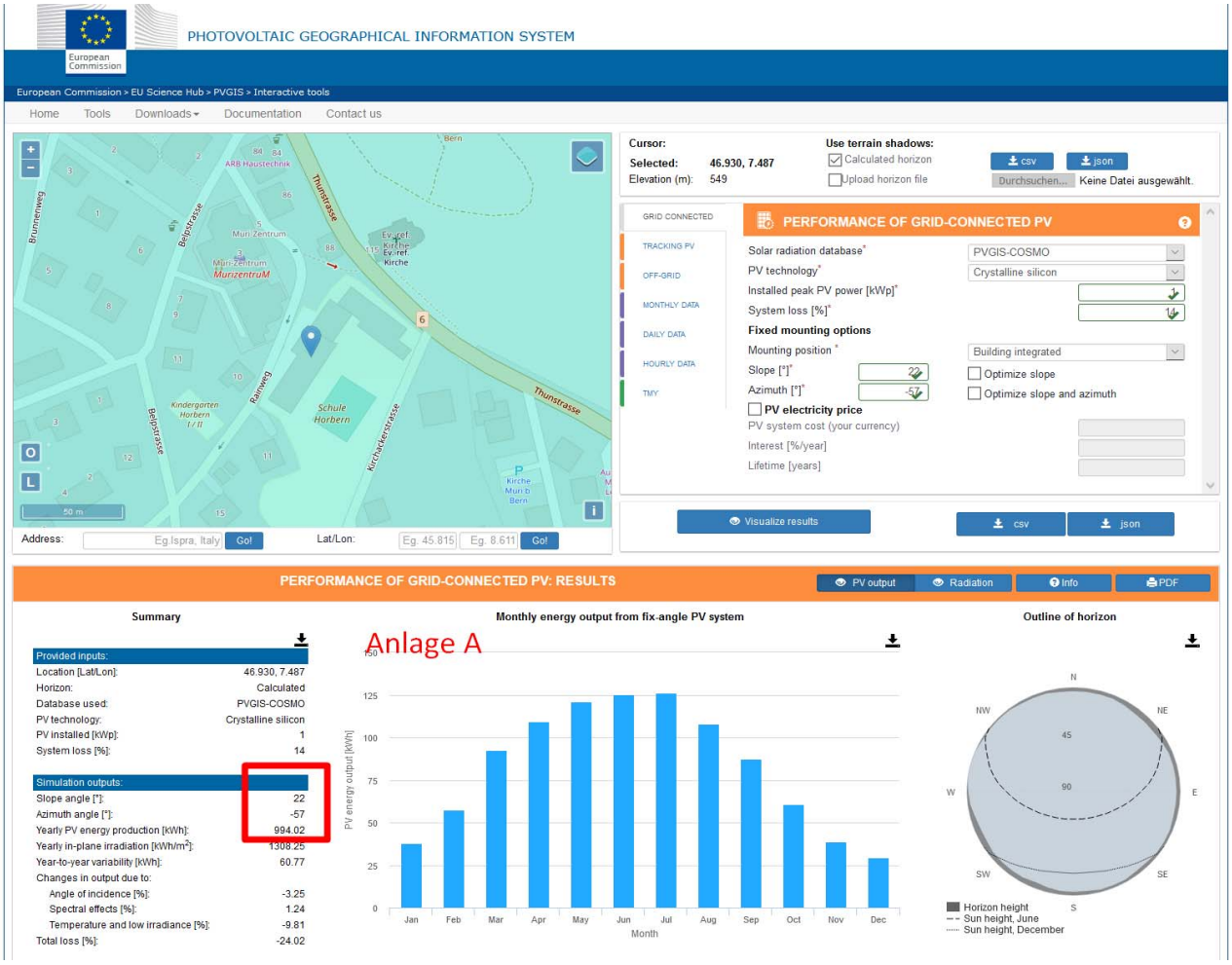
2 Seiten

Ertragsberechnung Photovoltaikanlage
Schulanlage Horbern Muri
Energie hoch drei AG 31.8.2020/mh

Bezeichung	Ausrichtung PV Module	Neigung Module	Fläche	Leistung kWp/m2	Leistung Anlage	Ertrag /KWp gem. PV Gis *	Ertrag/ Jahr
			m2	kWp/m2	kWp	kWh/kWp	kWh/a
Anlage A Schulhaus SE Dach	SE	22°	340	0.180	61.2	994	60'833
Anlage B Schulhaus NW Dach	NW	22°	406	0.180	73.08	789	57'660
Anlage C Turnhalle SW Dach (ohne Tagesschule)	SW	22°	140	0.180	25.2	1036	26'107
Anlage D Turnhalle NE Dach (ohne Tagesschule)	NE	22°	140	0.180	25.2	751	18'925
Total			**1026**		**184.7**	**885**	**163'525**

*Details siehe PV-Gis

Online Ertragsrechner PV-Gis:



PERFORMANCE OF GRID-CONNECTED PV: RESULTS

PV output | Radiation | Info | PDF

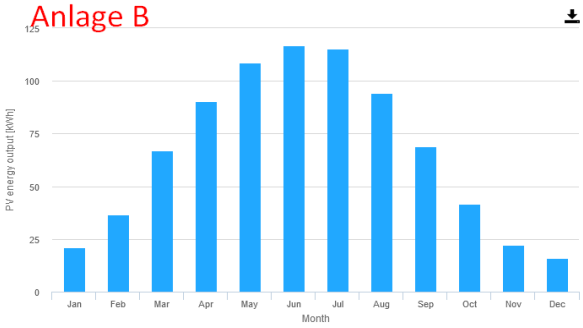
Summary

Provided inputs:	
Location [Lat/Lon]:	46.930, 7.487
Horizon:	Calculated
Database used:	PVGIS-COSMO
PV technology:	Crystalline silicon
PV installed [kWp]:	1
System loss [%]:	14

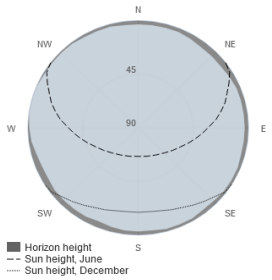
Simulation outputs:	
Slope angle [°]:	22
Azimuth angle [°]:	123
Yearly PV energy production [kWh]:	798.77
Yearly in-plane irradiation [kWh/m²]:	1068.11
Year-to-year variability [kWh]:	40.59
Changes in output due to:	
Angle of incidence [%]:	-4.69
Spectral effects [%]:	1.14
Temperature and low irradiance [%]:	-9.79
Total loss [%]:	-25.22

Monthly energy output from fix-angle PV system

Anlage B



Outline of horizon



PERFORMANCE OF GRID-CONNECTED PV: RESULTS

PV output | Radiation | Info | PDF

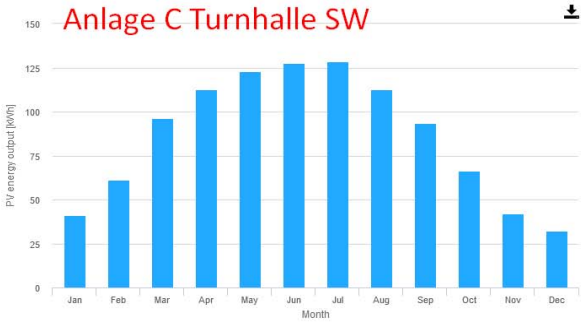
Summary

Provided inputs:	
Location [Lat/Lon]:	46.930, 7.487
Horizon:	Calculated
Database used:	PVGIS-COSMO
PV technology:	Crystalline silicon
PV installed [kWp]:	1
System loss [%]:	14

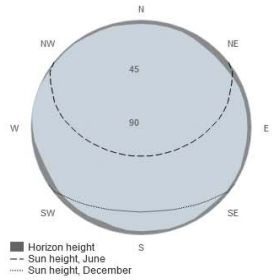
Simulation outputs:	
Slope angle [°]:	22
Azimuth angle [°]:	40
Yearly PV energy production [kWh]:	1036.64
Yearly in-plane irradiation [kWh/m²]:	1362.57
Year-to-year variability [kWh]:	68.15
Changes in output due to:	
Angle of incidence [%]:	-3.01
Spectral effects [%]:	1.26
Temperature and low irradiance [%]:	-9.93
Total loss [%]:	-23.92

Monthly energy output from fix-angle PV system

Anlage C Turnhalle SW



Outline of horizon



PERFORMANCE OF GRID-CONNECTED PV: RESULTS

PV output | Radiation | Info | PDF

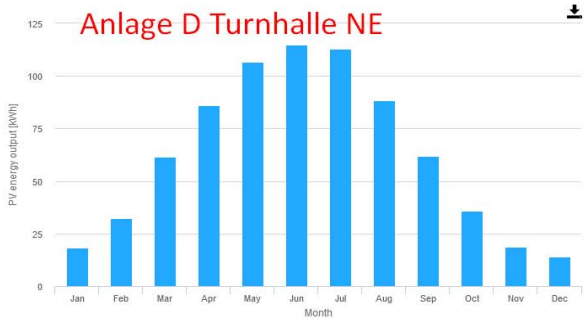
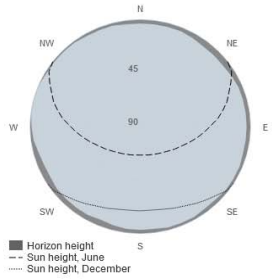
Summary

Provided inputs:	
Location [Lat/Lon]:	46.930, 7.487
Horizon:	Calculated
Database used:	PVGIS-COSMO
PV technology:	Crystalline silicon
PV installed [kWp]:	1
System loss [%]:	14

Simulation outputs:	
Slope angle [°]:	22
Azimuth angle [°]:	-140
Yearly PV energy production [kWh]:	751.38
Yearly in-plane irradiation [kWh/m²]:	1009.71
Year-to-year variability [kWh]:	33.47
Changes in output due to:	
Angle of incidence [%]:	-5.25
Spectral effects [%]:	1.11
Temperature and low irradiance [%]:	-9.68
Total loss [%]:	-25.58

Monthly energy output from fix-angle PV system

Anlage D Turnhalle NE



Outline of horizon