

FALLSTUDIE

PERSONALHÄUSER TRIEMLISPITAL



PROJEKT

Personalhäuser Triemlispital

ARCHITEKTUR

Architektengemeinschaft:
Ernst Schindler, Rudolf Joss,
Helmut Rauber, Roland Rohn,
Rolf Hässig, Erwin Müller

TYPOLOGIE

Wohnen

BAUJAHR

Erstellung: 1963-69
Sanierung: 1990er

ZIELE

- *Sanierung*
Umfassende Sanierung der Gebäudehülle
- *Stromproduktion*
Dachfläche und Fassadenfläche für die Stromproduktion
- *Geothermie*
Erdsondenfeld zur Deckung der gesamten Heizwärme und des Warmwasserbedarfs

I. AUSGANGSLAGE

- ▶ Standort
- ▶ Impressionen (Fotos)
- ▶ Pläne

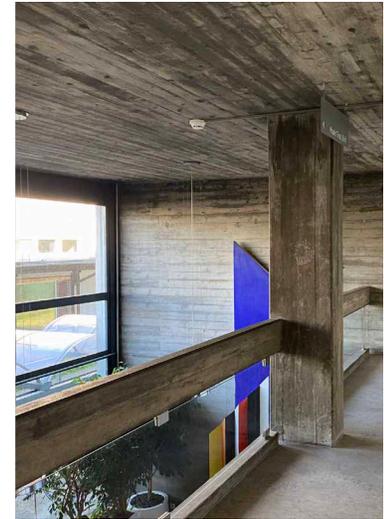
STANDORT

Birmensdorferstrasse 489,
8063 Stadt (CH)



IMPRESSIONEN

Die drei fast identischen Personalhochhäuser des Triemlispitals stehen gestaffelt auf einem Sockelgeschoss. Die Landschaftsräume fließen um die Gebäude und sind von einem Wegnetz durchzogen sowie von einer Hügellandschaft geprägt. Das Areal soll mit seinen Grünräumen einen direkten Bezug zum Wald des Üetlibergs bilden. Die Innenräume sind spärlich ausgestattet.¹

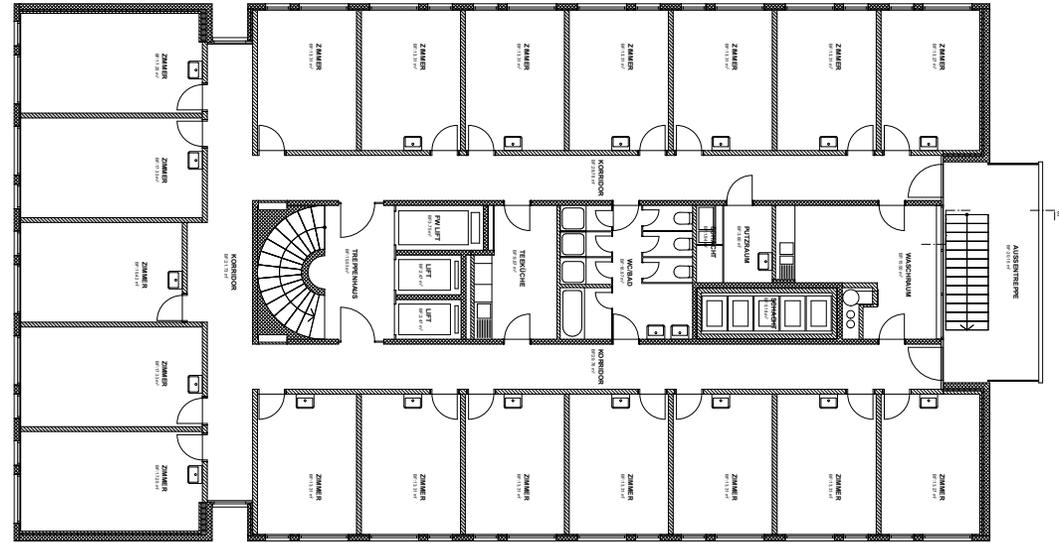


GRUNDRISSE

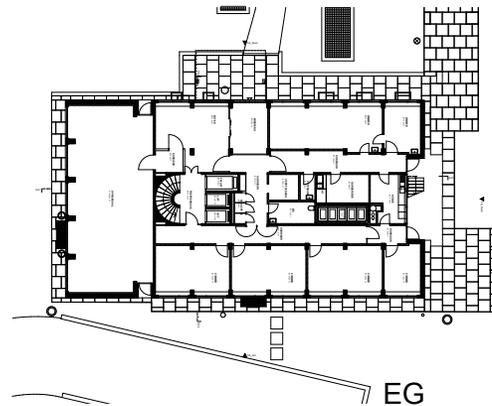
Die Decken und Wände der Gebäudekerne, inklusive umlaufender Korridore sind in Ortbetonbauweise ausgebildet. Um die Kerne sind die Zimmer angeordnet. Die tragenden Zwischenwände aus vorgefertigtem Mauerwerk stützen die als verlorene Schalung verwendeten vorgespannten Halbfertigteildecken.

Die Gebäude sind aufgrund ihrer Konstruktionsweise im Allbetonverfahren im Hinblick auf mögliche Grundrissänderungen hochgradig unflexibel und lassen deshalb eine Nutzungsänderung nur bedingt zu.¹

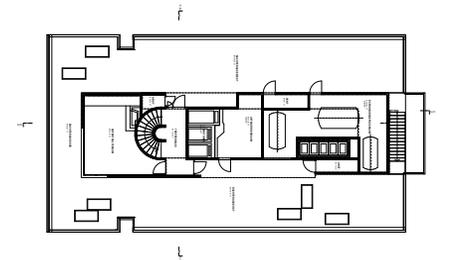
Da die Türme nahezu identisch sind, schaue ich mir in dieser Fallstudie nur einen Turm genauer an.



GR 2 OG-14 OG



EG



DG

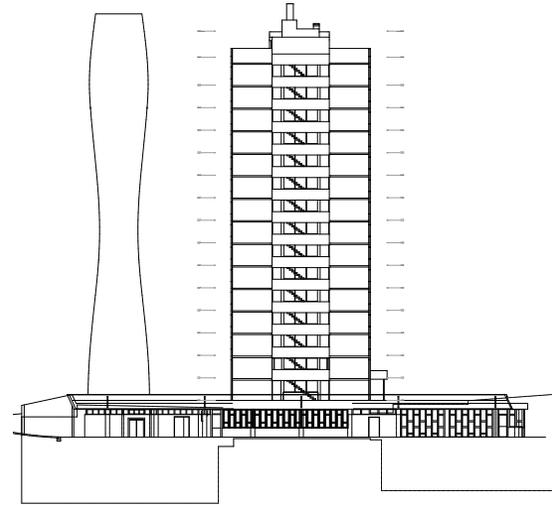


FASSADEN

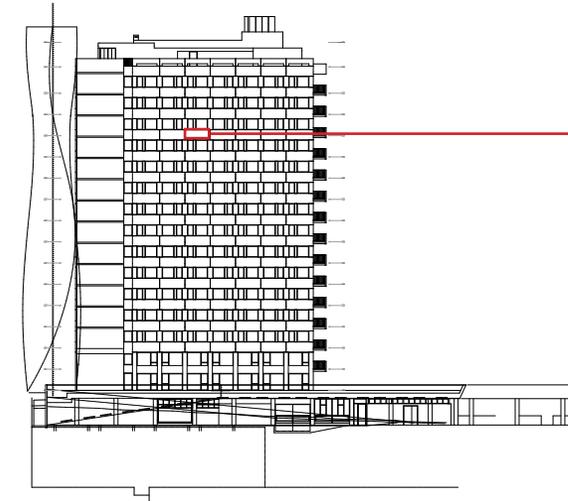
Die Fassade besteht aus vorgefertigten Stahlbetonplatten, die jeweils zwei Geschosse miteinander verbinden. Dazwischen liegt ein Fensterband.

Die Fassade ist selbsttragend, somit besteht die Möglichkeit, das Fassadenbild zu transformieren.

Dank der neuen Schattenwurf Regel, die am 1. 8. 2021 in Kraft trat, ist nun wieder mehr Wohnnutzung in den Personalhochhäuser möglich.¹

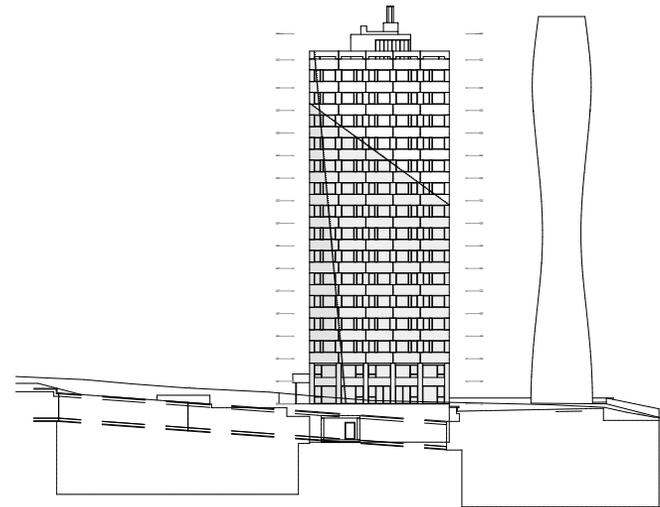


Nordfassade

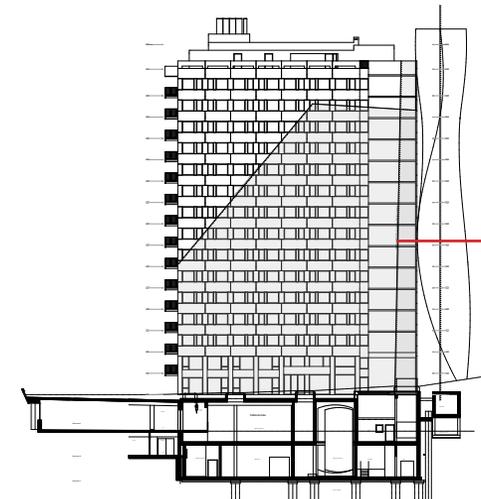


Ostfassade

Vorgefertigte Stahlbetonplatten, die jeweils über die Geschosdecken laufen.



Südfassade



Westfassade

Dank der neuen Schattenwurf Regel ist nun wieder (fast) überall Wohnen möglich.

II. INTEGRATED DESIGN WORKFLOW



Klima-, Komfort-,
Potentialanalyse und
Nachhaltigkeitsziele

Bedarf

Versorgung

Integration und
Darstellung

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

Normen

Verpflichtend
(Normen)

Wärme und
Kälte

Passiv

Heizung und
Kühlung

Heizung und
Kühlung

Nutzer/
Komfort

Freiwillig
(Zertifikate)

Lüftung

Aktiv

Lüftung

Lüftung

Städtebaul.
Kontext

Strom

Strom und
Licht

Strom und
Licht

Makro- und
Mikroklima

Ressourcen

Planungsphasen

Konzept (SIA Phasen 1 und 2)

Entwurf (SIA Phasen 2 und 3)

Planung (SIA Phasen 4 und 5)

Ausführung

Betrieb (SIA Phase 5)

II. INTEGRATED DESIGN WORKFLOW

1

KLIMA-, KOMFORT-, POTENTIALANALYSE UND NACHHALTIGKEITSZIELE

- Wetterdaten und lokale Klimaanalyse
- Energiepotenzial: Solare Energie
- Energiepotenzial: Geothermie

LOKALES KLIMA

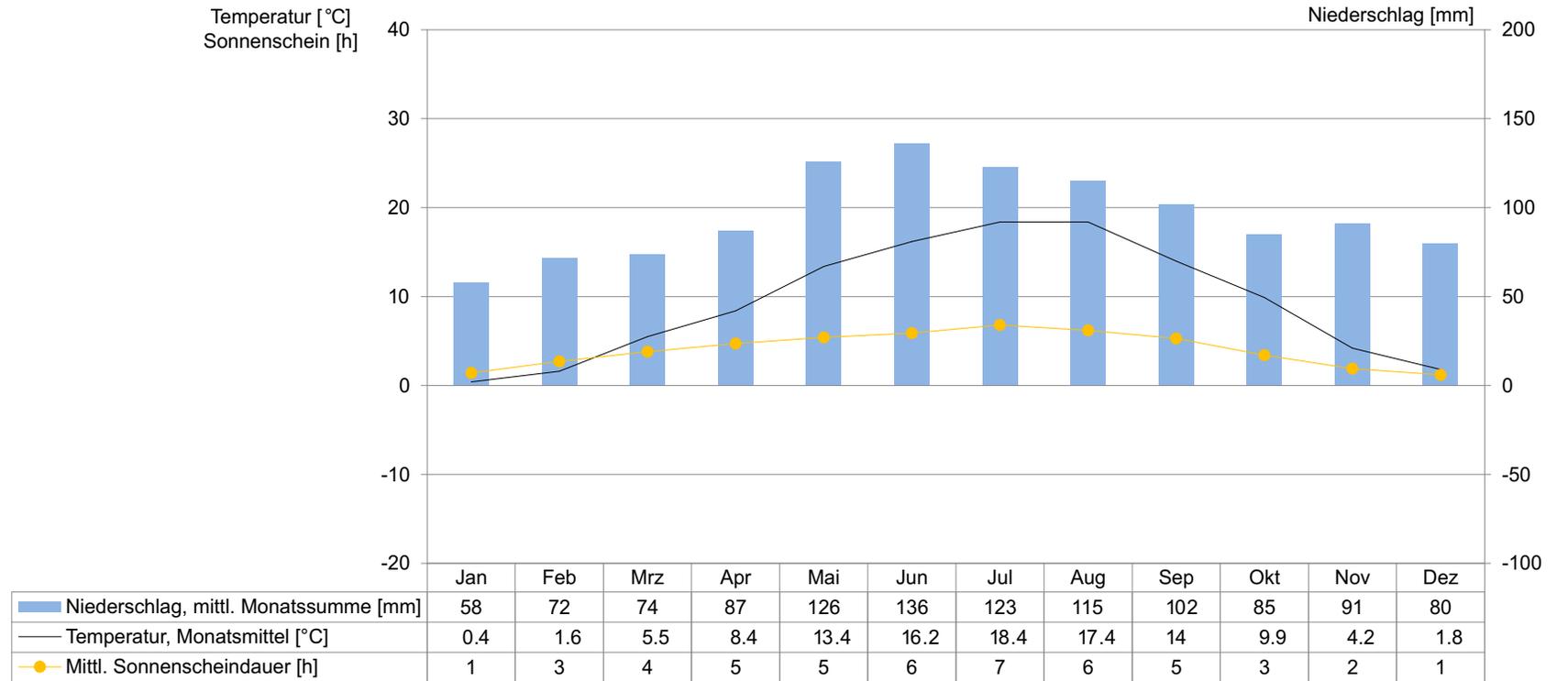
Zürich liegt in der gemässigten Klimazone und hat deshalb vier Jahreszeiten, die sich unterscheiden. Der Sommer ist wärmer und niederschlagsreicher, der Winter ist kälter und niederschlagsärmer. Frühling und Herbst liegen klimatisch dazwischen. Die Kurve für den Niederschlag, die mittlere Monatstemperatur und Sonnenscheindauer haben jeweils im Sommer ihren Höhepunkt und im Winter ihren Tiefpunkt. Im Winter muss geheizt werden und im Sommer eher gekühlt. Die solaren Gewinne sind dementsprechend im Sommer höher als im Winter.

Klimadiagramm von Zürich (Stadt) / Schweiz

Koordinaten: geographische Breite: 47° 23' N, geographische Länge: 8° 34' E

Stationshöhe: 556 m über NHN

Stationsnummer: 06660



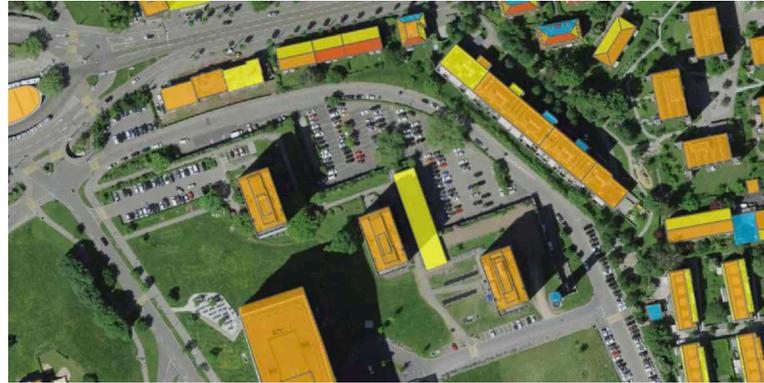
SOLARES POTENZIAL

Die drei Personalhäuser stehen praktisch frei auf der grünen Wiese. Im Sommer werden die Fassaden teilweise vom Spitalgebäude verschattet, was aber vernachlässigbar ist. Im Winter werden die Türme jeweils für zwei Stunden pro Tag verschattet (siehe Video).

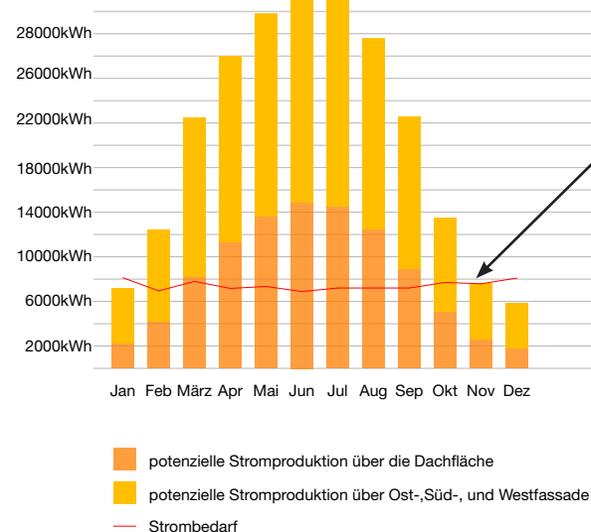
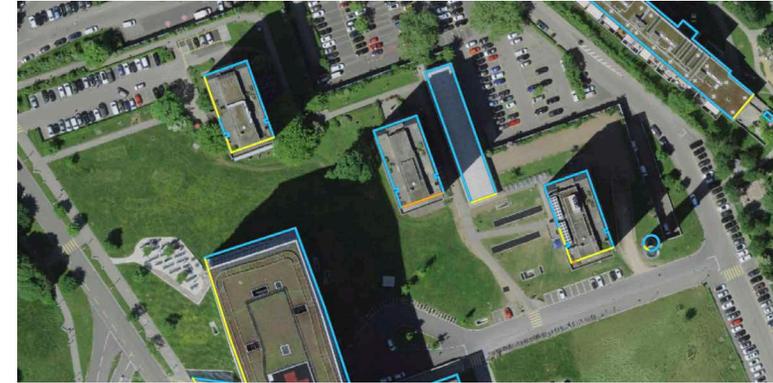
Aufgrund der grossen Fläche können die Fassaden somit auch bei nicht optimaler Ausrichtung viel Strom produzieren.

Der Eigenstromanteil liegt gemittelt über alle Fassaden und dem Dach bei 53%, wenn eine Batterie genutzt wird, um den Strom kurzfristig zu speichern. Somit kann die PV-Anlage den Strombedarf des Gebäudes von März bis Oktober decken.

Dachflächen



Fassaden



Eigenstromanteil (gemittelt): 53% (mit Batterie)

Von März bis Oktober kann die PV-Anlage den Strombedarf des Personalturns decken, falls eine Batterie zur Stromspeicherung verwendet wird. In den restlichen vier Monaten, ist man auf Strom aus dem öffentlichen Netz angewiesen.

Amortisationsdauer der Anlage (gemittelt): 27 Jahre

Jährliche Einsparung von CO₂: 114'446 kg

GEOTHERMIE

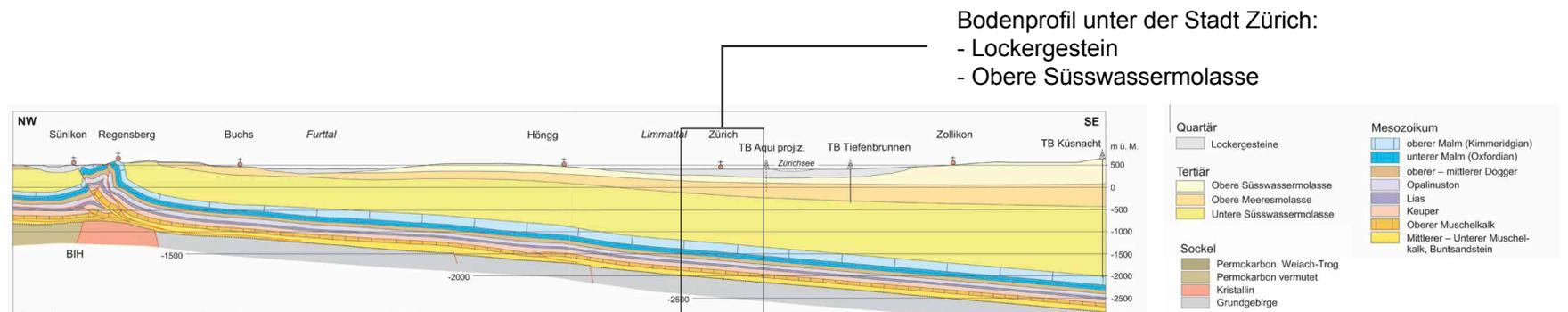
Für die Gesamterneuerung des Triemlispitals wollte man den Vorgaben der 2000 Watt Gesellschaft folgen und strebte 2009 an, den Spitalbetrieb entsprechend umzustellen. Dafür wurden Bohrungen auf dem Nachbarareal Sonnengarten durchgeführt, um die Erdschichten unter Zürich zu erkunden.

Dabei zeigte sich, dass keine hydrothermale Wärmeanlage möglich ist. Jedoch wurde anschliessend eine tiefe Erdwärmesonde (TEWS) und 28 oberflächennahe Erdwärmesonden (EWS) im Areal eingebaut, welche 200 Wohnungen zu 80% mit Wärmeenergie und Brauchwarmwasser versorgen. Daraus lässt sich schliessen, dass die Erdwärme in diesem Gebiet geeignet ist, um Energie zu produzieren.*



Sonnengartenareal
 - Bohrungen 2009
 - kein Aquifer gefunden
 - 1 TWES + 28 EWS: decken 80% der Energieversorgung von 200 Wohnungen

Areal des Triemlispitals:
 Der Boden unter dem Areal ist geeignet für Geothermie. Eine tiefe Erdwärmesonde ist laut EWZ aufgrund zu hoher Bohrungskosten nicht wirtschaftlich.



*Auszug aus: «Arealstudie: Areal STZ 2020-2050», Bauliche Entwicklungsstrategie, Amt für Hochbauten, Stadt Zürich, 03.11.2017

<https://3d.stzh.ch/appl/3d/zuerichvirtuell/>

https://map.geo.admin.ch/?topic=energie&lang=en&bgLayer=ch.swisstopo.pixelkarte-grau&catalogNodes=2419,2420,2427,2480,2429,2431,2434,2436,2767,2441,3206&E=2683107.91&N=1243870.15&zoom=3&layers=ch.swisstopo.geologie-tiefengeothermie_projekte

Schlussbericht Erkundungsbohrung Sonnengarten, stadt-zuerich.ch, zh.ch/de/umwelt-tiere/klima/klimaschutz.html

II. INTEGRATED DESIGN WORKFLOW

2 BEDARFSANALYSE

- **U-Werte**
- **Treibhausgaspotential**
- **Heizwärmebedarf und Energiebedarf**

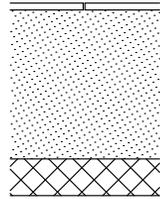
U-WERTE GEBÄUDEHÜLLE:

Die Gebäudehülle befindet sich noch im Originalzustand aus den 1960er Jahren. Sie besteht grösstenteils aus vorfabrizierten Stahlbetonelementen und einer Korkdämmung. Teilweise hat es innen auch noch eine innere Vorsatzschale aus Mauerwerk.¹

Durch eine neue hinterlüfteten Fassade und einer besseren Dämmung wird der U-Wert drastisch verbessert und die Heizenergie kann gesenkt werden.

Auch die Fenster sind noch im Originalzustand. Tauscht man sie gegen heutige Isolierfenster aus, verbessert sich der U-Wert ebenfalls drastisch.

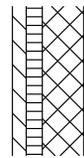
Bestand



| | | |
|----------------------------|---------------|-------------------------------|
| Dachaufbau | 860 mm | 4,545 W/m²K |
| Betonplatten | 30 mm | |
| Schutz und Drainageschicht | 650 mm | |
| Vorfabrizierte | 160 mm | |
| Stahlbetonelemente | | |
| Dachfläche Total: | | 496,6 m ² |



| | | |
|--------------------|---------------|-------------------------------|
| Wandaufbau | 200 mm | 0,942 W/m²K |
| Korkdämmung | 40 mm | |
| Vorfabrizierte | 160 mm | |
| Stahlbetonelemente | | |
| Wandfläche Total: | | 1630 m ² |

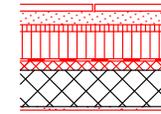


| | | |
|-------------------------|---------------|-------------------------------|
| Wandaufbau | 310 mm | 0,559 W/m²K |
| Vorsatzschale Mauerwerk | 60 mm | |
| Korkdämmung | 70 mm | |
| Vorfabrizierte | 180 mm | |
| Stahlbetonelemente | | |
| Wandfläche Total: | | 1406 m ² |

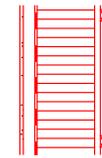


| | | |
|----------------------|-----|-----------------------------|
| Fenster | | 2,5 W/m²K |
| g-Wert: | 0,8 | |
| Fensterfläche Total: | | 1122,4m ² |

Sanierung



| | | |
|----------------------------|---------------|------------------------------|
| Dachaufbau | 860 mm | 0,24 W/m²K |
| Betonplatten | 30 mm | |
| Schutz und Drainageschicht | 60 mm | |
| Trittschalldämmung | 40 mm | |
| Dämmung | 120 mm | |
| Dampfsperre | | |
| ausgleichende Schicht | 40 mm | |
| Vorfabrizierte | 160 mm | |
| Stahlbetonelemente | | |
| Dachfläche Total: | | 592 m ² |



| | | |
|-------------------------------|---------------|-------------------------------|
| Wandaufbau | 310 mm | 0,194 W/m²K |
| Holzverkleidung | 20 mm | |
| Hinterlüftung | 50 mm | |
| Zellulose + Konstruktionsholz | 250 mm | |
| Dampfsperre | | |
| Installationsraum | 50 mm | |
| Lehmputz | 15 mm | |
| Wandfläche Total: | | 2030 m ² |



| | | |
|-------------------------|---------------|-------------------------------|
| Wandaufbau | 310 mm | 0,559 W/m²K |
| Vorsatzschale Mauerwerk | 60 mm | |
| Korkdämmung | 70 mm | |
| Vorfabrizierte | 180 mm | |
| Stahlbetonelemente | | |
| Wandfläche Total: | | 819 m ² |



| | | |
|----------------------|-----|-----------------------------|
| Fenster | | 0,7 W/m²K |
| g-Wert: | 0,6 | |
| Fensterfläche Total: | | 1329m ² |

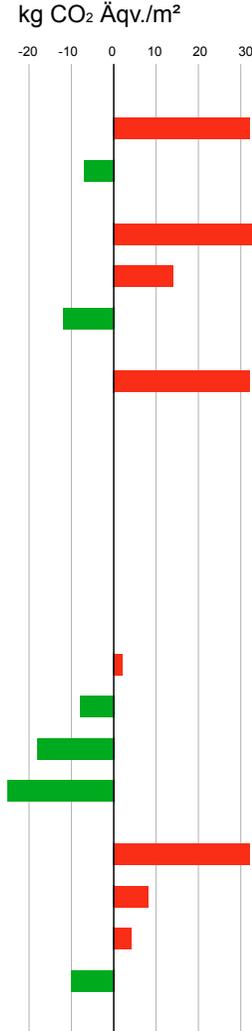
1 Auszug aus dem Wettbewerbsprogram, «Stadthotel Triemli – spekulativer Wettbewerb», ZAS*, 2022
 2 Ubakus
 3 Pläne des Triemlispital

TREIBHAUSPOTENZIALE

Bei den Treibhauspotenzialen sieht man deutlich, dass das CO₂ Äquivalent des Bestandes schlecht ist. Dies geht vor allem auf den Beton, als Baumaterial zurück.

Bei der Sanierung müssen möglichst natürliche Materialien für alle Schichten verwendet werden. Diese können CO₂ über ihre Lebensdauer speichern und das Treibhauspotenzial über die Nutzungsdauer verringern.

Bestand

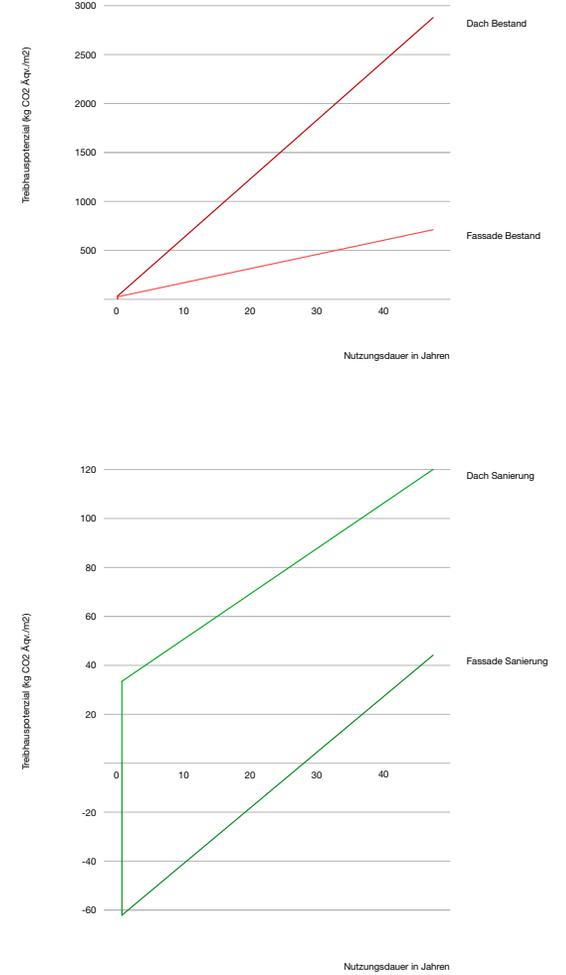


Beton
Kork
Beton
Ziegel
Kork
Beton

Sanierung



Lehm-Dämmputz
Brettsperrholz
Zellulose
Konstruktionsholz (Fichte)
Beton (Bestand)
Beton
Trittschalldämmplatte
Zellulose



ENERGIEBEDARF:

Heizwärmebedarf

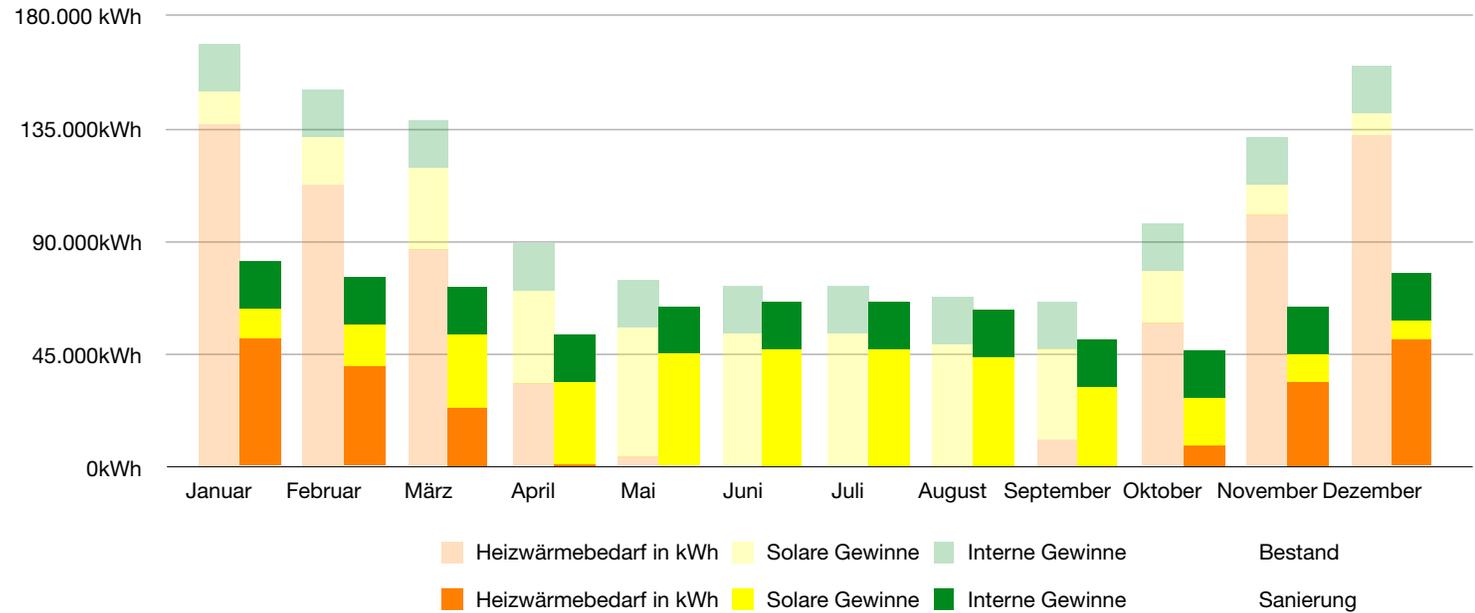
Durch das Sanieren der Gebäudehülle kann die Heizwärmeenergie um 74% pro Jahr pro Quadratmeter Energiebezugsfläche gesenkt werden, obwohl sich die Energiebezugsfläche durch die räumliche Erweiterung um 17% vergrössert hat.

Somit wird der von der SIA vorgegebene Standardwert beinahe erreicht.

Elektrizitätsbedarf und Warmwasserwärmebedarf

Die Werte für den Elektrizitäts- und Warmwasserwärmebedarf richtet sich nach den Empfehlungen der SIA.

Heizwärmebedarf Triemli Bestand und Sanierung



Heizwärmebedarf Vergleich:

| | Total | pro m2 EBF |
|-----------|---------------|---------------------------|
| Bestand: | 671'350 kWh/a | 91,3 kWh/m ² a |
| Sanierung | 209'523 kWh/a | 23,6 kWh/m ² a |
| | - 69% | -74% |

Vergleichswert SIA:

| | pro m ² EBF |
|---------------|----------------------------|
| Bestand: | 112,9 kWh/m ² a |
| Standardwert: | 19,4 kWh/m ² a |
| Zielwert: | 11,2k Wh/m ² a |

| | Total | pro m ² EBF |
|-----------------------------|------------------|---------------------------|
| Elektrizitätsbedarf: | 109'837,75 kWh/a | 18,2 kWh/m ² a |
| Geräte+Beleuchtung | | |

| | | | | |
|-------------------------------|---------------|-------------------------|---------------|--------------------------|
| Warmwasserwärmebedarf: | 133'416 kWh/a | 22 kWh/m ² a | Bestand: | 22 kWh/m ² a |
| | | | Standardwert: | 18 kWh/m ² a |
| | | | Zielwert: | 9 kWh/m ² a |
| | | | Standardwert: | 19,8kWh/m ² a |

II. INTEGRATED DESIGN WORKFLOW

3

VERSORGUNGSANALYSE & INTEGRATION

- PV-Anlage
- Geothermie (Wärmepumpe, Warmwasserspeicher)
- Systemkette

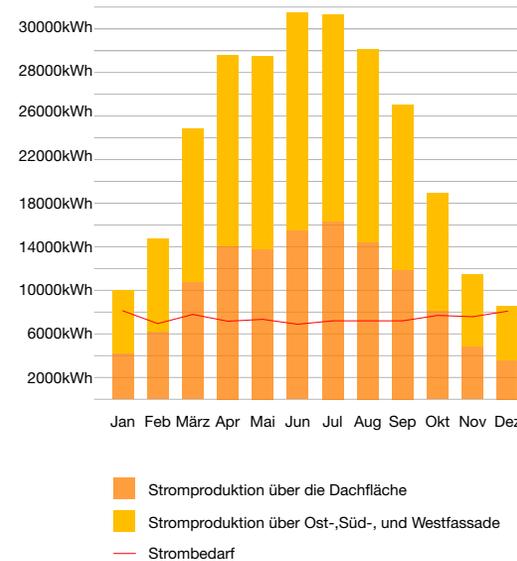
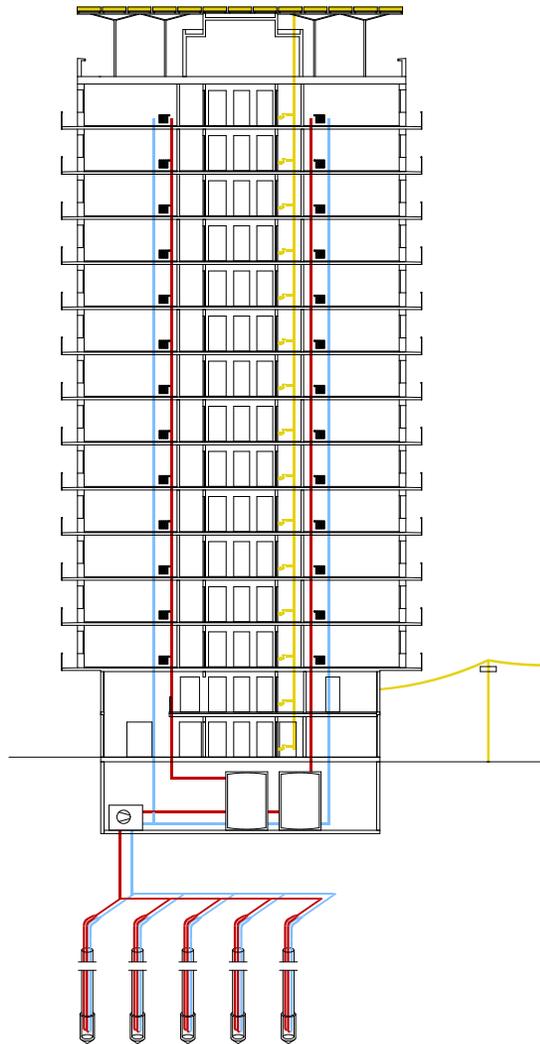
PV-ANLAGE

Das gesamte Dach, so wie die Balkongeländer werden für die Stromproduktion mithilfe PV-Modulen genutzt. Somit kann sich bei einem Eigenverbrauchsanteil von 53% und mit einer Batterie zur Stromspeicherung das Haus selber versorgen bis auf die Sonnenarmen Monate November bis Februar.

GEOthermie

Eine tiefe Erdwärmesonde mit einer Tiefe von 3215 Meter würde genügen, um einen Turm mit Heizenergie und Warmwasser zu versorgen. So eine tiefe Bohrung ist jedoch ökonomisch nicht sinnvoll.

Deshalb habe ich mich für oberflächennahe Erdsonden entschieden. Es benötigt ein Erdsondenfeld, bestehend aus 15 U-Sonden, die alle eine Tiefe von 214 Meter haben, um den Bedarf eines Turmes zu decken.



PV-Anlage:
 Dach: 655 m²
 Fassaden: 1513,2 m²
 Gesamtstromproduktion: 279'596 kWh/a
 Strombedarf: 109'837,75 kWh/a
 Eigenverbrauchsanteil: 53%*
 = 148'185 kWh/a
 Solarstrom ans Netz abgeben: 131'419 kWh/a
 zusätzlicher Strombedarf im Winter: 12'827 kWh/a

$$P_E = P_H / COP$$

$$Q_{EWS} = P_H * (1 - 1/JAZ)$$

$$Q_{EWS} = 257'204 \text{ kWh}$$

$$l_{Sonde} = Q_{EWS} / 80 \text{ kWh/m} = 3215 \text{ m}$$

-> Diese Tiefe ist ökonomisch nicht machbar.***

P_{GHE} Leistung der Erdsonde [kW]
 P_H Gesamte Heizleistung der Wärmepumpe [kW]
 P_E Leistung elektrisch [kWh]
 P_{spez} Spezifische Entzugsleistung [W/m] = 80 kWh/m **
 l_{Sonde} Länge der Erdsonde [m]

Wenn man nun aber das ganze auf 15 Erdsonden verteilt, wäre

$$Q_{EWS} = 17'146,9 \text{ kWh}$$

$$l_{Sonde} = 214 \text{ m}$$

-> dies entspricht dem Range für die Tiefe einer Erdsonde fürs Heizen (150-400m)

PVGIS

* energie.schweiz.ch/tools7solarrechner/ (Wenn der Strom mithilfe einer Batterie kurzzeitig gespeichert wird)

Formeln für die Dimensionierung der Geothermie sind aus der Vorlesung 04, 2020 und https://www.effiziente-waermepumpe.ch/wiki/Dimensionierung_Erdwärmesonden

**Der Boden unter dem Triemli ist Molasse: https://www.effiziente-waermepumpe.ch/wiki/Dimensionierung_Erdwärmesonden

*** Ökonomische Analyse der Tiefen Erdwärmesonde Triemli von EWZ, Seite 10

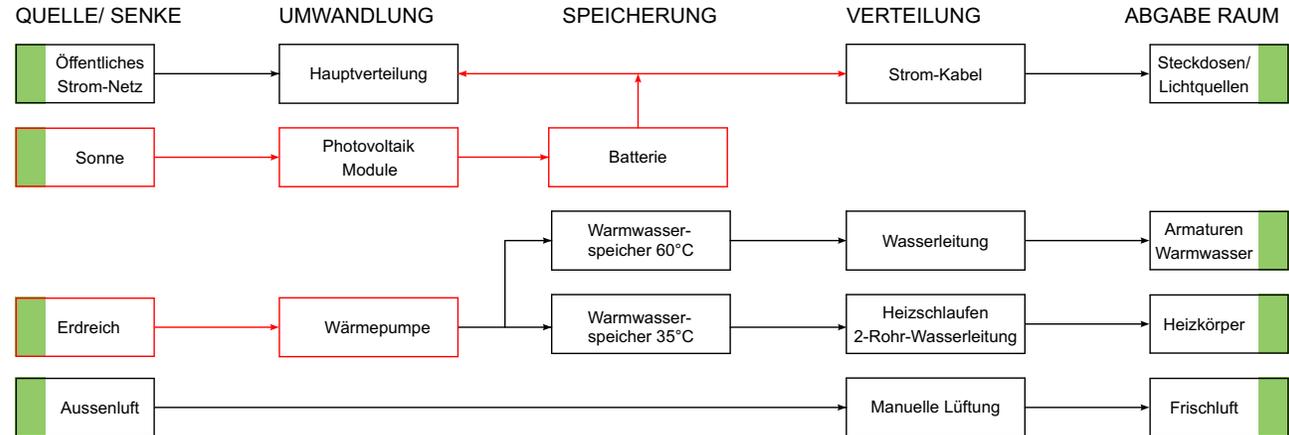
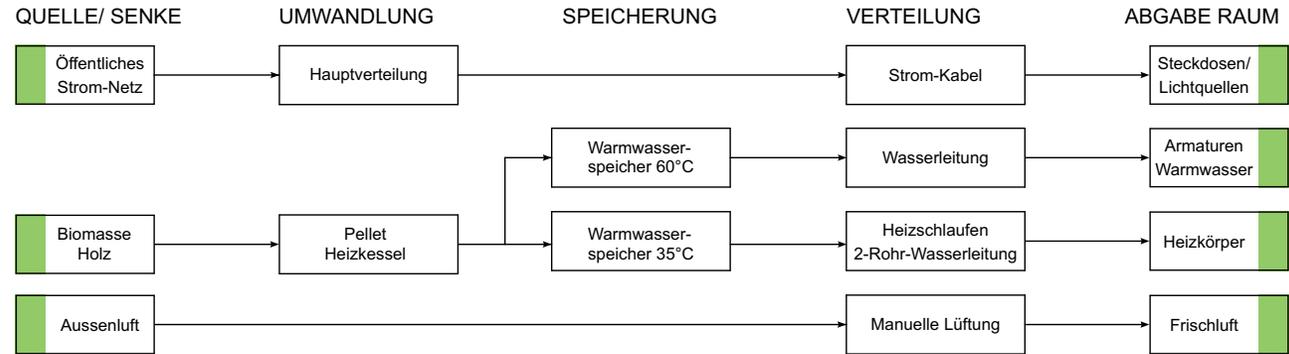
SYSTEMKETTE BESTAND

Das Gebäude wird über das öffentliche Stromnetz mit Strom versorgt, ein Pelletofen beheizt das ganze Spitalareal.

SYSTEMKETTE SANIERUNG

Die PV-Anlage auf dem Dach und an den Fassaden produzieren mit Ausnahme der Wintermonate mehr als ausreichend Strom um den Strombedarf im Gebäude zu decken.

Fast die Hälfte des produzierten Stroms können in das öffentliche Stromnetz eingespeist werden. Ein Erdsondenfeld versorgt das Gebäude mit Heizenenergie und Warmwasser.



PROJEKT

Personalhäuser Triemlispital

ARCHITEKTUR

Architektengemeinschaft:
Ernst Schindler, Rudolf Joss,
Helmut Rauber, Roland Rohn,
Rolf Hässig, Erwin Müller

TYOLOGIE

Wohnen

BAUJAHR

Erstellung: 1963-69
Sanierung: 1990er

*Quelle: Ang. Arch.

ENERGETISCHE ECKDATEN

| | Total | Richtwerte* |
|--|---|---|
| <p>➤ Thermischer Energiebedarf</p> <p>Heizung</p> <p>Kühlung</p> <p>Warmwasser</p> | <p>45,6 kWh/a pro m² EBF</p> <p>23,6 kWh/a pro m² EBF</p> <p>0 kWh/a pro m² EBF</p> <p>22 kWh/a pro m² EBF</p> | <p>13 - 59 kWh/a pro m² EBF</p> <p>10 - 26 kWh/a pro m² EBF</p> <p>0 - 13 kWh/a pro m² EBF</p> <p>3 - 20 kWh/a pro m² EBF</p> |
| <p>➤ Elektrischer Energiebedarf</p> <p>Lüftung (natürlich)</p> <p>Geräte, Beleuchtung</p> | <p>18,5 kWh/a pro m² EBF</p> <p>0 kWh/a pro m² EBF</p> <p>18,5 kWh/a pro m² EBF</p> | <p>8 - 37 kWh/a pro m² EBF</p> <p>0 - 4 kWh/a pro m² EBF</p> <p>8 - 33 kWh/a pro m² EBF</p> |
| <p>➤ Elektrischer Energieertrag</p> <p>PV-Ertrag Dach und Fassade</p> <p>PV Eigenverbrauch (53%**)</p> <p>Stromexport</p> <p>zusätzlicher Strombedarf</p> | <p>279'596 kWh/a</p> <p>279'596 kWh/a</p> <p>148'185 kWh/a</p> <p>131'410 kWh/a</p> <p>12'827 kWh/a</p> | <p>129 kWh/a pro m² PV</p> <p>129 kWh/a pro m² PV</p> <p>24,5 kWh/a pro m² EBF</p> <p>21,7 kWh/a pro m² EBF</p> <p>2,1 kWh/a pro m² EBF</p> |
| <p>➤ Thermischer Energieertrag</p> <p>Geothermie</p> | <p>42,5 kWh/a pro m²</p> <p>257'204 kWh/a</p> | <p>Spezifische Entzugsleistung</p> <p>80 kWh/m***</p> |

* SIA 2024 (2015), Bandbreite von Standard und Zielwerten für Wohnen (MFH) und Büro

** energieschweiz.ch/tools/solarrechner

*** https://www.effiziente-waermepumpe.ch/wiki/Dimensionierung_Erdwärmesonden

PROJEKT

Personalhäuser Triemlispital

ARCHITEKTUR

Architektengemeinschaft:
Ernst Schindler, Rudolf Joss,
Helmut Rauber, Roland Rohn,
Rolf Hässig, Erwin Müller

TYOLOGIE

Wohnen

BAUJAHR

Erstellung: 1963-69
Sanierung: 1990er

TREIBHAUSGASEMISSIONEN*

| | Herstellung | Betrieb | Entsorgung | Biogener Kohlenstoff |
|-----------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|----------------------|
| | CO ₂ Äq/m ² EBF | CO ₂ Äq/m ² EBF | CO ₂ Äq/m ² EBF | C/m ² EBF |
| Baumaterialien | 569.1 kg | - | 51.31 kg | 8.14 |
| Bestand | 480 kg | - | 28.51 kg | - |
| Sanierung Fassade | 19.1 kg | - | 20.8 kg | 8.14 |
| Neuer Balkon | 70 kg | - | 2 kg | - |
| Gebäudetechnik (Sanierung) | 122.92 kg | - | 11.1 kg | - |
| PV-Anlage | 40.48 kg | - | (inkl.) | - |
| PV-Eigenverbrauchsanteil | 15.2 kg | - | (inkl.) | - |
| Sole-Wasser Wärmepumpe | 19.8 kg | - | 4.75 kg | - |
| 15 Erdsonden | 21.17 kg | - | 1.4 kg | - |
| Warmwasserspeicher ** | 5.7 kg | - | (inkl.) | - |
| Sanitär und Elektroanlage | 20.57 | - | 4.96 kg | - |
| Energie | - | 0,26 kg/a | - | - |
| Strombezug vom Netz | - | 0,26 kg/a | - | - |
| Total: | 692 kg | 0,26 kg/a | 62.41 kg | 8.14 |

* Gemäß der „GHG Emissions Timeline“ der A/S Forschungsgruppe mit KBOB als Datensatz, ausführlicherer Rechnungen siehe Anhang

** Annahme für die Zylinderoberfläche aus Stahl für den Wassertank

*** EBF: 6050m²