

## SUBSTANZ + NACHHALTIGKEIT

Stadthaus Felsenrain  
Zürich Seebach

Birchegg  
Zürich Unterstrass

Genau hinsehen  
und „nichts“ tun!

Nicht das Energiesparen war die Motivation,  
sondern die Substanz!

Maximale Komfortsteigerung bei minimaler Eingriffstiefe!

## Inhalt

Stadthaus Felsenrain

Methode

- Kontext & Substanz
- Analyse & Diagnose
- Strategie & Konzept
- Auswertung

Mehrfamilienhaus Birchegg

Anwendung

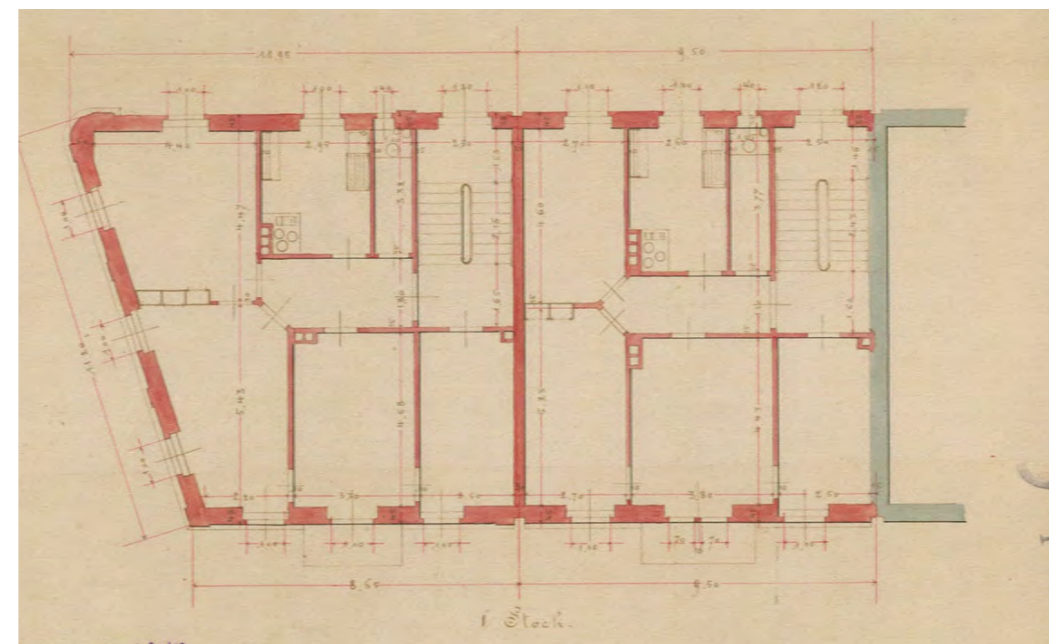
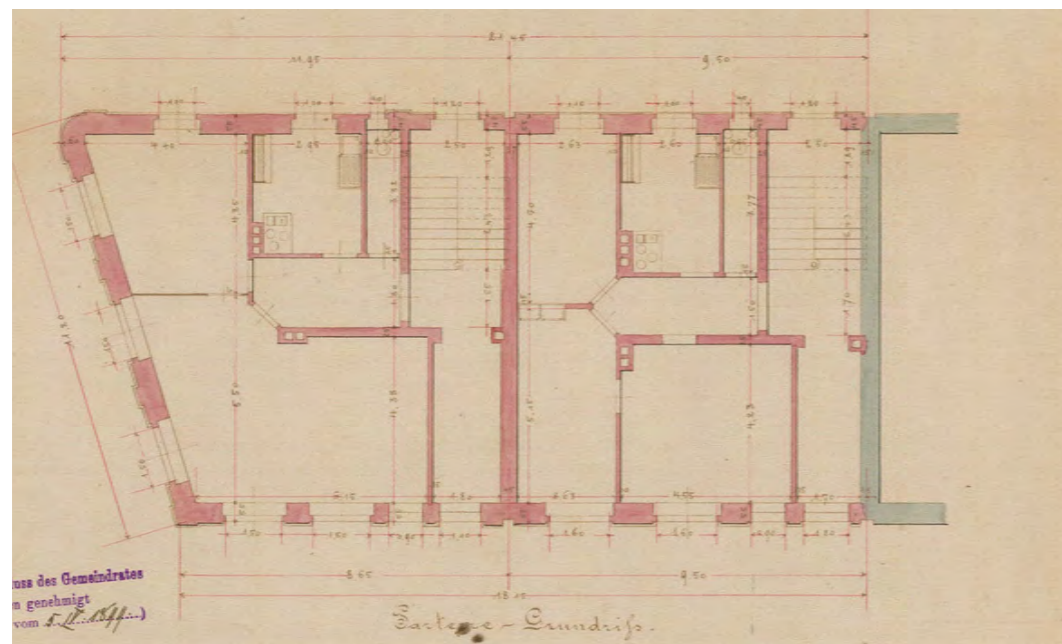
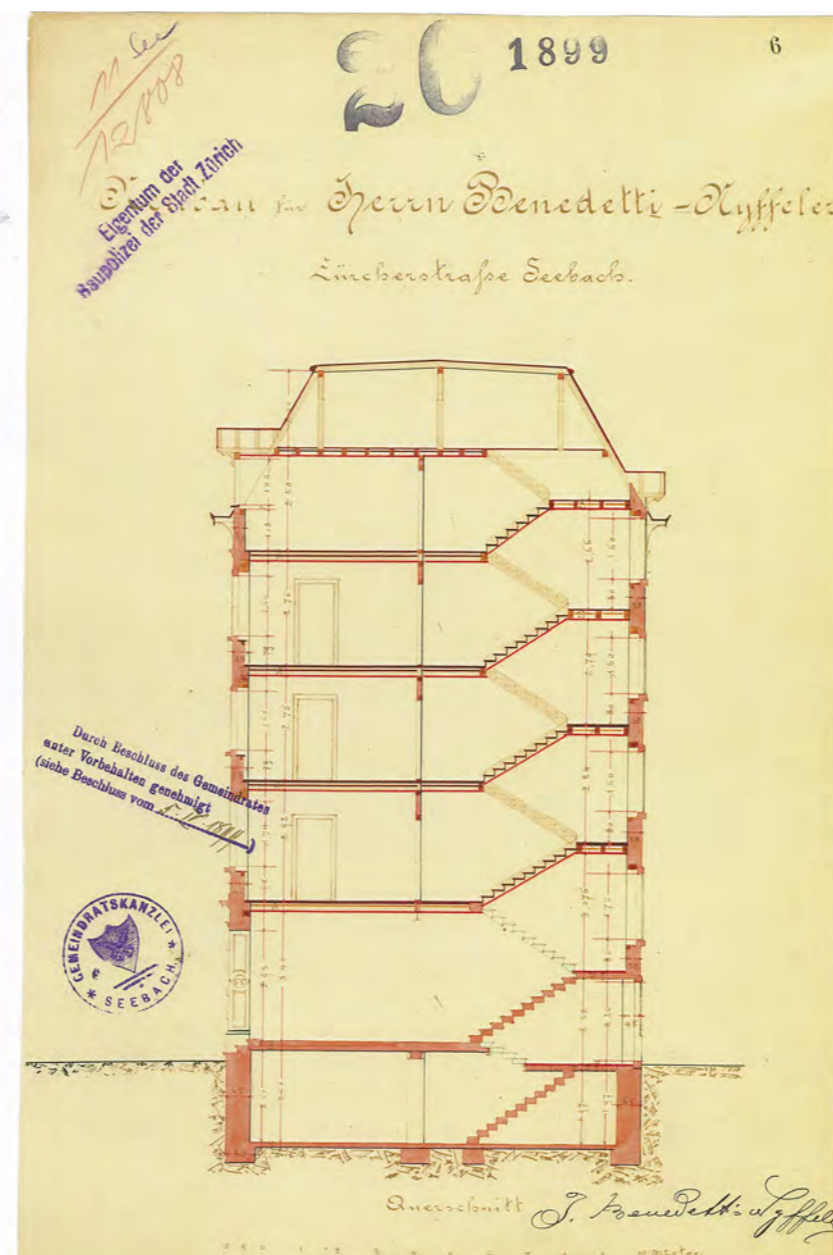
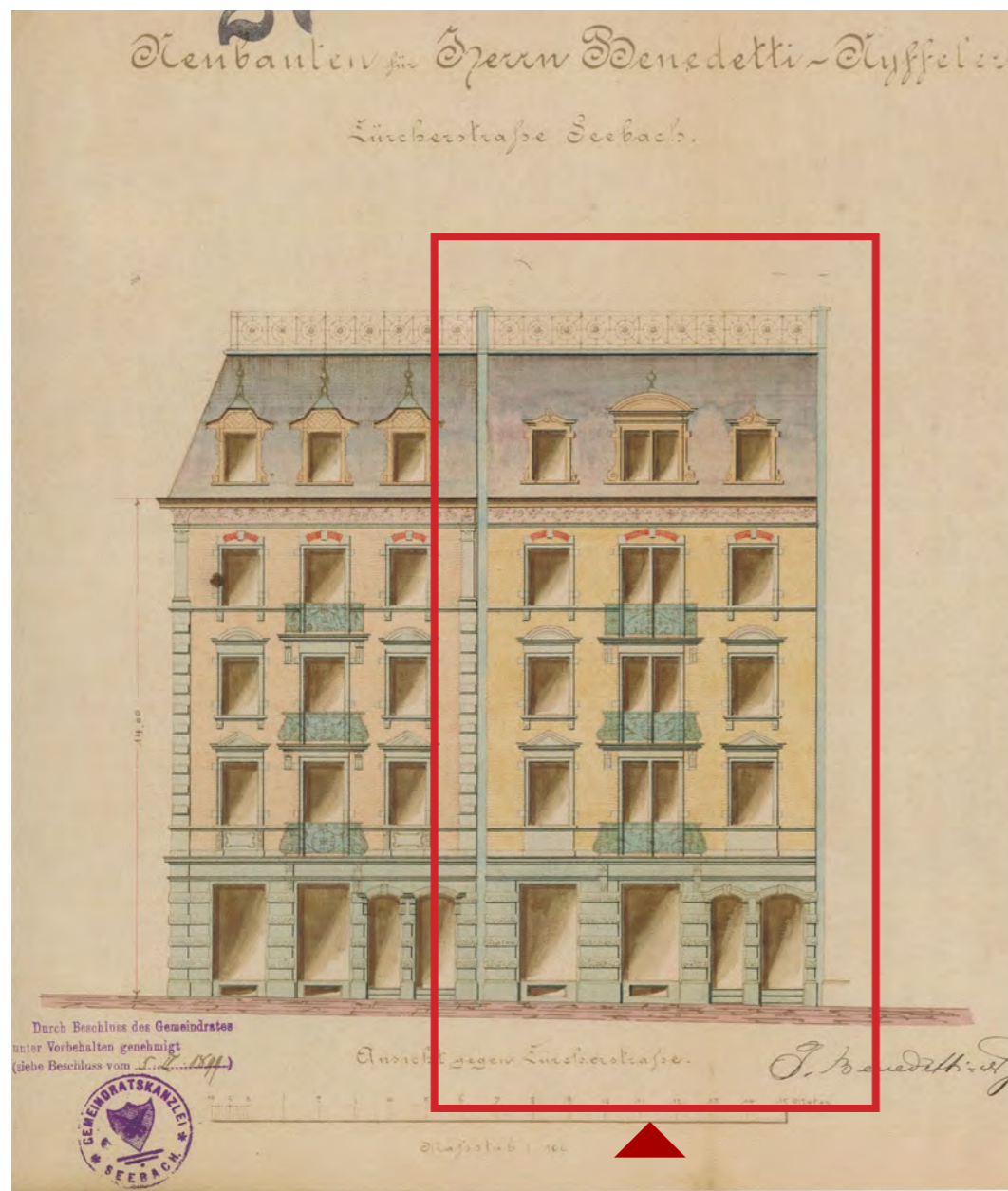


## Substanz

Stadthaus Felsenrain

- Zürich Seebach
- Baujahr 1899
- Blockrandfragment
- Geschlossene Bauweise
- Wohnhaus mit Laden
- Repräsentative Adresse
- Mischbauweise

Quelle: Foto Baugeschichtliches Archiv  
Atelier M Architekten, FE<sup>+</sup>B, 23.04.2024



- Mittelhaus
- 6 Geschosse
- Einspänner
- Kompakter Grundriss
- Konstruktion
  - Massivbauweise
  - Mauerwerk
  - Gneis, Klinker, Kunststein
  - Hourdis- und Balkendecken
  - Dachstuhl in Holz
  - Terrazzo, Stuck, Steinzeug
  - Massivholzböden

## Analyse & Diagnose

- Aufnahmen
- Messungen
- Simulation

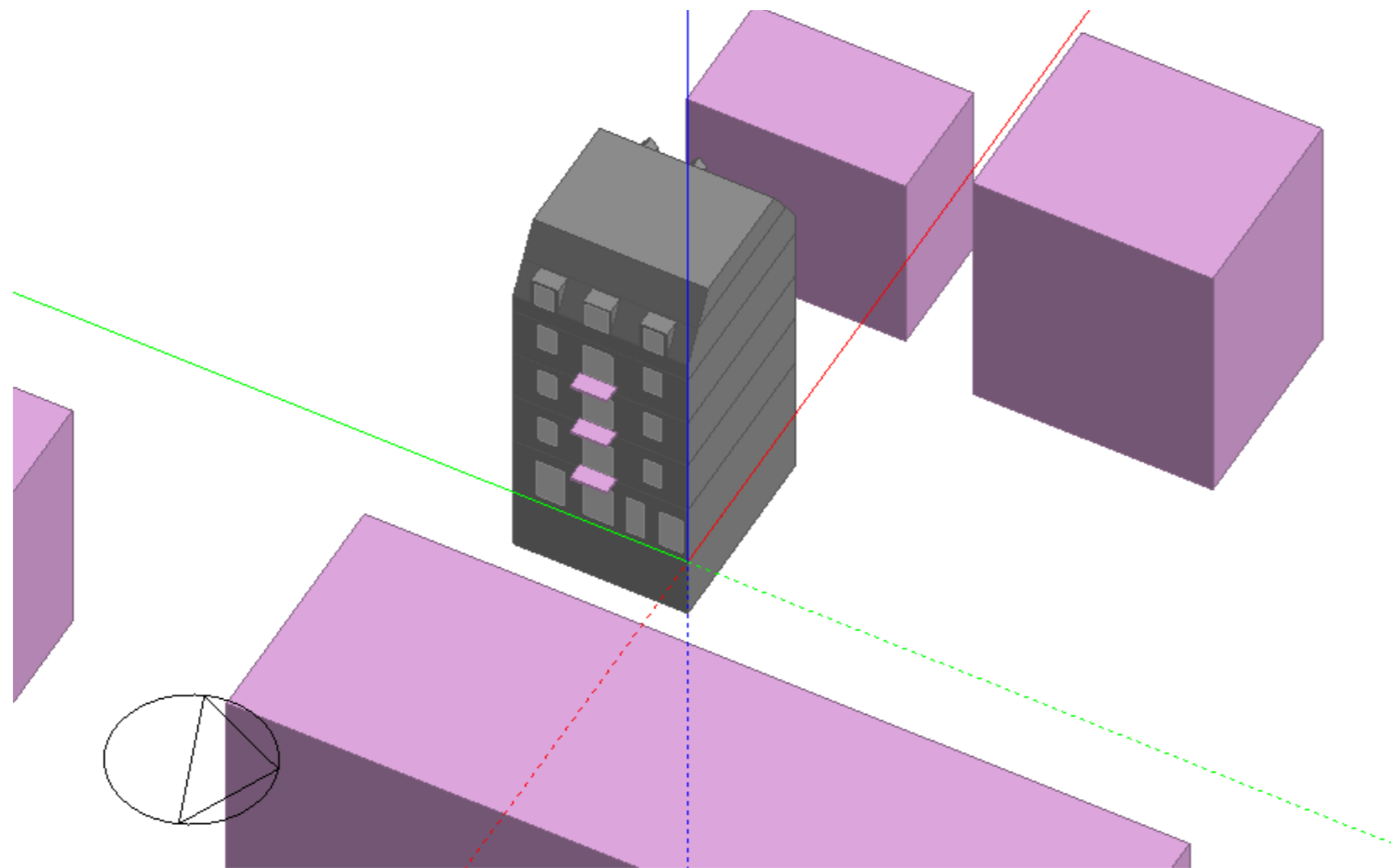


Abbildung 1: Schaffhausenerstr 435

# Aufnahmen

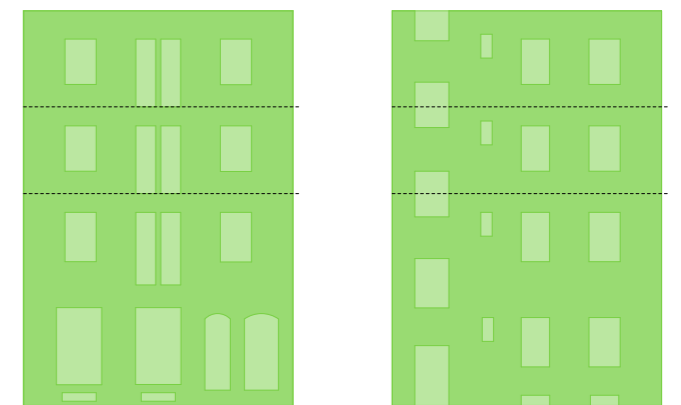
- 3-D Modell
- Fassade
  - Strassenfassade Ost
    - Gneissockel
    - Klinkerschild
    - Fensteranteil 27%
  - Hoffassade
    - Sockel in Zementputz
    - Kellenwurfputz
    - Fensteranteil 20%



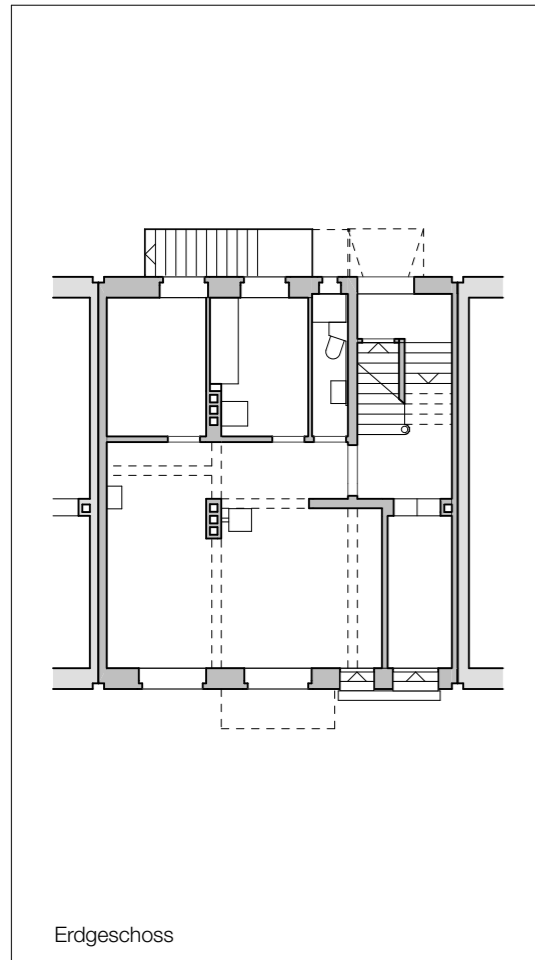
Ostfassade Schaffhauserstrasse



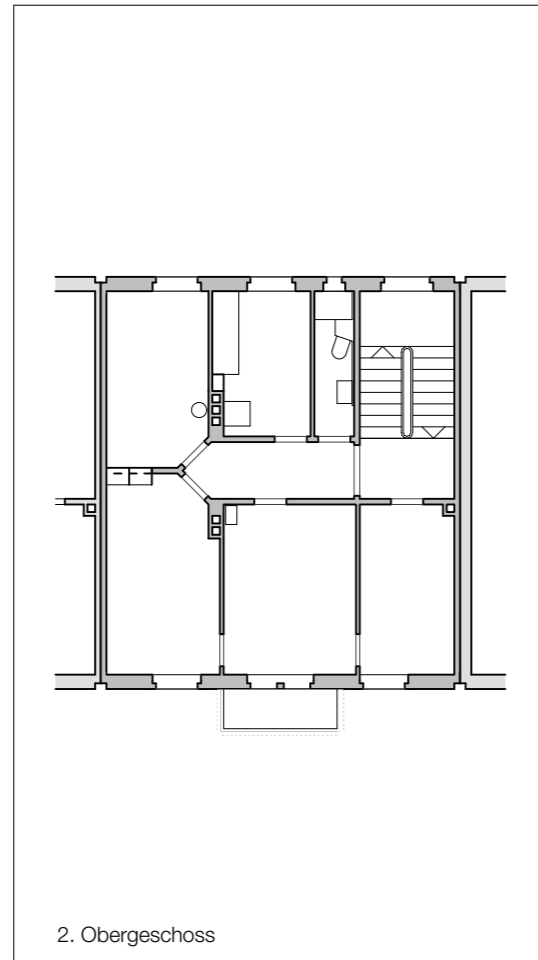
Westfassade Hof



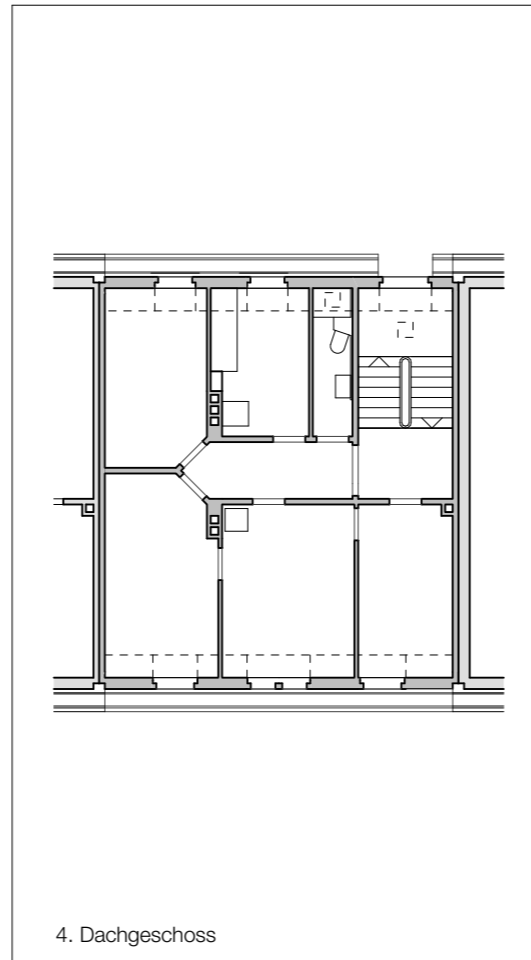
Quelle: Pläne Atelier M Architekten  
Atelier M Architekten, FE<sup>+</sup>B, 23.04.2024



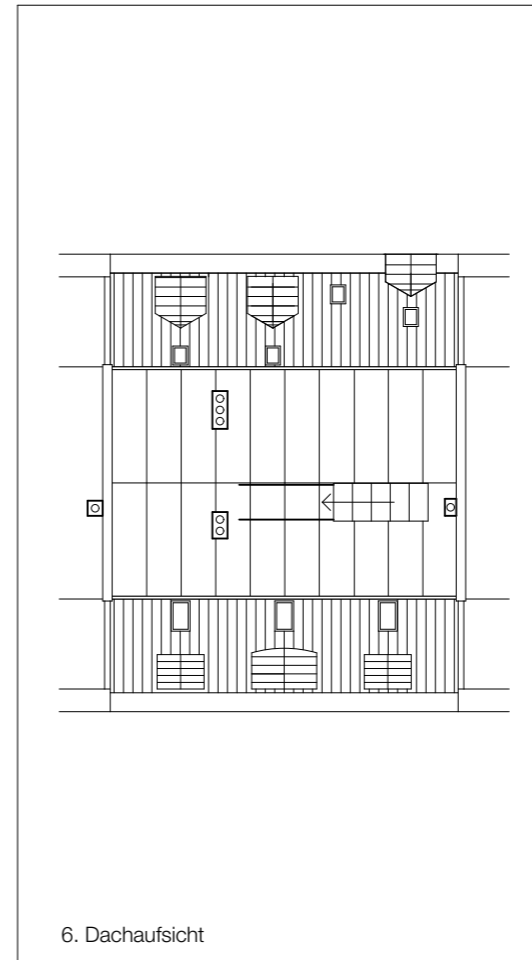
Erdgeschoss



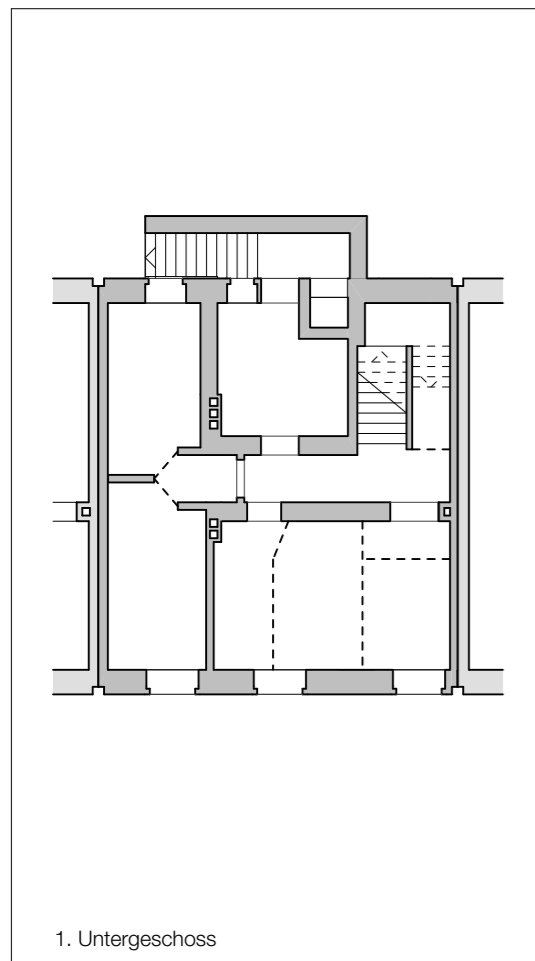
2. Obergeschoss



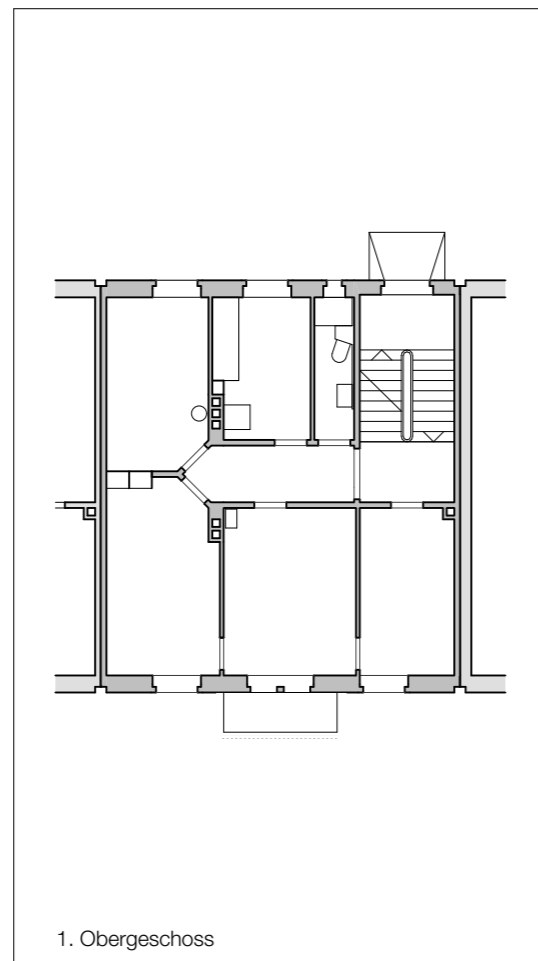
4. Dachgeschoss



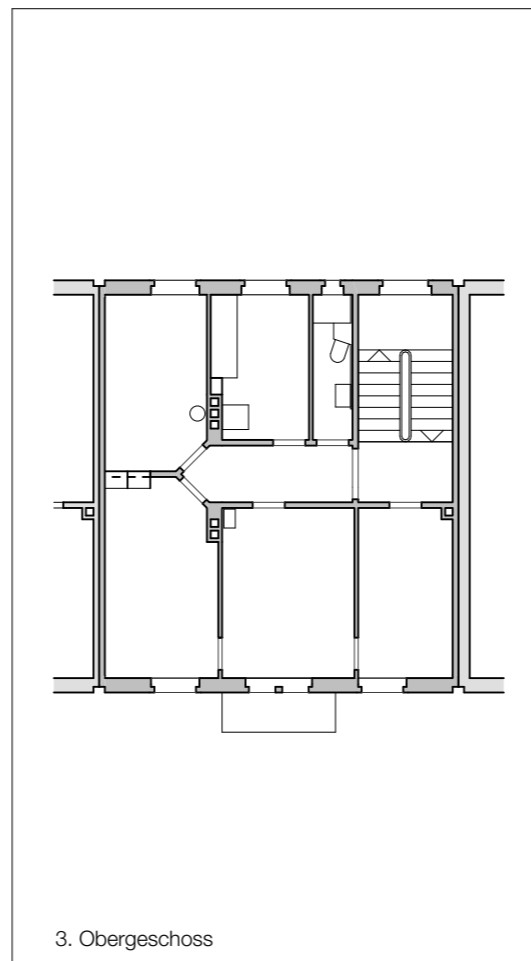
6. Dachaufsicht



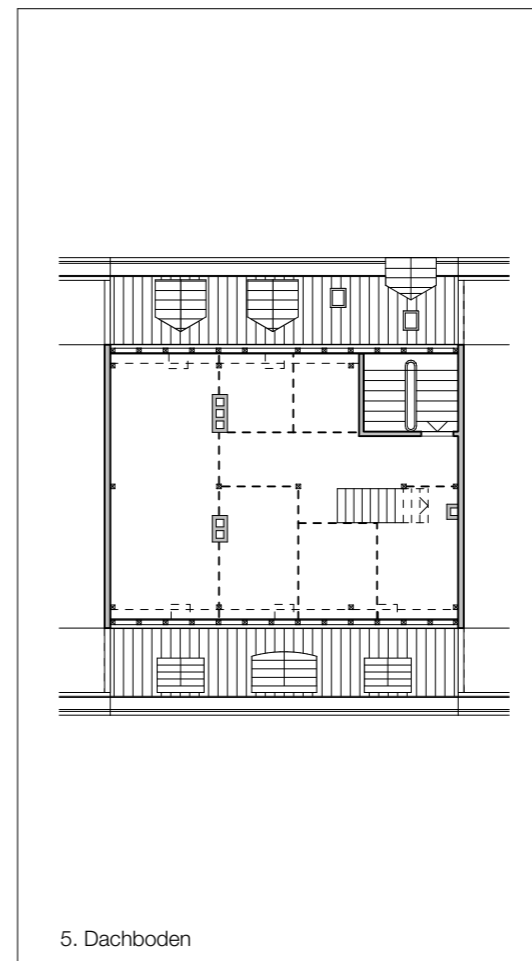
1. Untergeschoss



1. Obergeschoss



3. Obergeschoss



5. Dachboden

- Grundrissübersicht
- Qualität
- Kompaktheit
- Flächeneffizienz
- Kurze Wege
- Tageslichtoptimierung
- Nutzungsflexibilität

Quelle: Pläne Atelier M Architekten  
Atelier M Architekten, FE<sup>+</sup>B, 23.04.2024

## Messungen

- Energieverbrauch
- Tracergas Messung
- U-Wert Messung
- Blower-Door-Test





**ERHEBUNG ENERGIEVERBRAUCH UNSANIERT**  
Sanierung, Schaffhauserstrasse 435, 8050 Zürich

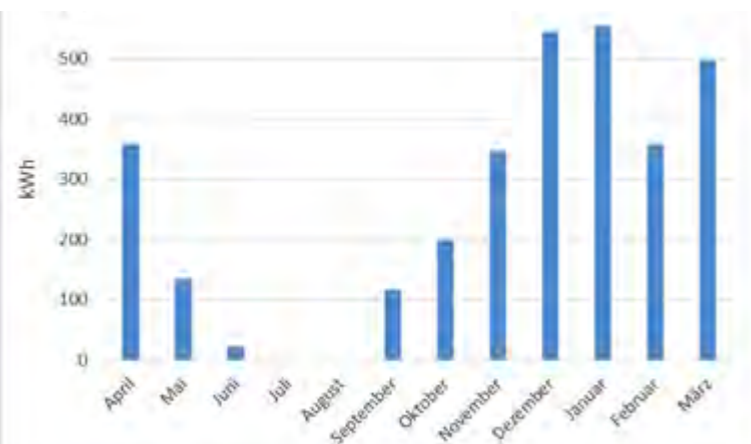
**EVUS**  
s435

Zürich, den 27. April 15/ dm

Allgemeine Angaben

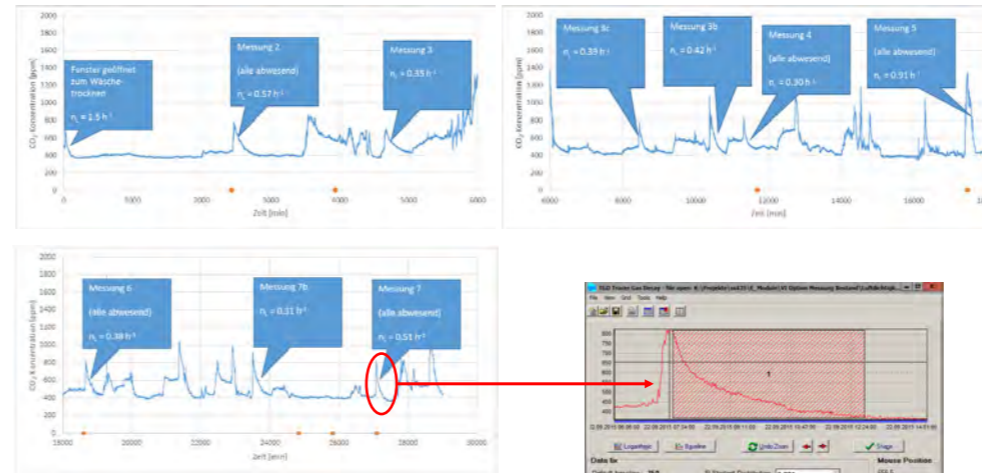
Wohnung: **3.OG**  
Mieter: **ALEXANDER HEUZEROH**  
Belegung (Anzahl Personen): **3**  
Gaszähler Anlagennummer:  
Elektrozähler Anlagennummer:  
Warmwasser Küche:  Boiler /  Durchlauferhitzer  
Warmwasser Bad:  Boiler /  Durchlauferhitzer  
Anzahl Holzöfen: **1**  
Anzahl Elektroöfen: **3**

Verbrauch / Monat	Elektrizität	Gas	Holz
Mai	Zählerstand am 1. I: 14474 II:	m3: 60.033	m3: -
Juni	Zählerstand am 1. I: 22155 II: 14559	m3: 65.047	m3: -
Juli	Zählerstand am 1. I: 22261 II: 14619	m3: 67.211	m3: -
August	Zählerstand am 1. I: <del>22373</del> 22373 II: 14689	m3: 69.494	m3: -
September	Zählerstand am 1. I: 22482 II: 14756	m3: 72.430	m3: -
Oktober	Zählerstand am 1. I: 22612 II: 14823	m3: 75.818	m3: -
November	Zählerstand am 1. I: 22791 II: 14893	m3: 78.478	m3: -
Dezember	Zählerstand am 1. I: 23068 II: 15009	m3: 81.743	m3: 8x
Januar	Zählerstand am 1. I: 23423 II: 15204	m3: 85.293	m3: 14x
Februar	Zählerstand am 1. I: 23769 II: 15388	m3: 88.968	m3: 18x
März	Zählerstand am 1. I: 23942 II: 15529	m3: 92.652	m3: 10x
April	Zählerstand am 1. I: 24257 II: 15708	m3: 96.083	m3: -



**Bestimmung zentraler Modellparameter**

Messung der Infiltration: Auswertung



Verwendet: 0.4 h<sup>-1</sup> für Zonen, 1 h<sup>-1</sup> für Treppenhaus

**Bestimmung zentraler Modellparameter**

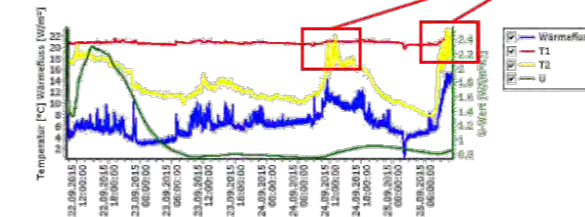
U-Wert-Messung: Frontfassade (Klinker)

U-Wert (dynamisch, Messung Frontfassade)

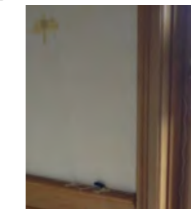
U-Wert (U): **0.85 W/(m²K)**  
Std. Abw. U: 44.9 %  
dU24: 9.99 %  
U-Wertgenauigkeit ungenügend nach ISO9869!



Übersicht Gesamtmesstzeitraum: t=72.75Std.



Ausstemperatur höher als Innentemperatur



**Ergebnisse**  
Steigzone Bad

Ecke Steigzone mit grösserem Riss im Mauerwerk, Übertritt von Rauch ins Treppenhaus, Verteilung auch innerhalb Treppenpodest und Austritt im Treppenauge. Vom Bad trat auch wenig Rauch ins Bad der darüber liegenden Wohnung über.



Ecke Bad gegen Treppenhaus, massiver Mauerwerkrisse hinter der Steigzone



Ecke unter Treppenpodest gegen Wohnung, Raucheintritt bei Überdruck in der Wohnung 2. OG



Ecke über Treppenpodest gegen Wohnung, Raucheintritt bei Überdruck in der Wohnung 2. OG

**Resultate**

- Energieverbrauch Nutzer
- Schwankt um Faktor 3 (Nutzer)
- Infiltration
- Messung mit Tracer Gas
- Infiltrationsrate 0.4h<sup>-1</sup>
- U-Werte
- Dynamische Messung mit Sensor
- Strassenfassade: 0.87 W/m²K
- Hoffassade: 0.78 W/m²K
- Fenster: 2.48 W/m²K
- Dichtigkeit
- Messung mit Blower-Door
- Luftwechsel 10.6 (Neubau1.5)
- Schwachstellen
- Risse im Mauerwerk
- Fensteranschlüsse
- Kaminöfen
- Wohnungstüren

## Systemgrenzen und Modellierung

Software und Unterstützung

**Modellierter Bereich**  
Wohnung im 2. OG

**Simulationsprogramm**

Energy Plus 8.3.0  
<http://apps1.eere.energy.gov/buildings/energyplus/>

**3-D-Modellierung**

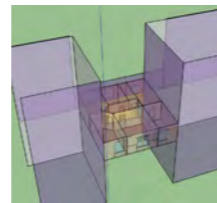
Google Sketchup

**Eingaben**

EnergyPlus und DesignBuilder

**Unterstützung**

Maria Malato Lerer, Natural Works, Portugal  
Guilherme Carrilho da Graça, PhD, Natural Works, Portugal

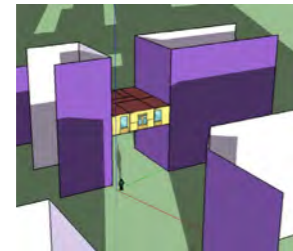


Grafiken: D. Minder und Google Sketchup

## Systemgrenzen und Modellierung

Verschattung durch umliegende Gebäude

9. Januar 10 Uhr

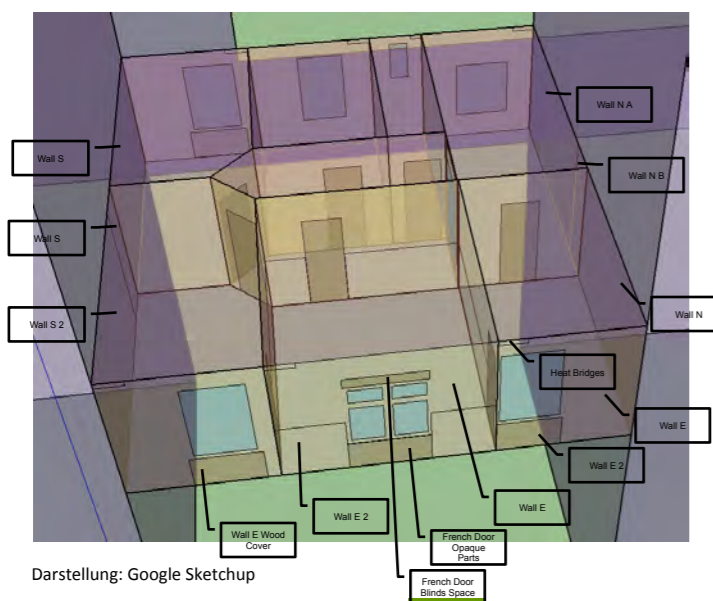


9. Januar 16 Uhr



## Systemgrenzen und Modellierung

Bauteilbezeichnungen



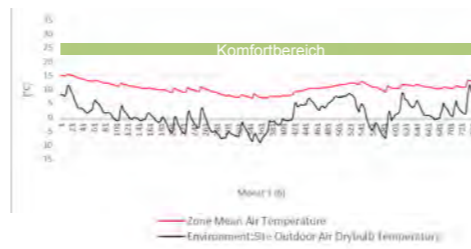
Darstellung: Google Sketchup

Wärmebrücken treten am Fensterrahmenanschluss auf. Sie werden im Modell als kleine Flächen mit äquivalentem Wärmedurchgang an der Aussenfassade berücksichtigt.

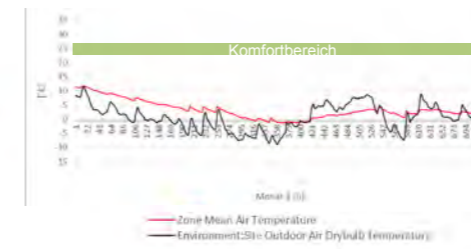
Holzvertäfelungen auf der Innenseite der Aussenwände sowie an den Zonentrennwänden werden berücksichtigt.

## Ergebnisse

Szenario 2: Leere Wohnung, keine Heizung, mit Wärmeklau



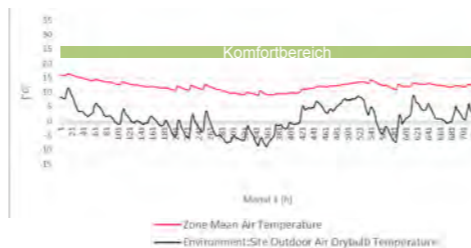
Zone: Living Room 02.06, Monat Januar, mit Wärmeklau



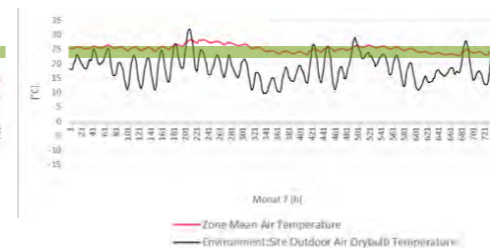
Zone: Living Room 02.06, Monat Januar, ohne Wärmeklau

## Ergebnisse

Szenario 2: Leere Wohnung, keine Heizung, mit Wärmeklau



Zone: Bedroom 02.07, Monat Januar (Stundenwerte)

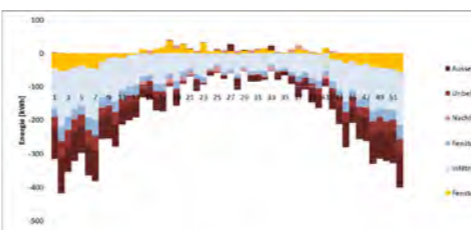


Zone: Bedroom 02.07, Monat Juli (Stundenwerte)

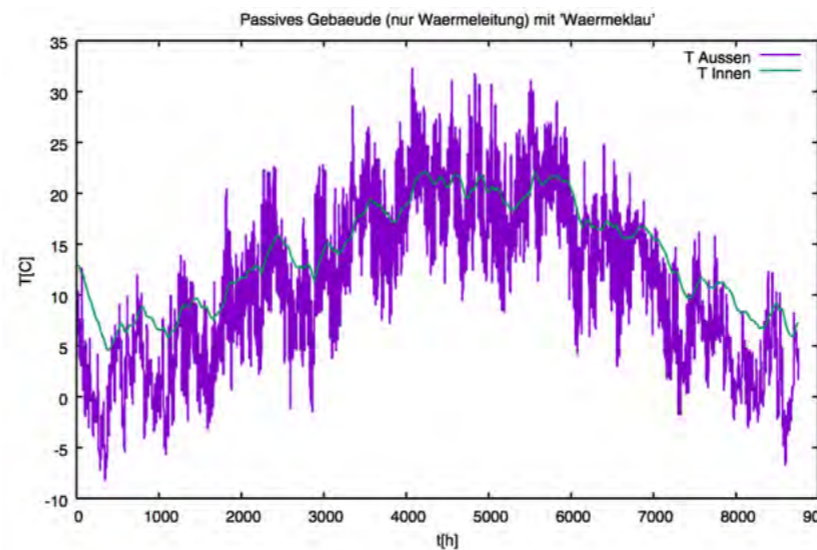
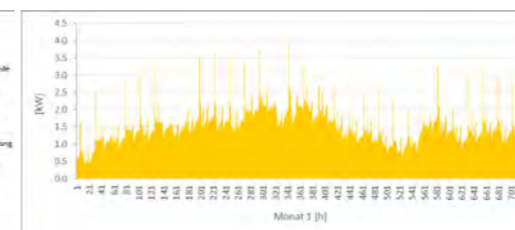
## Ergebnisse

Szenario 5: Bewohnte Wohnung, mit Heizung, ohne Wärmeklau

Wärmebilanz Bauteiltypen



Heizleistung



# Simulation

- 3D Model / Energy Plus

- 5 Nutzungsszenarien

- unbewohnt, keine Heizung ohne «Wärmeklau»

- unbewohnt, keine Heizung mit «Wärmeklau»

- bewohnt, keine Heizung ohne «Wärmeklau»

- bewohnt, keine Heizung mit «Wärmeklau»

- bewohnt, mit Heizung ohne «Wärmeklau»

- Sanierungsszenarien, Massnahmenkaskade

- Fazit

- Grösste Verlustkategorie: Infiltration

- Erhebliche Verlustkategorie: Fensterfläche trotz kleiner Gesamtfläche

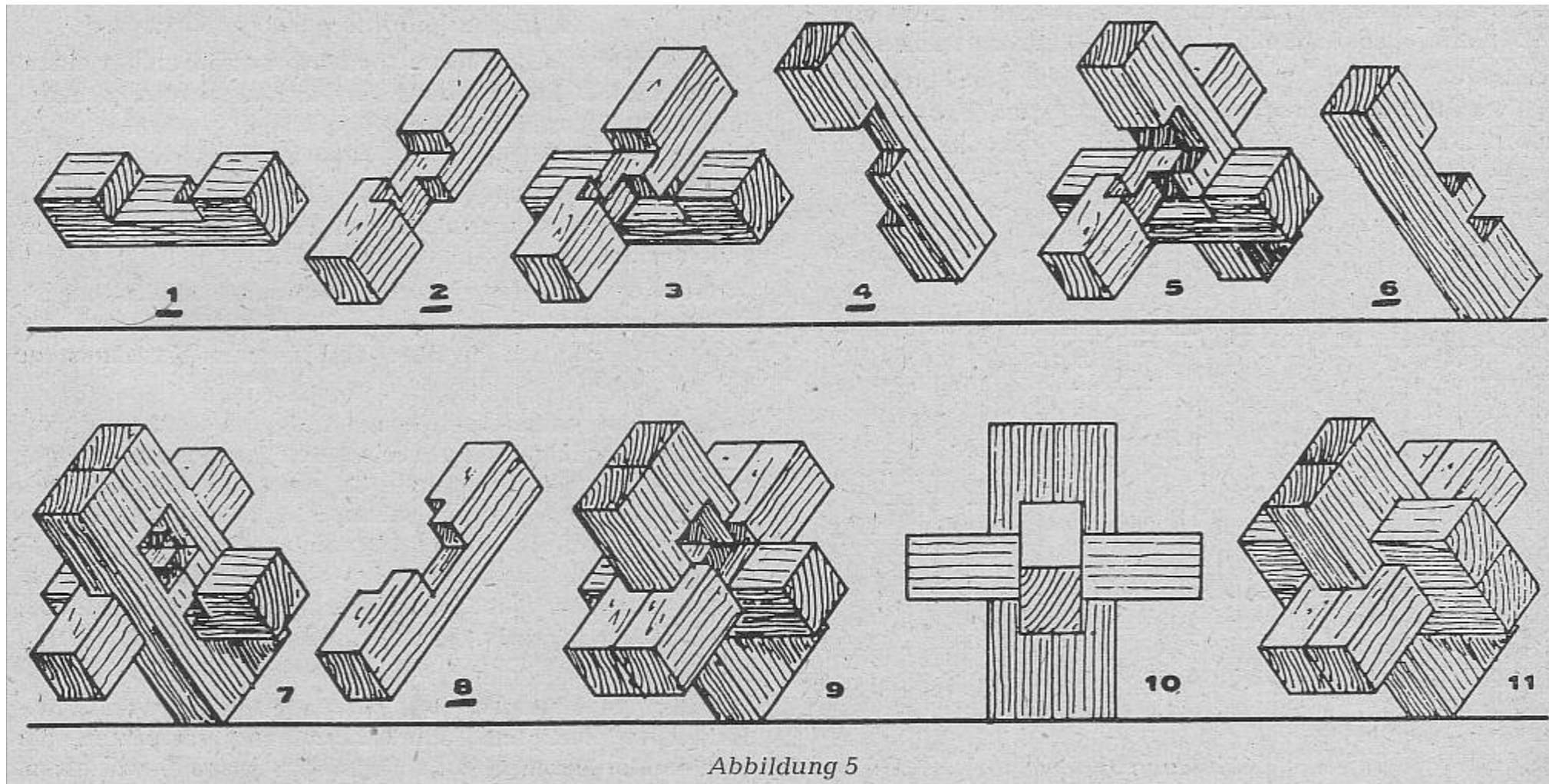
- Definiertes Komfortniveau ohne Heizung nicht erreicht

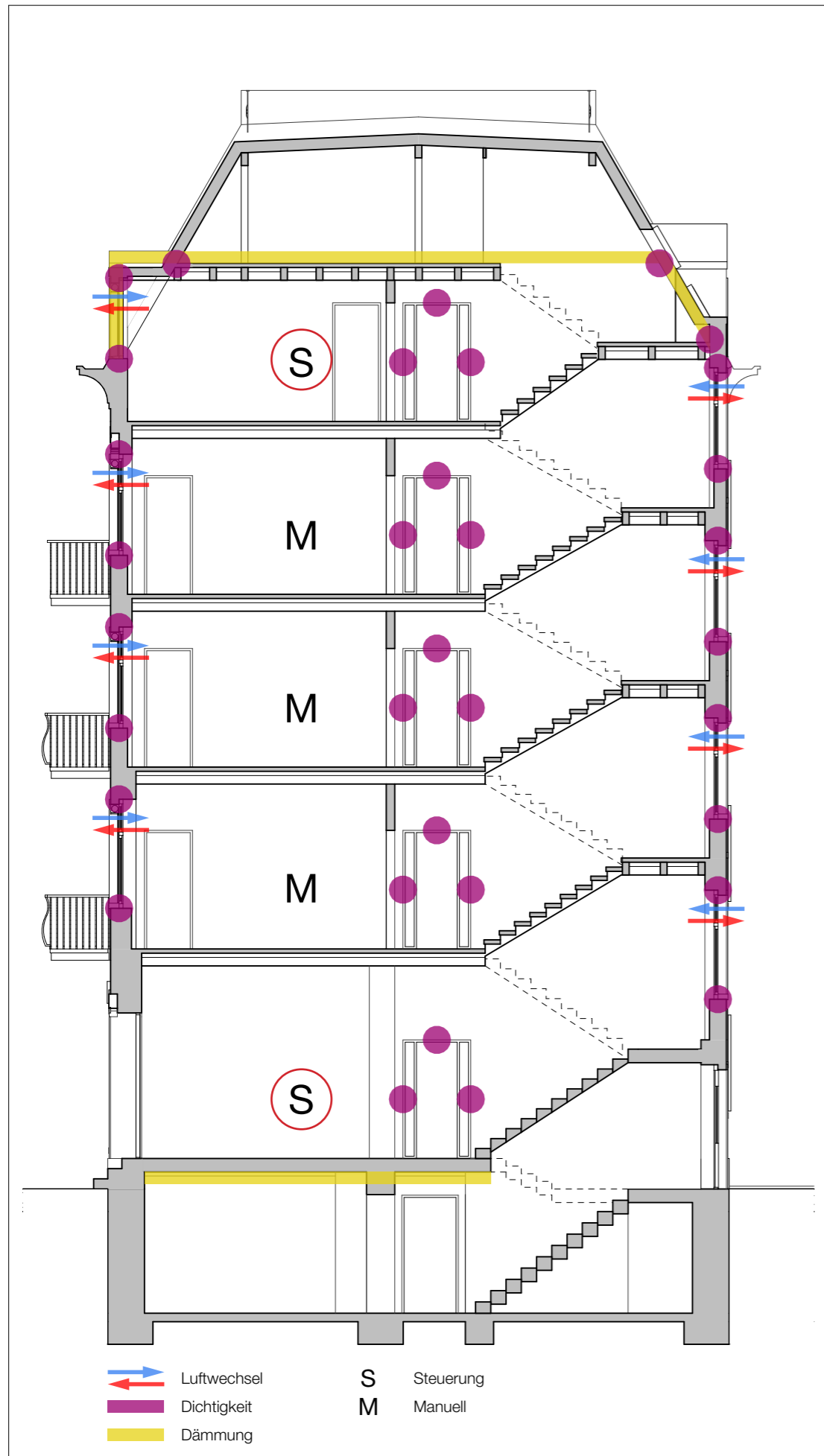
- Heizleistung pro Wohnung: 2kW

Quelle: T.A.U. GmbH/EK Energiekonzepte  
Atelier M Architekten, FE<sup>+</sup>B, 23.04.2024

## Strategie & Konzept

- Bauliche Massnahmen
- Technische Massnahmen
- Regelkonzept
- Gestalterische Massnahmen





## Sanierungsszenarien

### Varianten

Variante	Heizung	Warmwasser	Luftwechsel	Gebäudehülle
Sanierungsvariante 1 (Minimum)	Bestehende Raumöfen weiter betreiben oder ersetzen (Stückholz), kombiniert mit Elektroöfen	Brauchwarmwasser weiterhin dezentral elektrisch	- Infiltration kontrollieren (undichte Bauteile verbessern, Wohnungstüren abdichten) - Fensterlüftung	- Kellerdecke dämmen - Estrichdecke dämmen

## Massnahmen an der Gebäudehülle

### Fensterersatz

#### Aktuelle Fenster

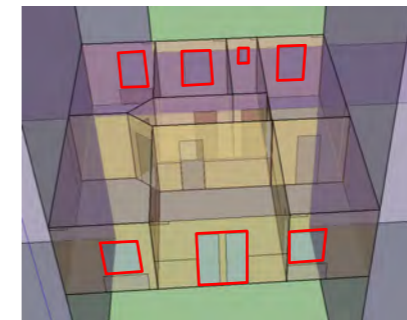
- Glas U-Wert 2.48 W/(m<sup>2</sup>\*K), g-Wert 0.65
- Rahmen U-Wert 1.9 W/(m<sup>2</sup>\*K)
- Franz. Balkontür mit Verglasung ab ca. 70 cm ab Boden

#### Neue Fenster

- Glas U-Wert 0.6 W/(m<sup>2</sup>\*K), g-Wert 0.51
- Rahmen, U-Wert 1.3 W/(m<sup>2</sup>\*K)
- Französische Balkontür mit Verglasung bis zum Boden
- Parameter gemäss Offerte EgoKiefer

#### Wirkung

- Heizwärmeersparung ca. 15% (760 kWh/a)
- Fenster werden von Verlust- zu Gewinnflächen



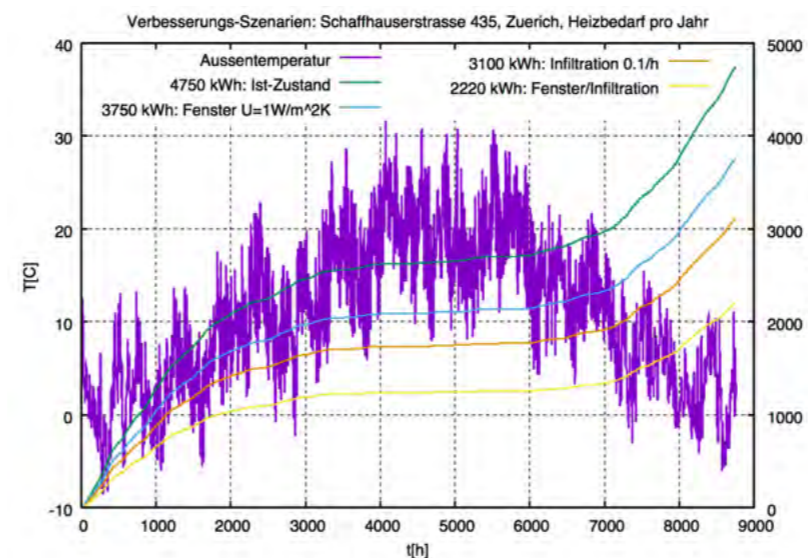
## Kontrollierter Luftwechsel

### Dezentral: Automatische Fensterlüftung

Pro Zimmer (4 Stück) wird beim Fensterersatz ein motorisierter Fensterflügel installiert. Die Regelung erfolgt anhand von CO<sub>2</sub>, Raumtemperatur und Feuchte. Im Bad ist eine Abführung der grossen Feuchtelasten prüfenswert, z.B. über einen Abluftventilator oder ebenfalls ein automatisches Fenster. Knackpunkte sind Komfort (Schall, thermisch) und die Regelungsstrategie.

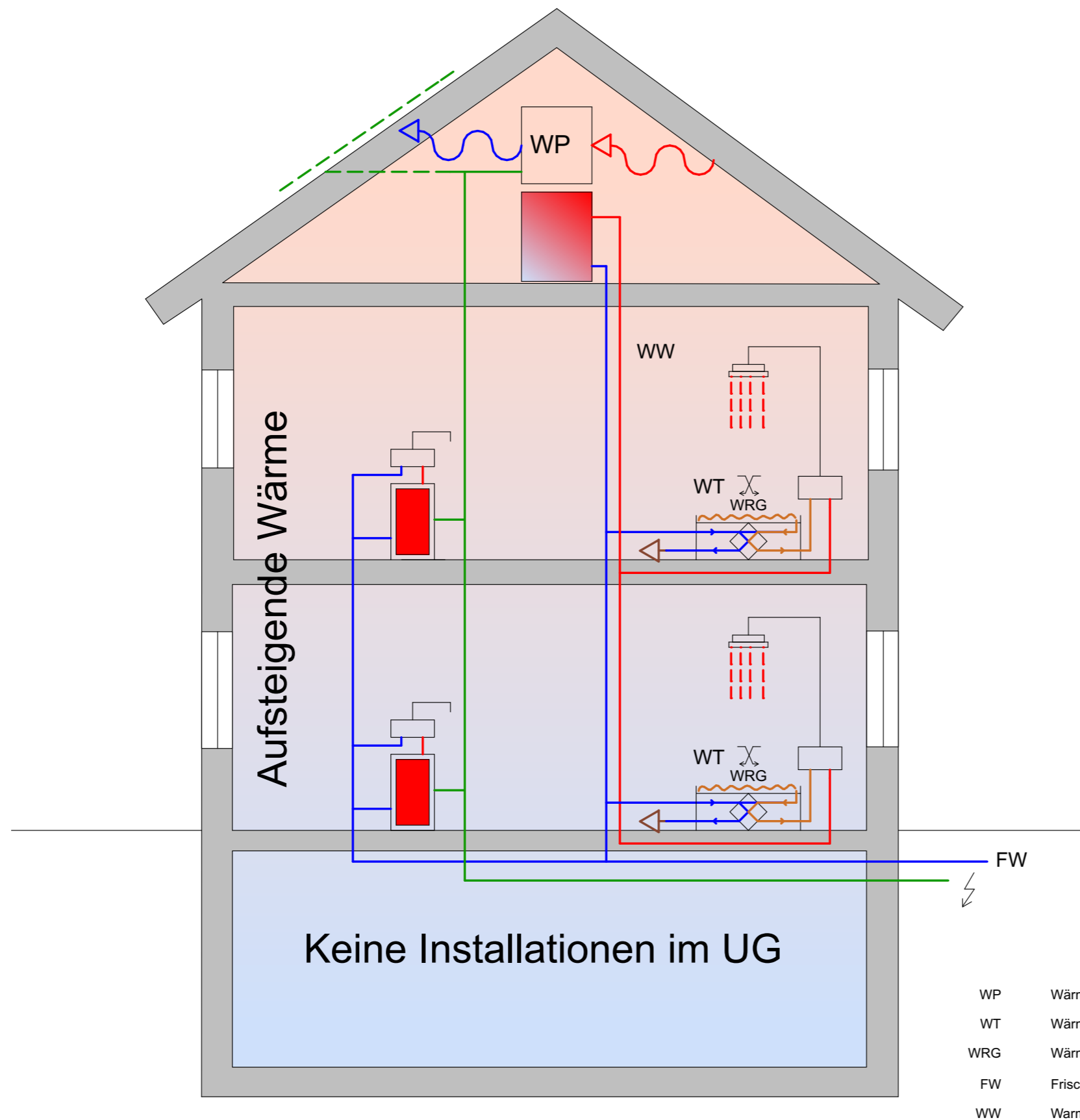
#### Vorteile:

- Lüftung nur bei Bedarf



# Bauliche Massnahmen

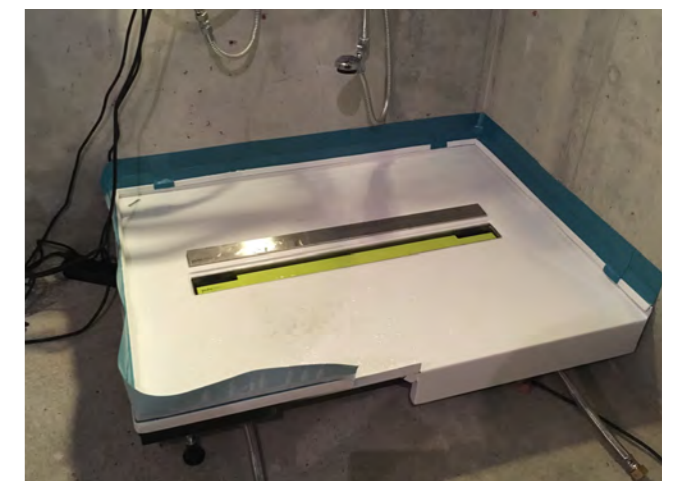
- Dichtigkeit
  - Risse vermörteln
  - Fensterersatz
  - Wohnungstüren abdichten
  - Doppelfutterrohre für Kaminanschlüsse einmauern
- Dämmung
  - Kellerdecke
  - Dachboden und Dachfläche
  - Lukarnenseiten und -dach
- Technik
  - Intelligente Steuerung
  - Heizung, 3 Systeme
  - Fensterlüftung motorisiert
  - Warmwasser, 3 Systeme
- Grundriss
  - Keine Rohbauveränderungen
  - Minimale Steigzonen



- WP    Wärmepumpe
- WT    Wärmetauscher
- WRG    Wärmerückgewinnung
- FW    Frischwasser
- WW    Warmwasser

## Technische Massnahmen

- Heizung
  - Gesteuerte Pelletöfen
  - Manuelle Kaminöfen
  - IR Panel (zeitlich begrenzt)
- Lüftung
  - Kontrollierter Luftwechsel, mechanische Fensterlüftung
- Warmwasser
  - Küche  
dezentrale Vakuumboiler
  - Bad  
zentraler Wärmepumpenboiler
  - WRG in Duschtasse (Prototyp)



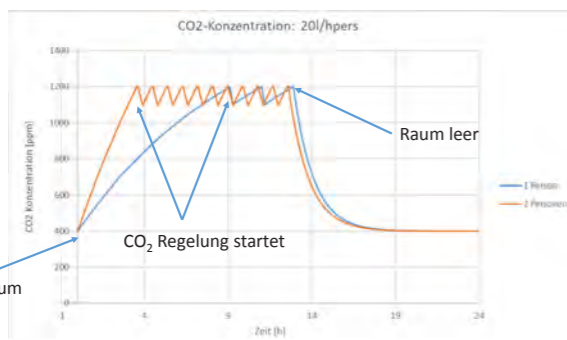
Quelle: Pläne Atelier M Architekten  
Atelier M Architekten, FE<sup>+</sup>B, 23.04.2024

## Komfortbedingungen

### Komfortables Raumklima:

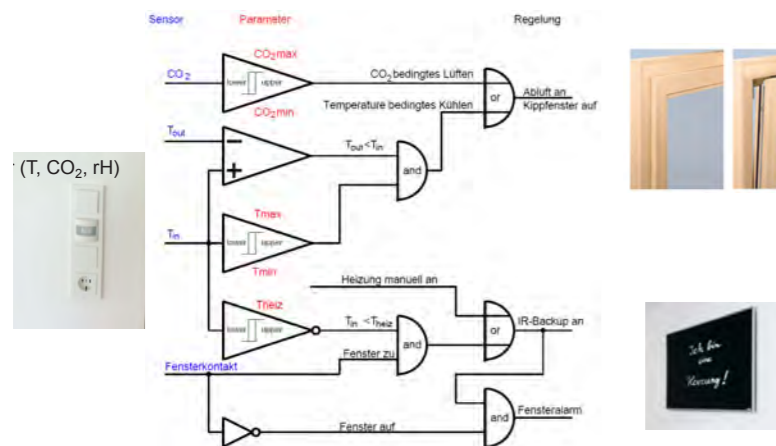
- Temperatur [22°C, 26°C]
- CO<sub>2</sub> Konzentration unter 1200ppm
- Relative Luftfeuchtigkeit 40% bis 60%
- Tageslicht gute Nutzung

## CO<sub>2</sub> Konzentration

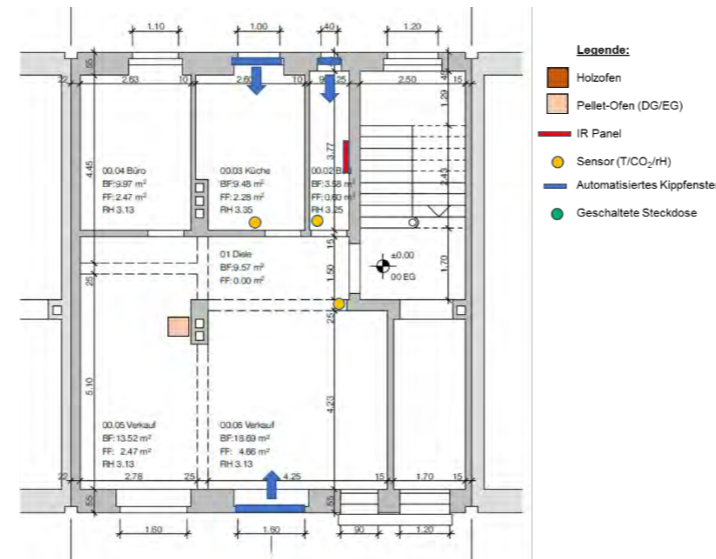


Erste Lüftung nach 9h (1 Person) bzw. 3.5h (2 Personen)

## Regelalgorithmus



## Erdgeschoss

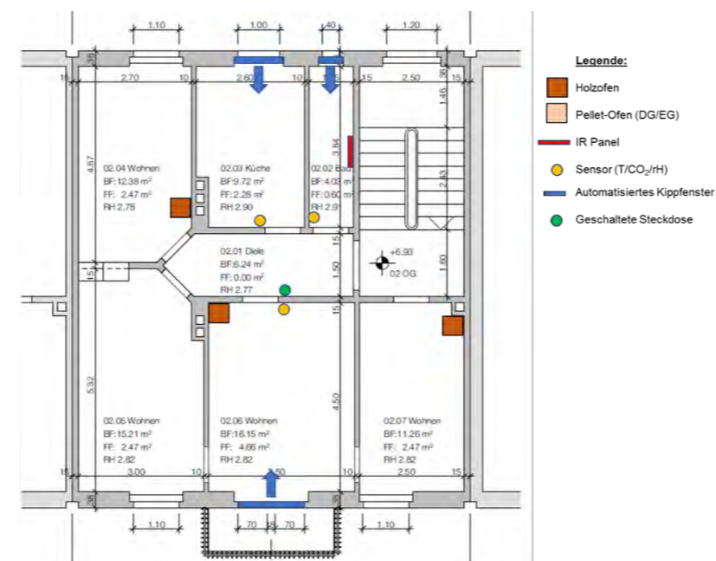


Das Gebäude besteht aus einem Erdgeschoss mit Laden (EG), drei fast baugleichen Obergeschossen mit Wohnungen (OG1/OG2/OG3) und einem Dachgeschoss mit Wohnung (DG).

Der Laden im Erdgeschoss besteht aus 3 unabhängigen Zonen: Dem Laden (siehe Abbildung unten), der Küche (Abbildung oben Mitte) und dem Bad (Abbildung oben rechts).

In jeder Zone ist ein Sensor (rH, T<sub>Raum</sub>, CO<sub>2</sub>) – in der Abbildung als gelber Punkt – und ein automatisiert öffnbares Kippfenster – in der Abbildung als blaues Fenster mit Lüftungspfeil vorhanden. Zusätzlich ist im Laden ein elektrisch ansteuerbarer Pellet-Ofen und im Bad ein elektrisch ansteuerbarer beheizter Spiegel (zeitlich begrenzt einsetzbares IR Panel – rot) als Heizung vorhanden. Das Fenster und die Heizung der jeweiligen Zone wird nur basierend auf dem Sensorwert der entsprechenden Zone geregelt.

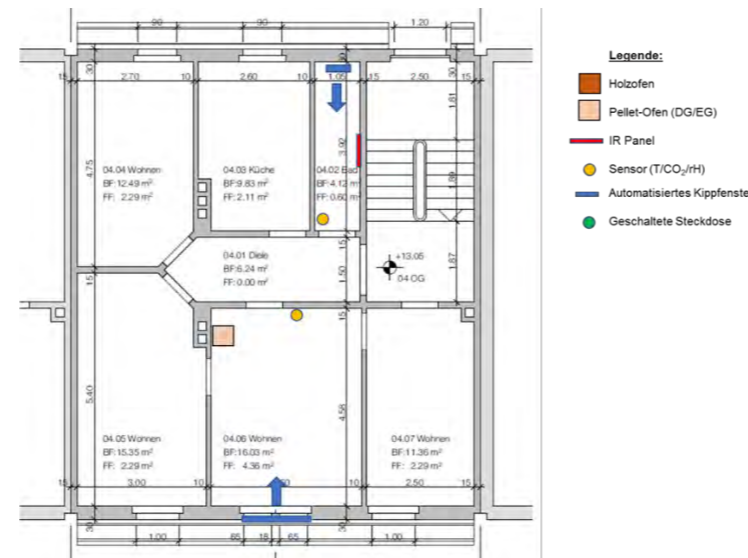
## 1. bis 3. Obergeschoss



Die Wohnungen in den Geschossen OG1/OG2/OG3 sind in Bezug auf die Regelung identisch und bestehen aus 3 unabhängigen Zonen: Dem Wohnzimmer (siehe Abbildung unten), der Küche (Abbildung oben Mitte) und dem Bad (Abbildung oben rechts).

In jeder Zone ist ein Sensor (rH, T<sub>Raum</sub>, CO<sub>2</sub>) – in der Abbildung als gelber Punkt – und ein automatisiert öffnbares Kippfenster – in der Abbildung als blaues Fenster mit Lüftungspfeil vorhanden. Geheizt werden die Wohnungen manuell über vorhandene Holzöfen. Zusätzlich ist im Bad ein elektrisch ansteuerbarer beheizter Spiegel (zeitlich begrenzt einsetzbares IR Panel – rot) als Heizung vorhanden und im Gang eine geschaltete Steckdose. Das Fenster und die Heizung der jeweiligen Zone wird nur basierend auf dem Sensorwert der entsprechenden Zone geregelt.

## Dachgeschoss

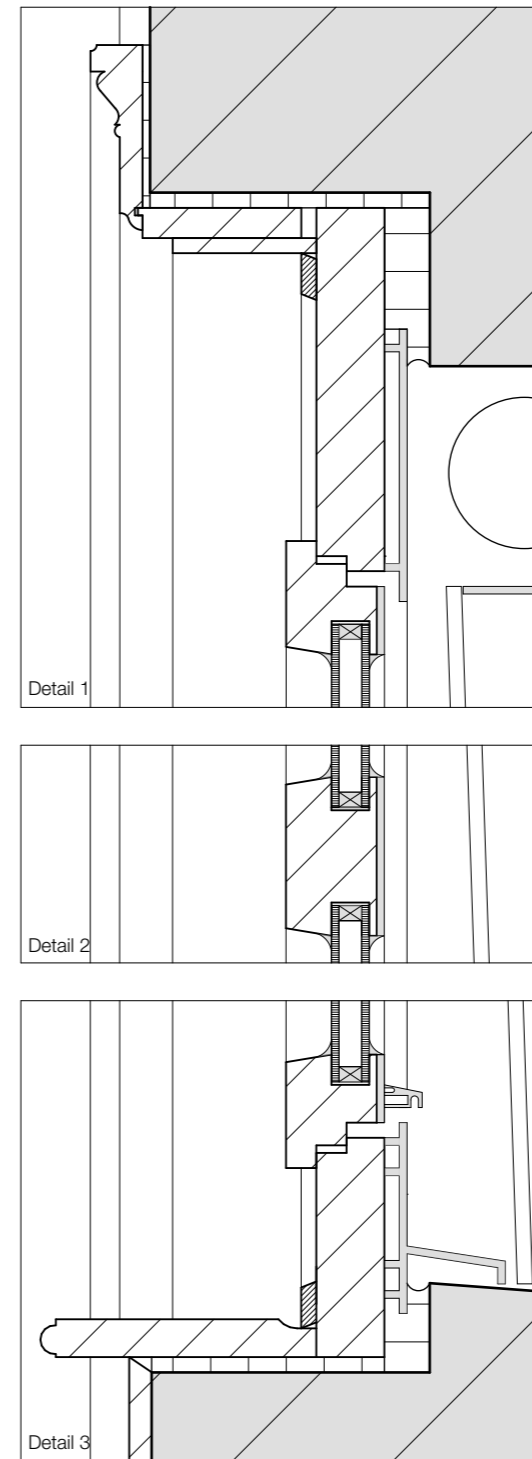
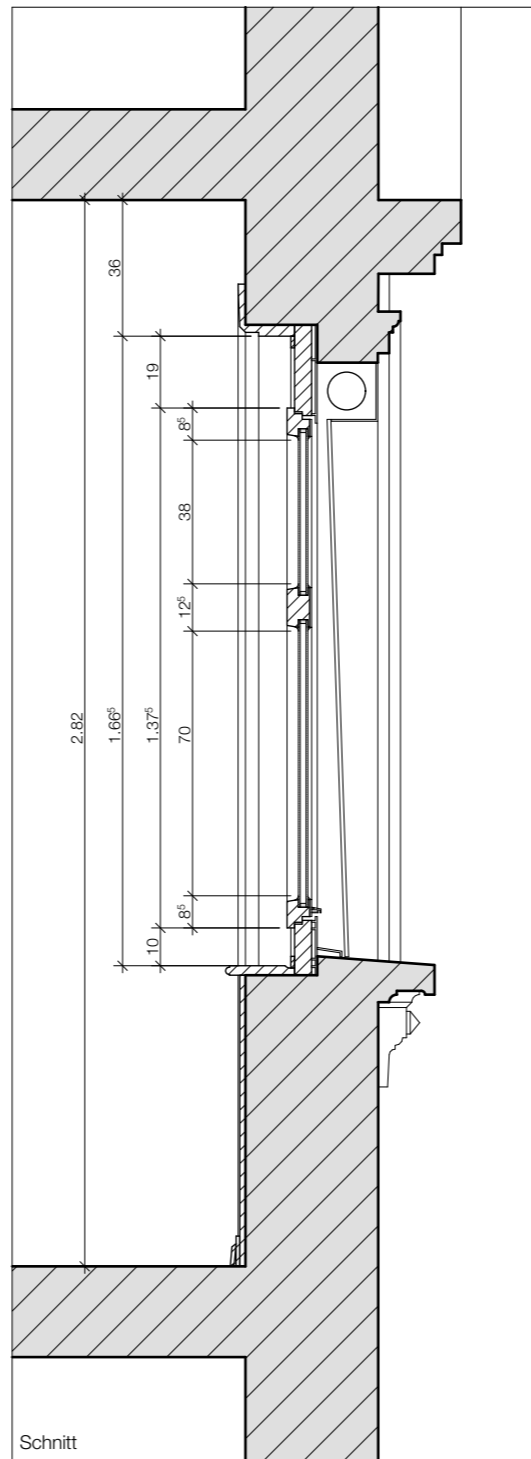
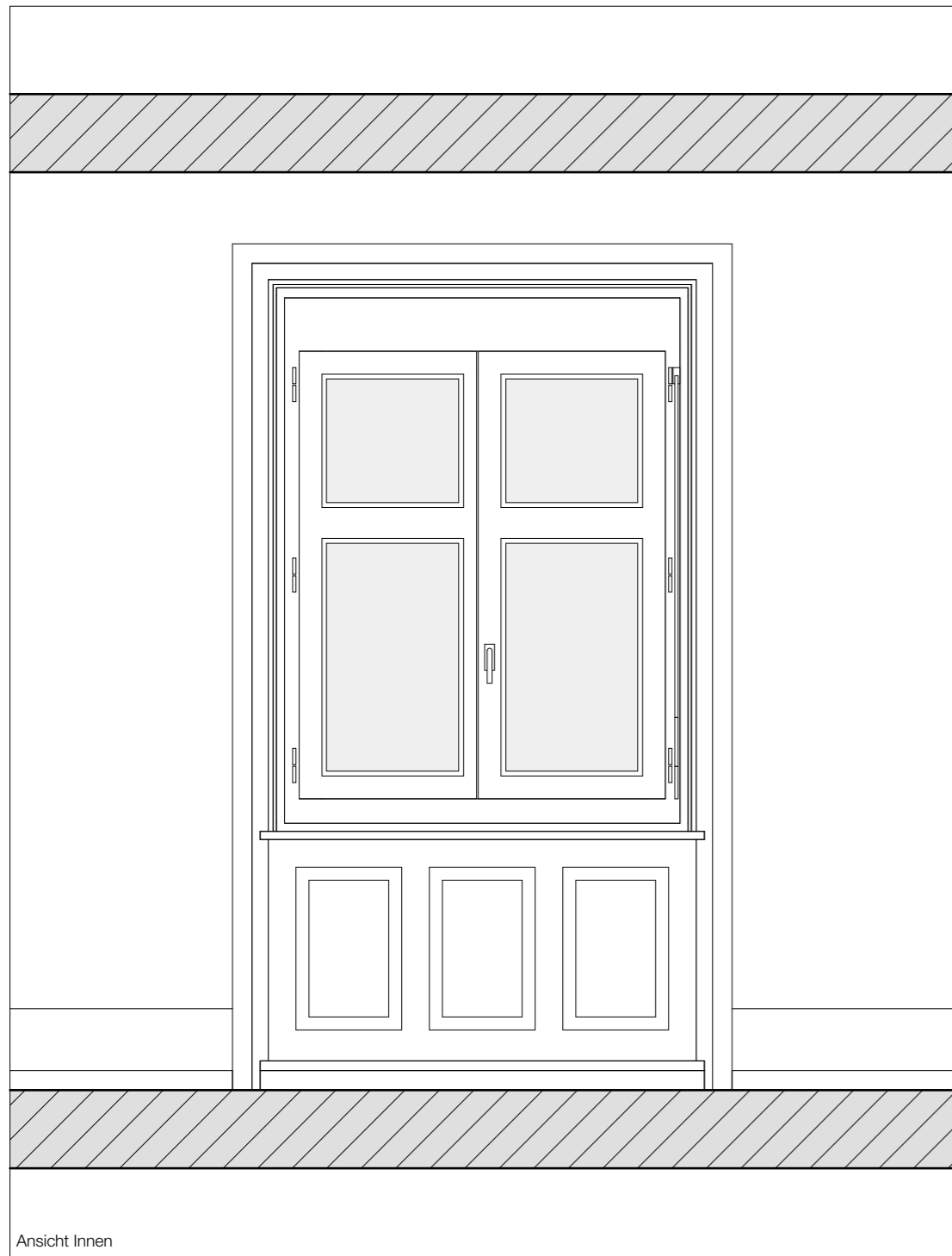


Die Wohnungen im Dachgeschoss (DG) besteht aus 2 unabhängigen Zonen: Dem Wohnzimmer (siehe Abbildung unten) und dem Bad (Abbildung oben rechts).

In jeder Zone ist ein Sensor (rH, T<sub>Raum</sub>, CO<sub>2</sub>) – in der Abbildung als gelber Punkt – und ein automatisiert öffnbares Kippfenster – in der Abbildung als blaues Fenster mit Lüftungspfeil vorhanden. Zusätzlich ist im Wohnzimmer ein elektrisch ansteuerbarer Pellet-Ofen und im Bad ein elektrisch ansteuerbarer beheizter Spiegel (zeitlich begrenzt einsetzbares IR Panel – rot) als Heizung vorhanden. Das Fenster und die Heizung der jeweiligen Zone wird nur basierend auf dem Sensorwert der entsprechenden Zone geregelt.

# Regelkonzept Wärmemanagement

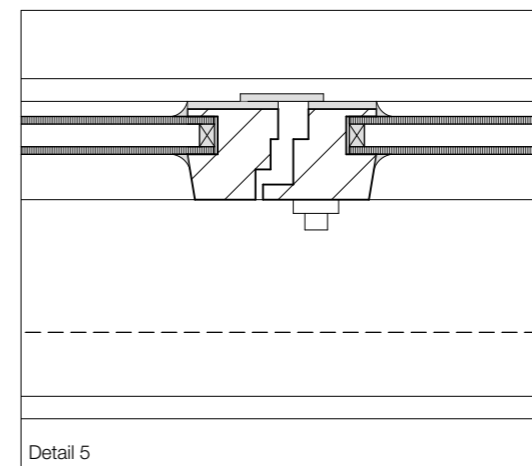
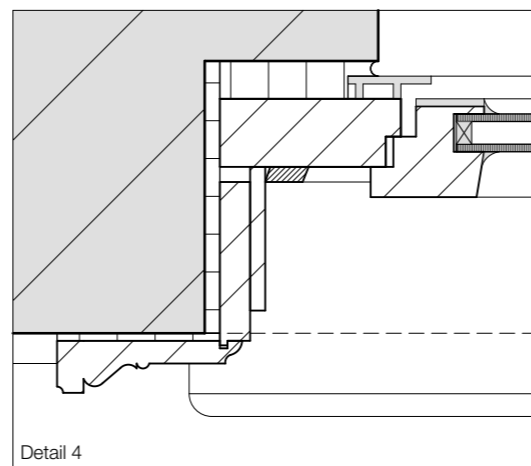
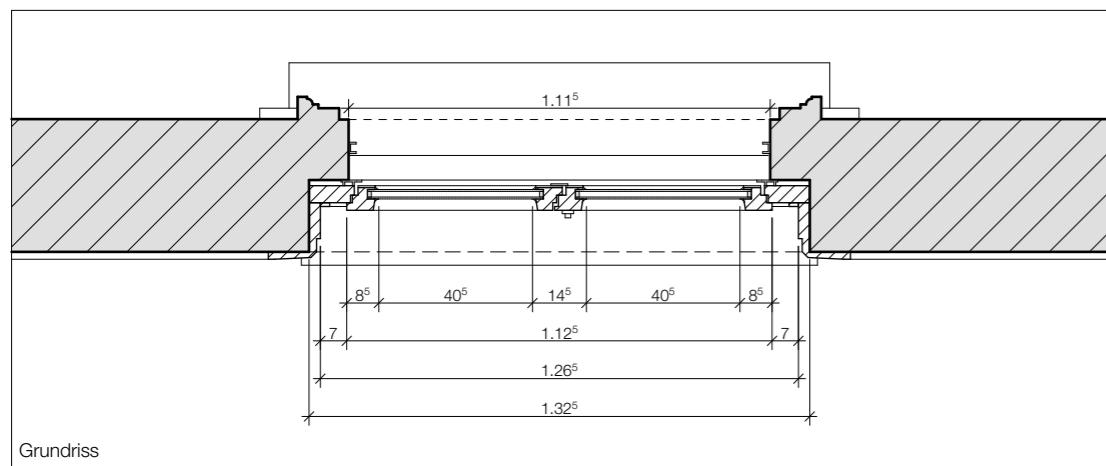
- Sensorenmessung
- Aussentemperatur
- Raumtemperatur
- Luftfeuchtigkeit im Raum
- CO<sub>2</sub>-Gehalt im Raum
- Algorithmische Steuerung
- Pelletöfen & Steckdosen
- Infrarotspiegel
- Fensterlüftung
- Manuelle Bedienung
- Holzöfen



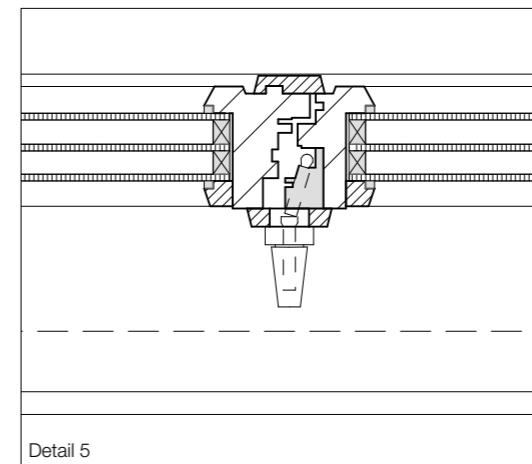
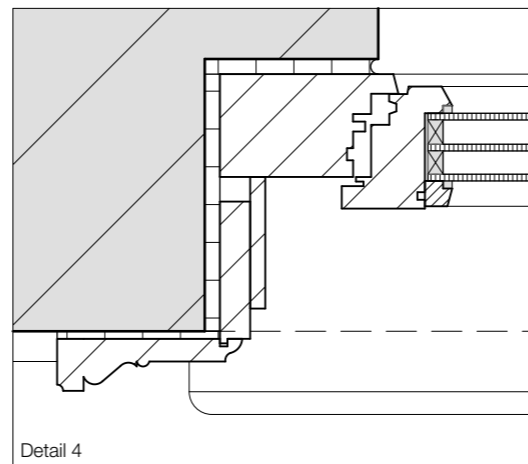
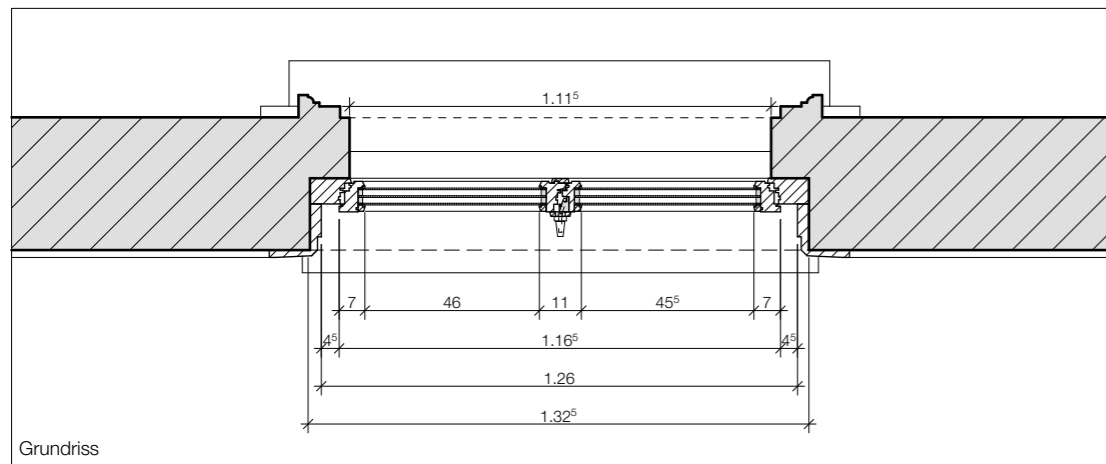
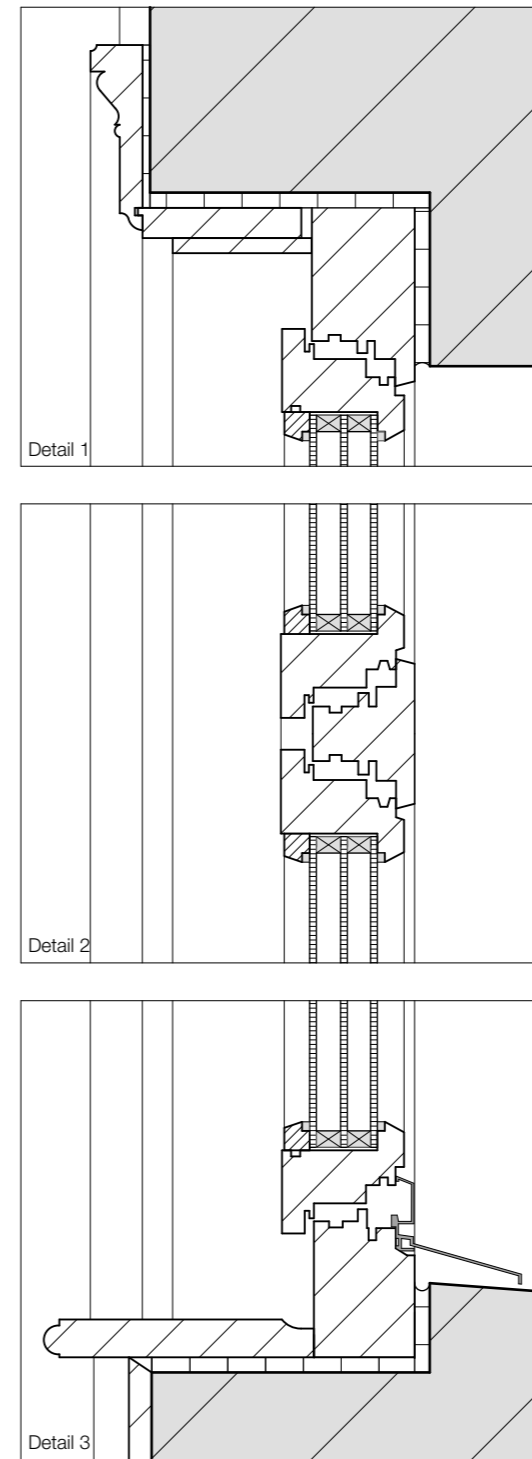
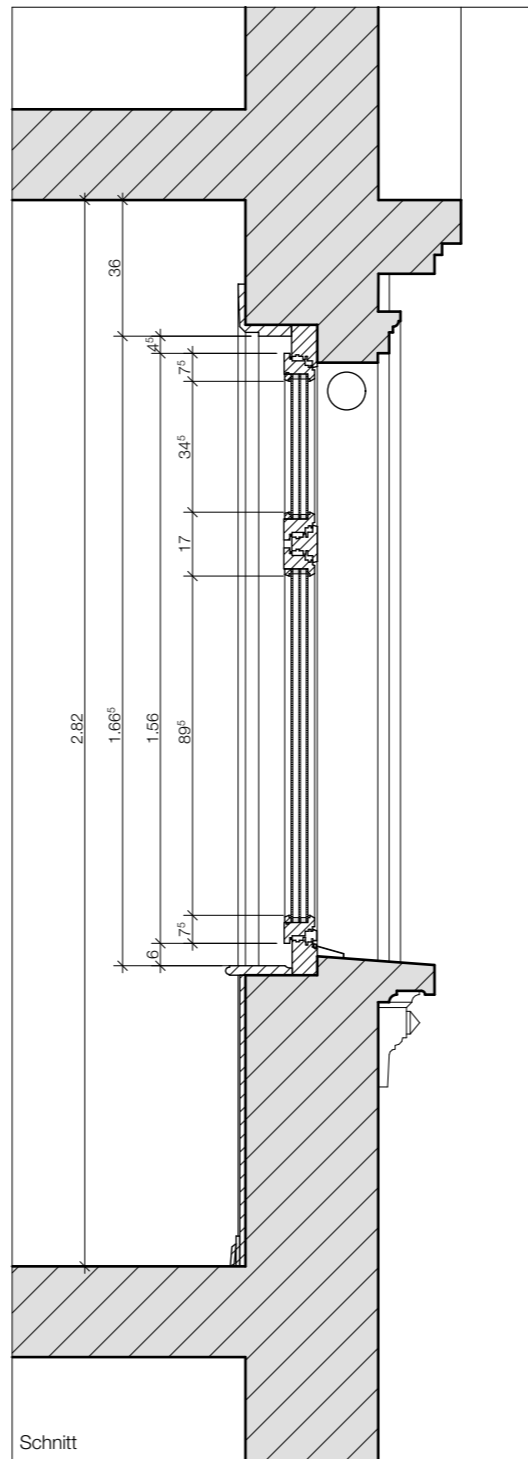
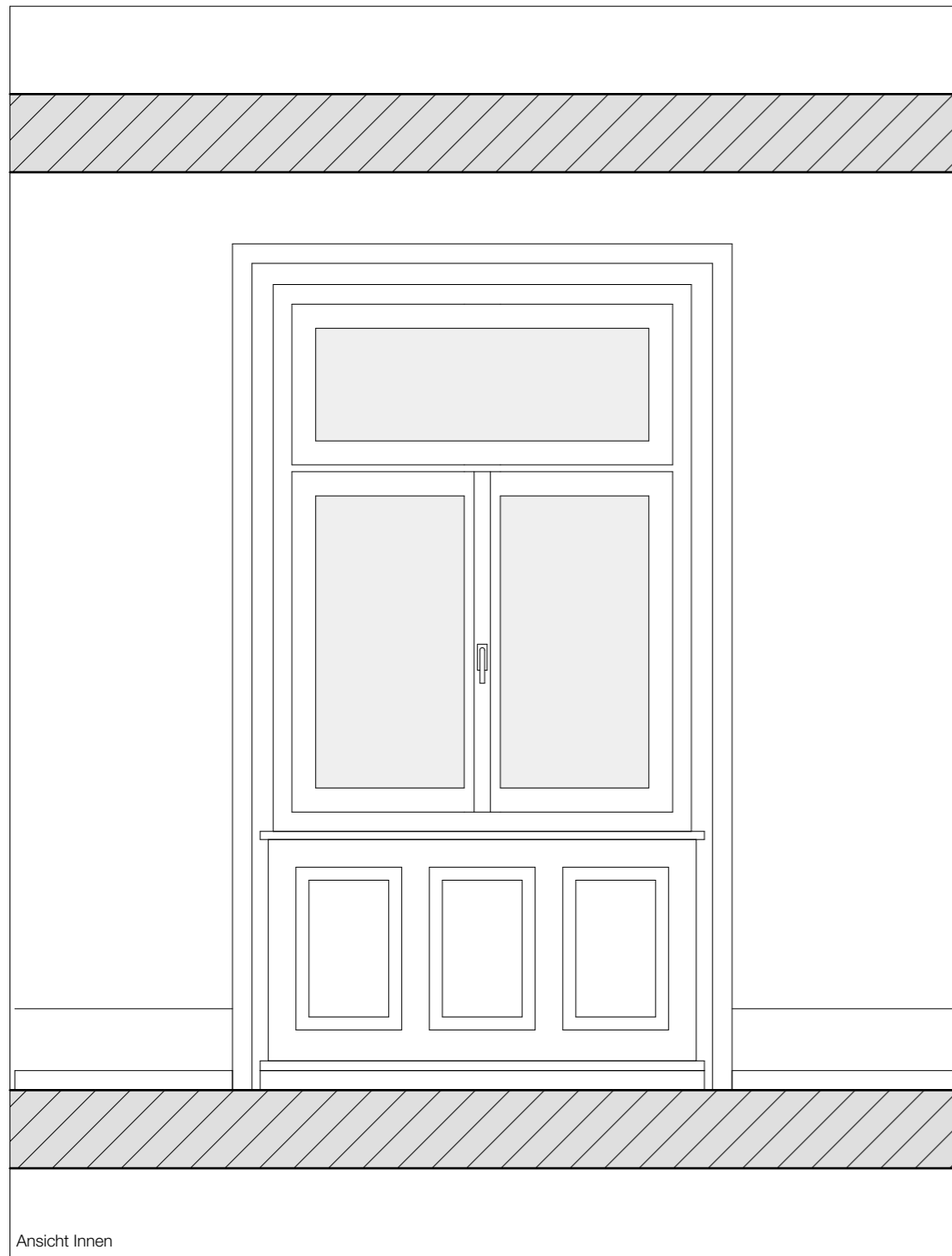
## Gestalterische Massnahmen

- Fenster Bestand

Mauerlicht:  $1.73\text{m}^2 = 100\%$   
 Glaslicht:  $0.95\text{m}^2 = 55\%$



Quelle: Pläne Atelier M Architekten  
 Atelier M Architekten, FE<sup>+</sup>B, 23.04.2024

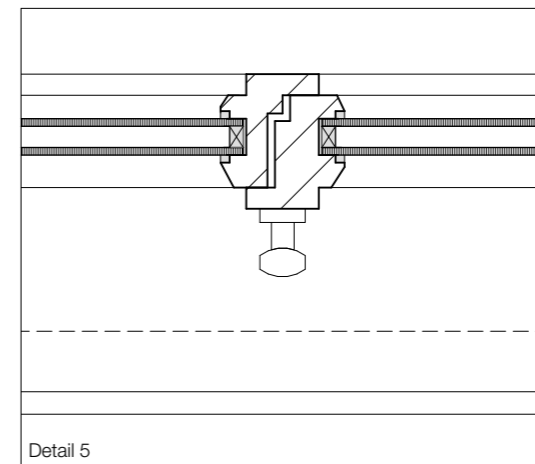
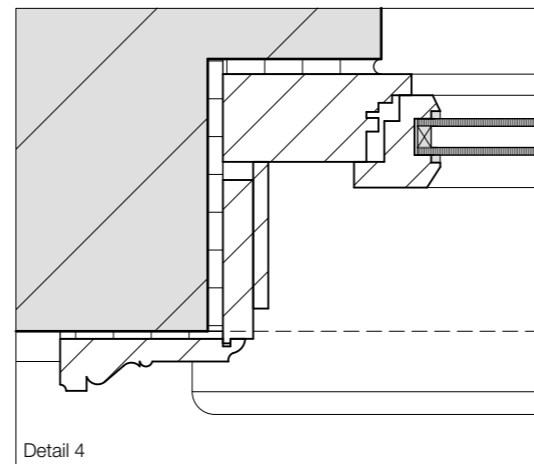
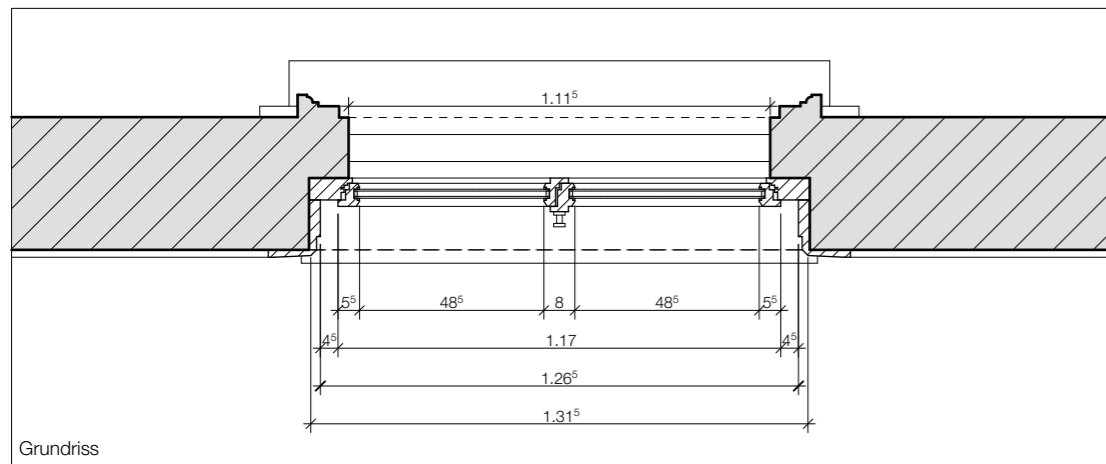
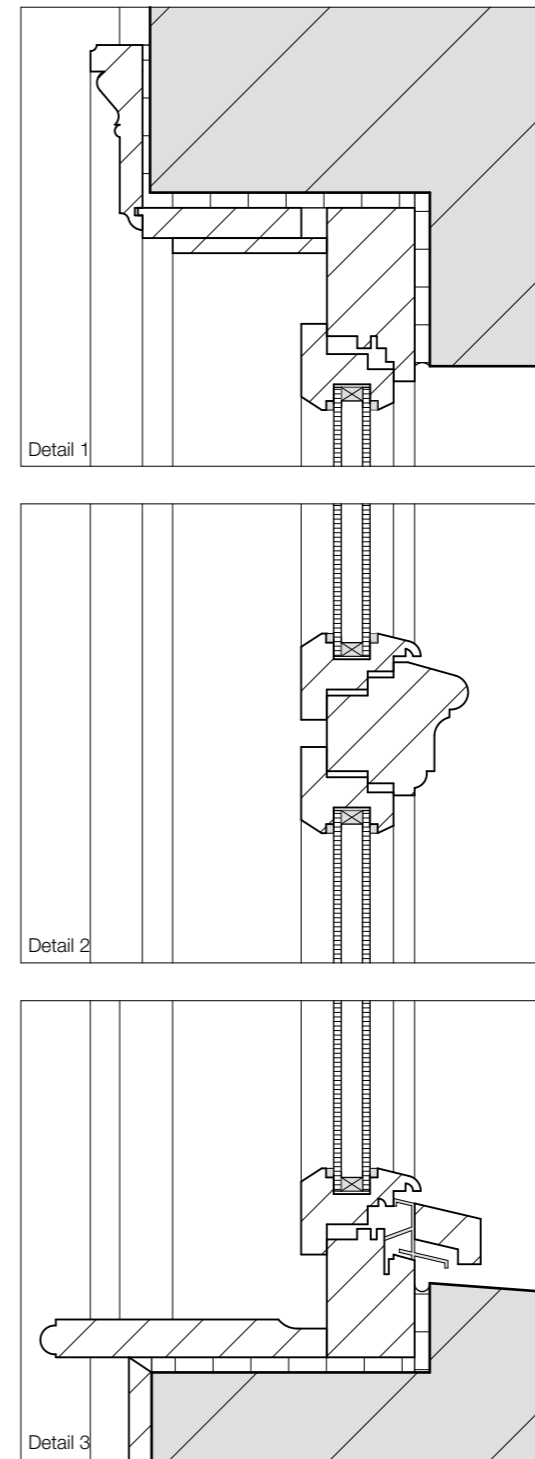
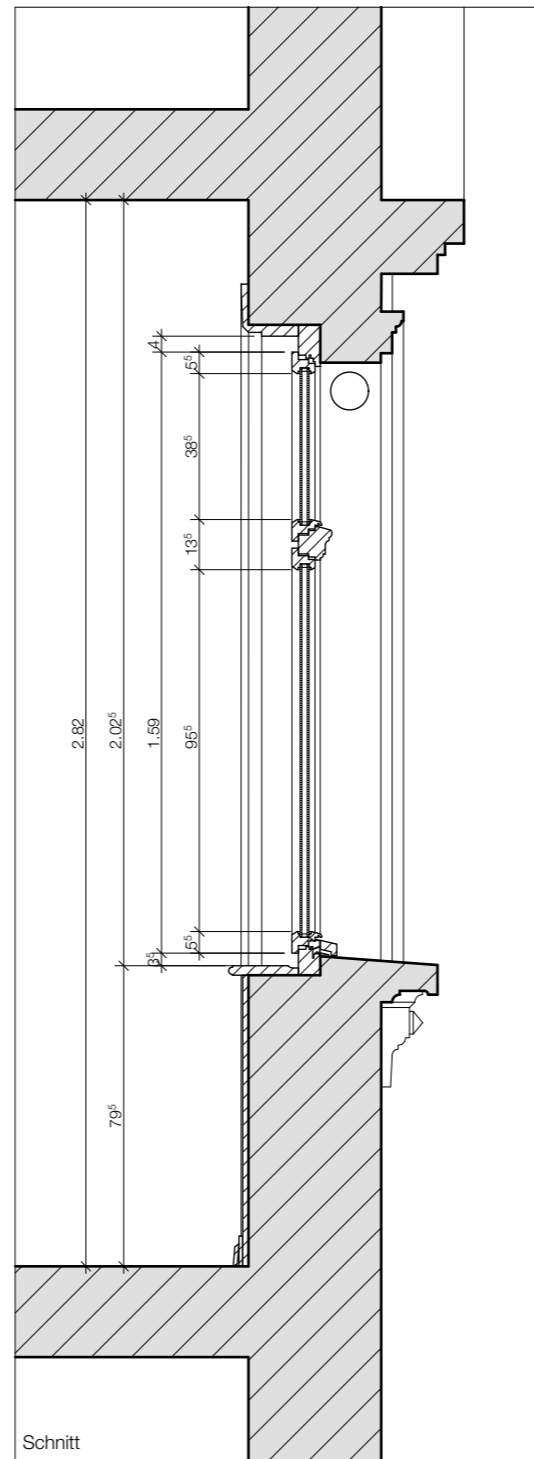
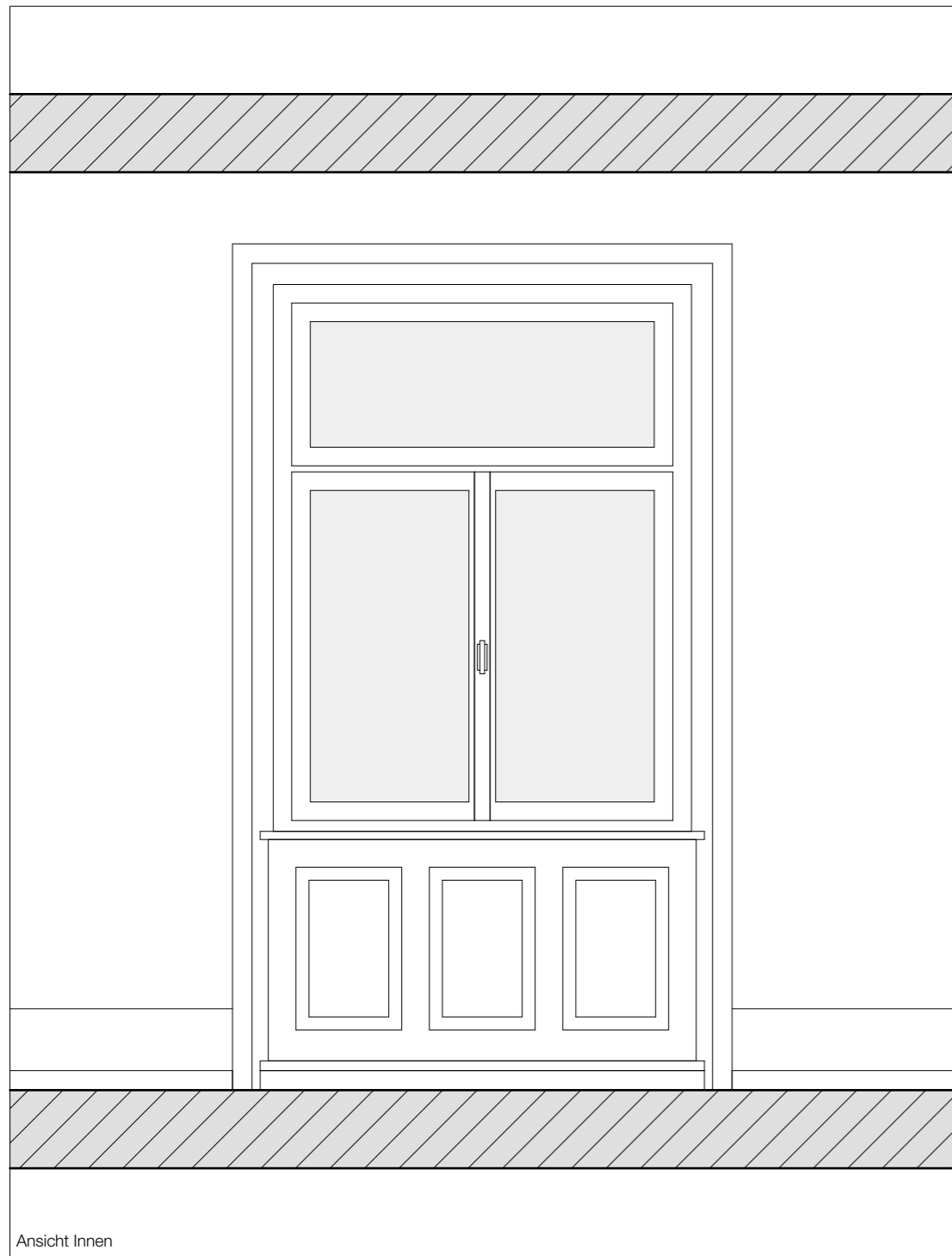


• Standardersatz

Mauerlicht:  $1.73\text{m}^2 = 100\%$   
 Glaslicht:  $1.18\text{m}^2 = 68\%$

Quelle: Pläne Atelier M Architekten  
 Atelier M Architekten, FE<sup>+</sup>B, 23.04.2024





• Bauzeitähnlicher Ersatz

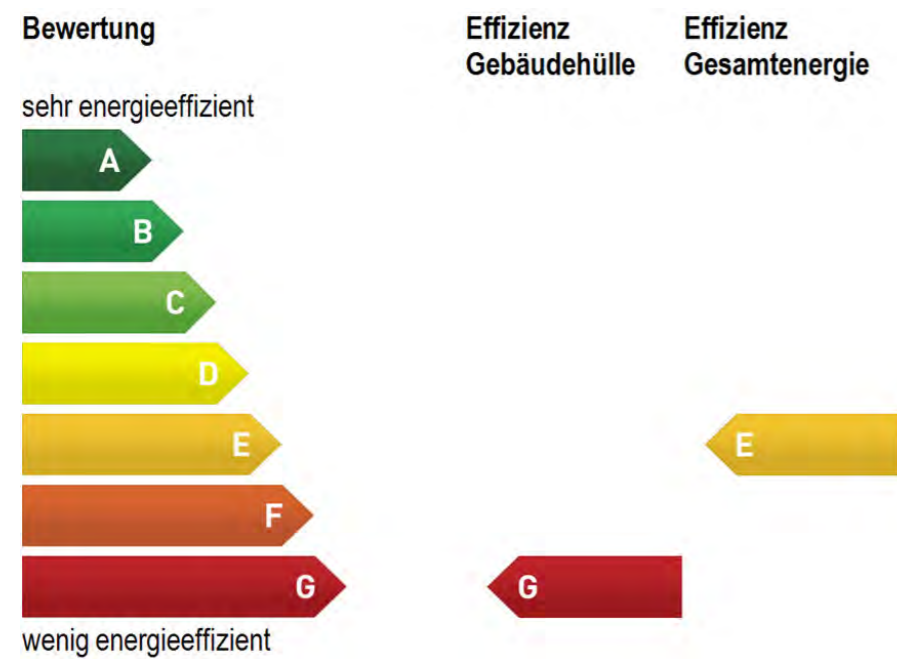
Mauerlicht:  $1.73\text{m}^2 = 100\%$

Glaslicht:  $1.35\text{m}^2 = 78\%$

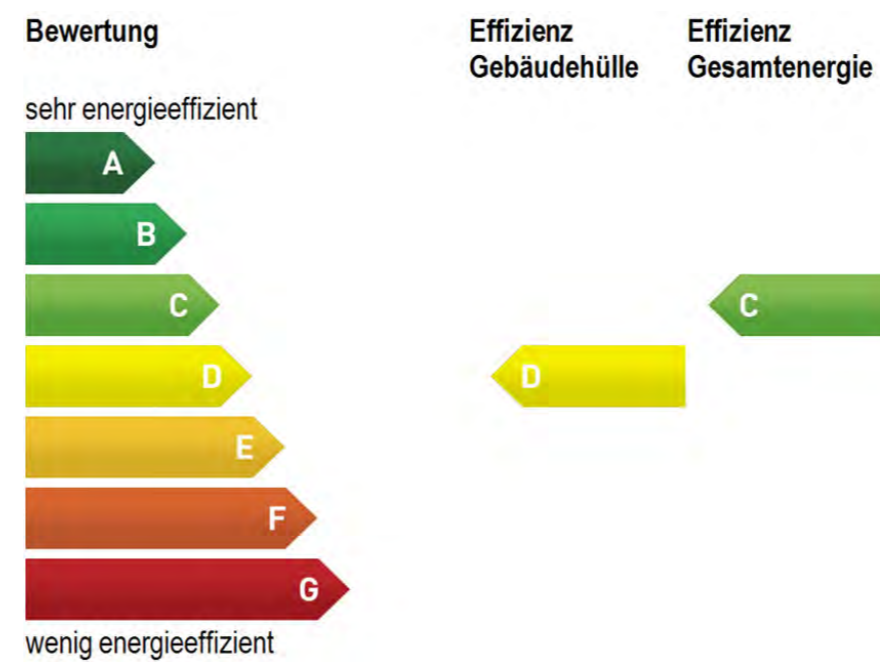
von 55% auf 78% = +42%

Quelle: Pläne Atelier M Architekten  
Atelier M Architekten, FE<sup>+</sup>B, 23.04.2024

## vor der Sanierung



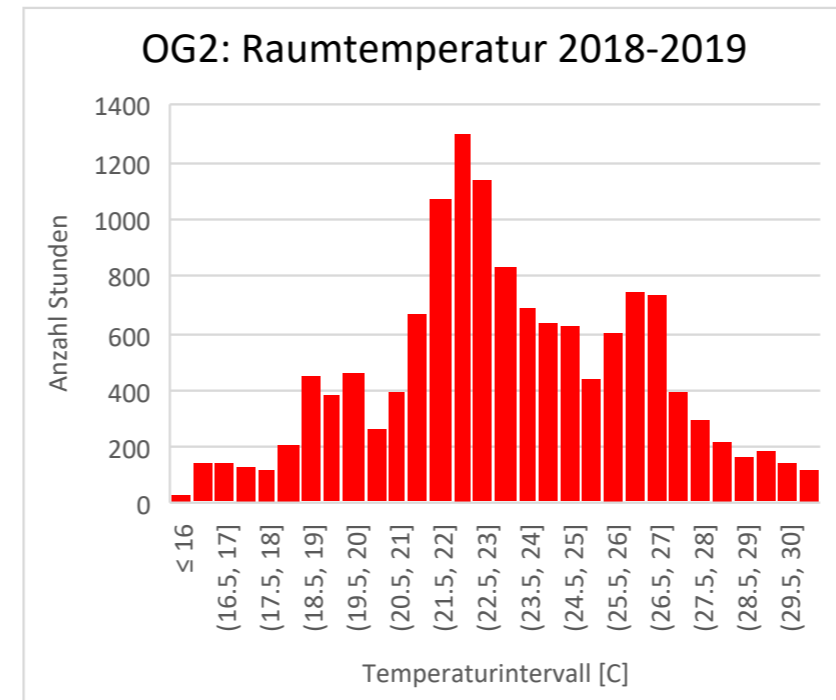
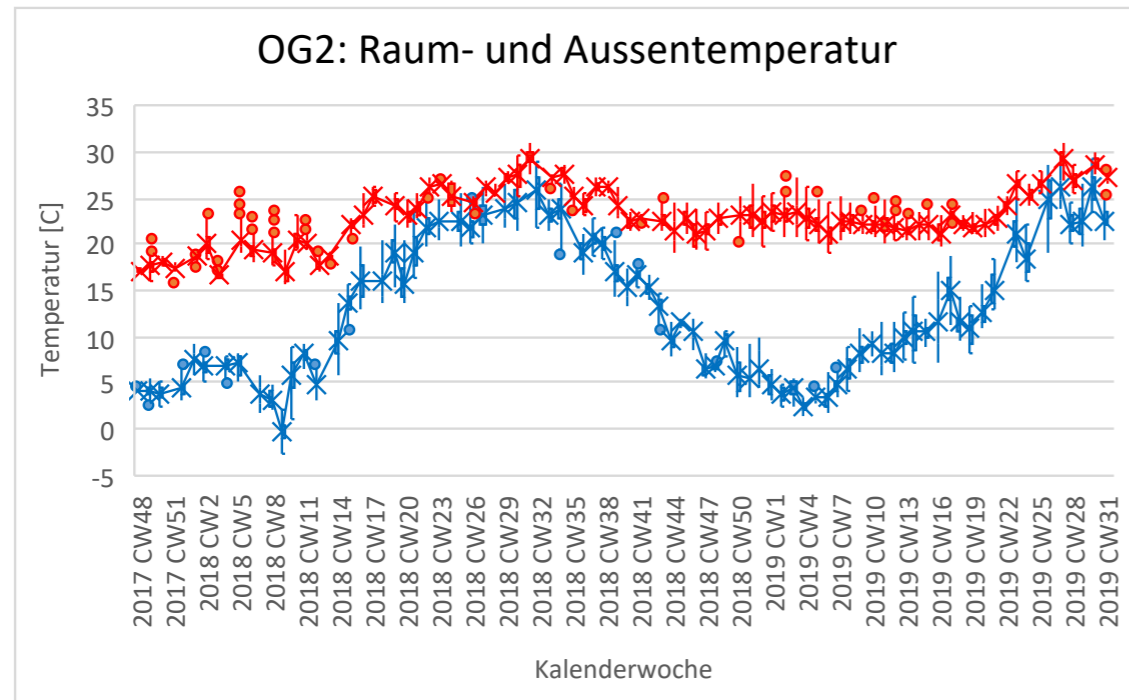
## nach der Sanierung



## Monitoring, Auswertung

- GEAK Berechnungen  
vorher  
nachher
- Messungen  
ab Jan 2018
- Bericht der HSLU  
vom 15. August 2022  
über den Zeitraum  
1.7.20 - 30.6.21

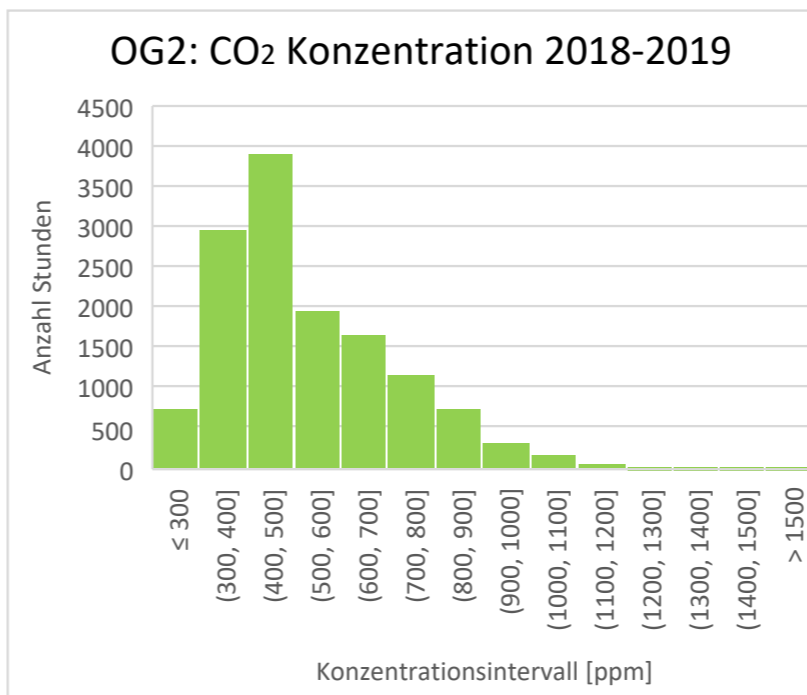
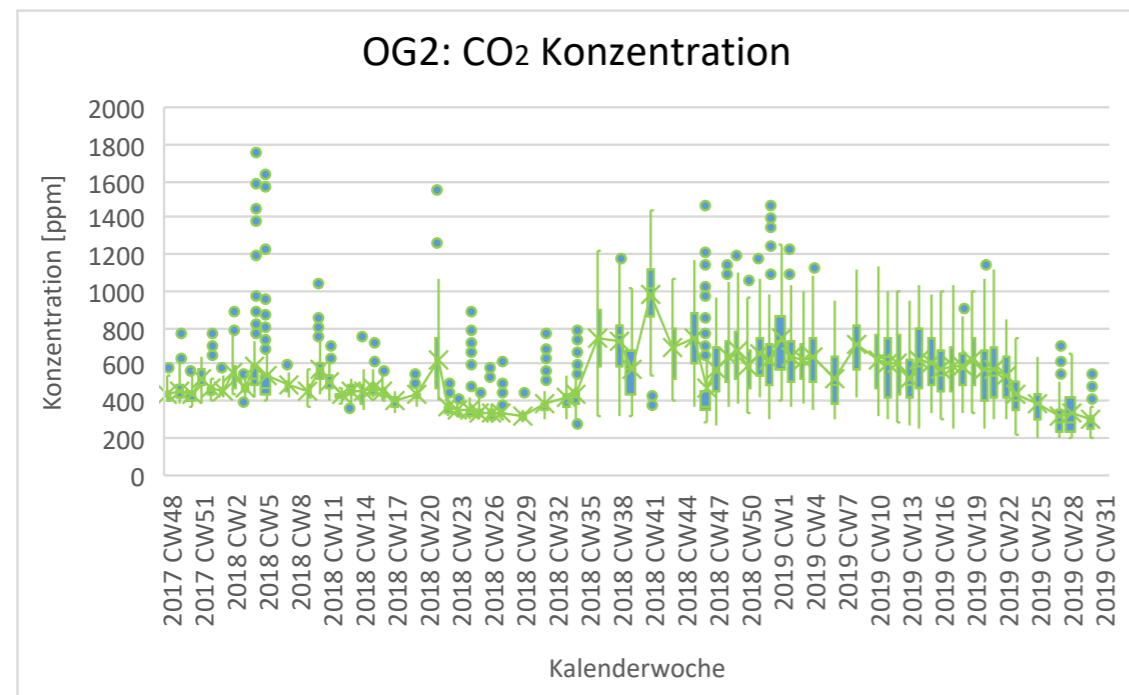
## 2. Obergeschoss



## Messungen

- Messungen Temperatur
- Messungen CO<sub>2</sub>

## 2. Obergeschoss



## Bericht

Horw, 15. August 2022

Energie und Denkmalschutz

### Untersuchungen an einem sanft renovierten Gebäude

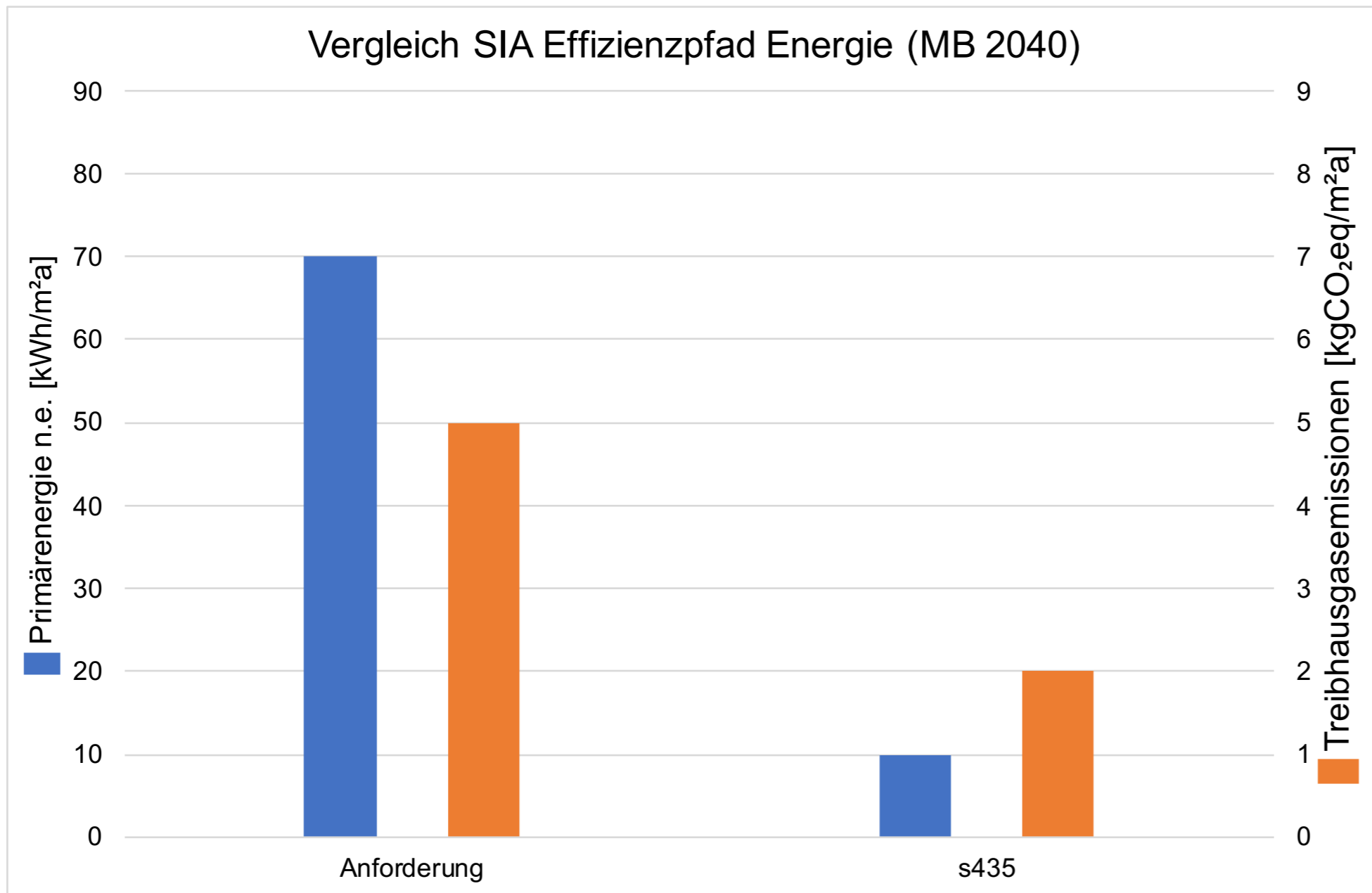


Quelle: [https://www.am-arch.ch/user\\_assets/projekte/stadthaus-felsenrain/220915\\_HSLU-Bericht\\_Felsenrain\\_web.pdf](https://www.am-arch.ch/user_assets/projekte/stadthaus-felsenrain/220915_HSLU-Bericht_Felsenrain_web.pdf)

## Bericht der HSLU

- Teil A: Betriebsenergie
  - Energiebedarf
  - CO<sub>2</sub> - Bilanz
  - Anforderungen gemäss:
    - SIA 2040
    - Minergie & Minergie-P
- Teil B: Graue Energie
  - Vergleich kWh
  - Vergleich THG
  - Vergleich mit baugleichem Nachbarhaus

Vergleich SIA Effizienzpfad Energie (MB 2040)



kWh/m²a

100%

100%

14%

40%

kgCO₂eq/m²a

- Teil A - SIA MB 2040
  - Energiebedarf und Treibhausgase im Vergleich mit SIA 2040 Effizienzpfad Energie

-> PE n.e. - 86%

-> THG - 60%

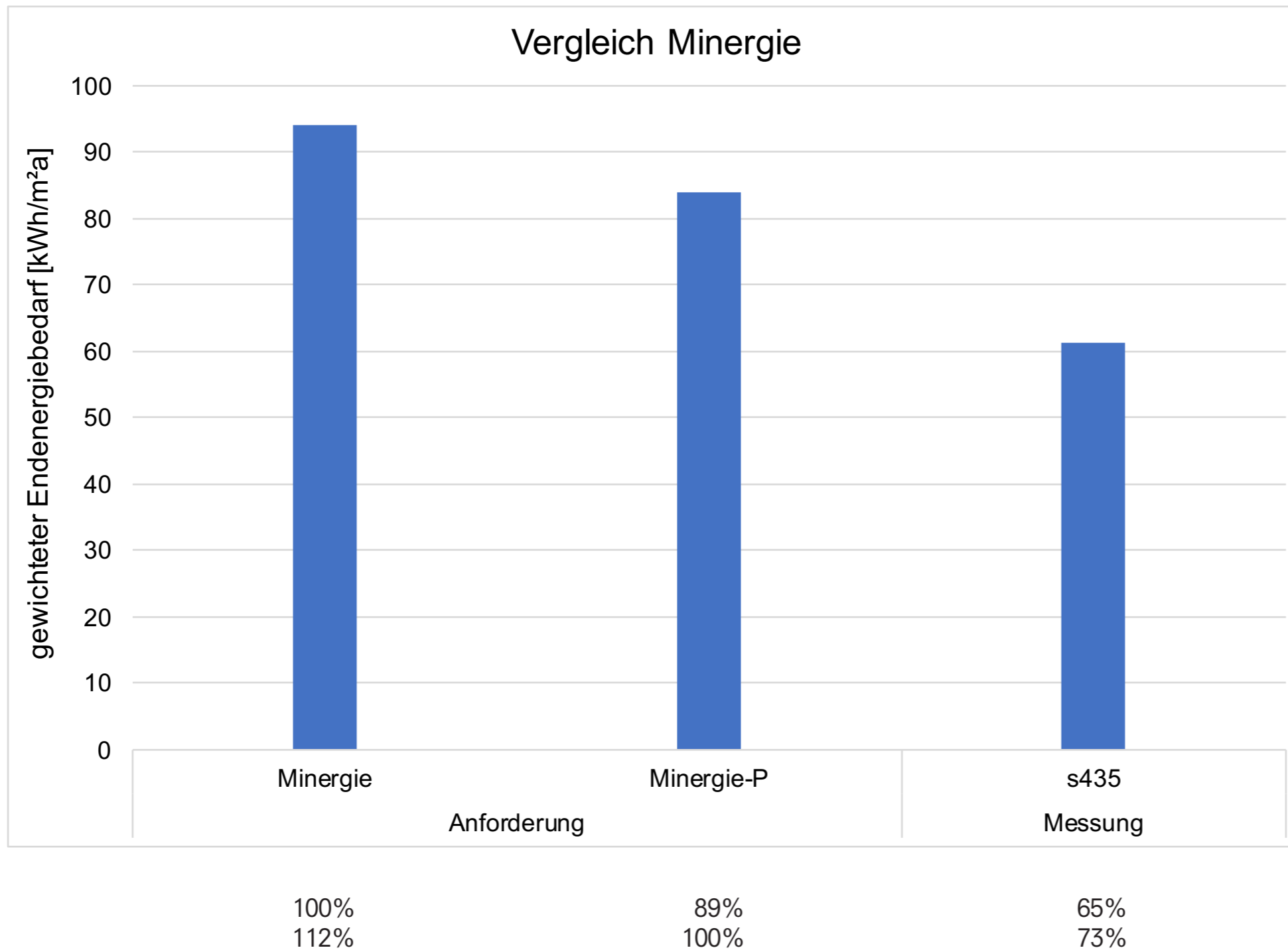
Der Primärenergiebedarf ergibt sich aus der Multiplikation des Endenergiebedarfes mit dem entsprechenden Primärenergiefaktor des eingesetzten Energieträgers. Der Primärenergiefaktor berücksichtigt die Energiemenge, die zur Gewinnung, Umwandlung und den Transport des Energieträgers bis in das Gebäude benötigt wird.

PE n.e.: Primärenergie nicht erneuerbar

THG: Treibhausgasemission

Quelle: HSLU IGE

Atelier M Architekten, FE<sup>+</sup>B, 23.04.2024

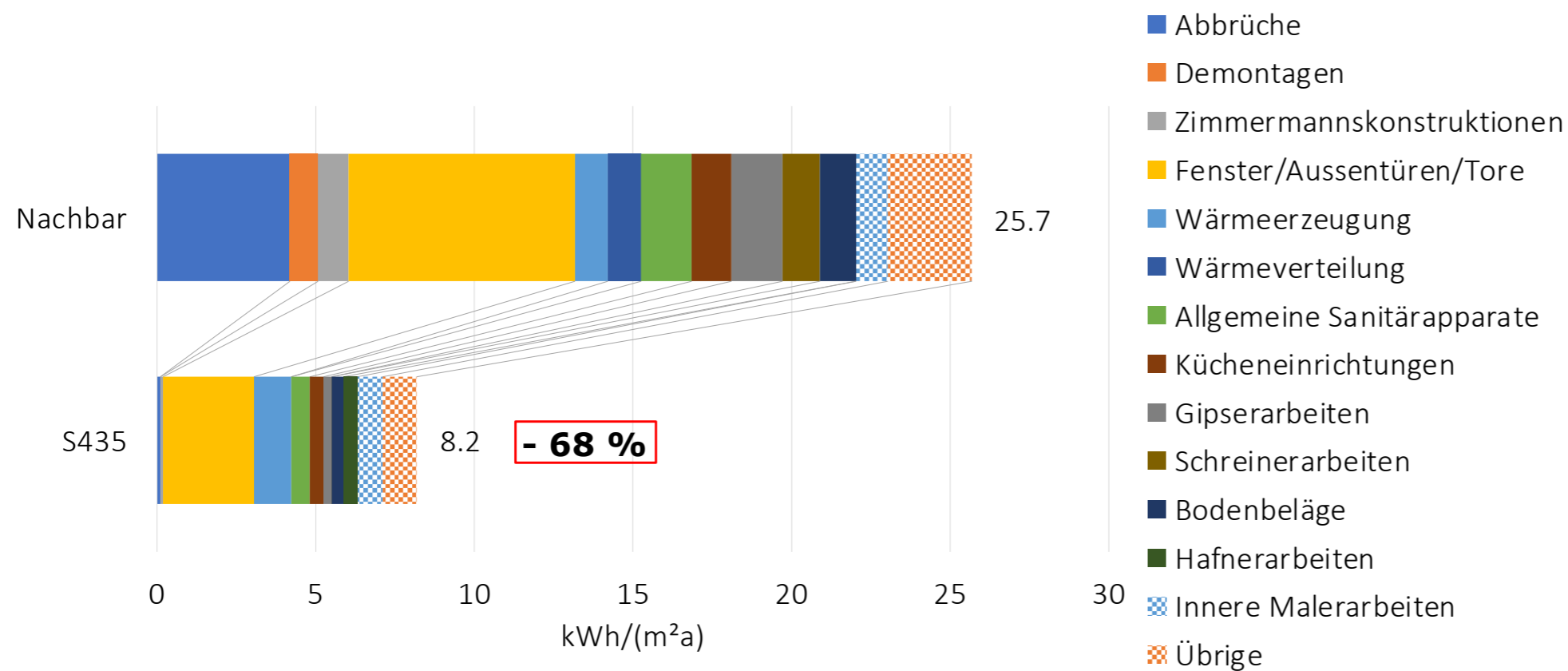


- Teil A - Minergie
  - Energiebedarf im Vergleich mit Minergie - 35% und Minergie-P - 27%

Als Endenergiebedarf wird die Energiemenge bezeichnet, die den Anlagen für Heizung, Lüftung, Warmwasserbereitung und Kühlung zur Verfügung gestellt werden muss, um die normierte Rauminnentemperatur und die Erwärmung des Warmwassers über das ganze Jahr sicherzustellen. Bei der Messung wird das Nutzerverhalten mit berücksichtigt.

Gewichtung:  
 Öl, Gas Faktor 1.0  
 Elektro Faktor 2.0  
 Biomasse Faktor 0.5

## Resultate: Graue Energie



- Teil B - kWh
  - Graue Energie in kWh
  - Vergleich Nachbarhaus

->  $\Delta$  17.5 kWh/m<sup>2</sup>a

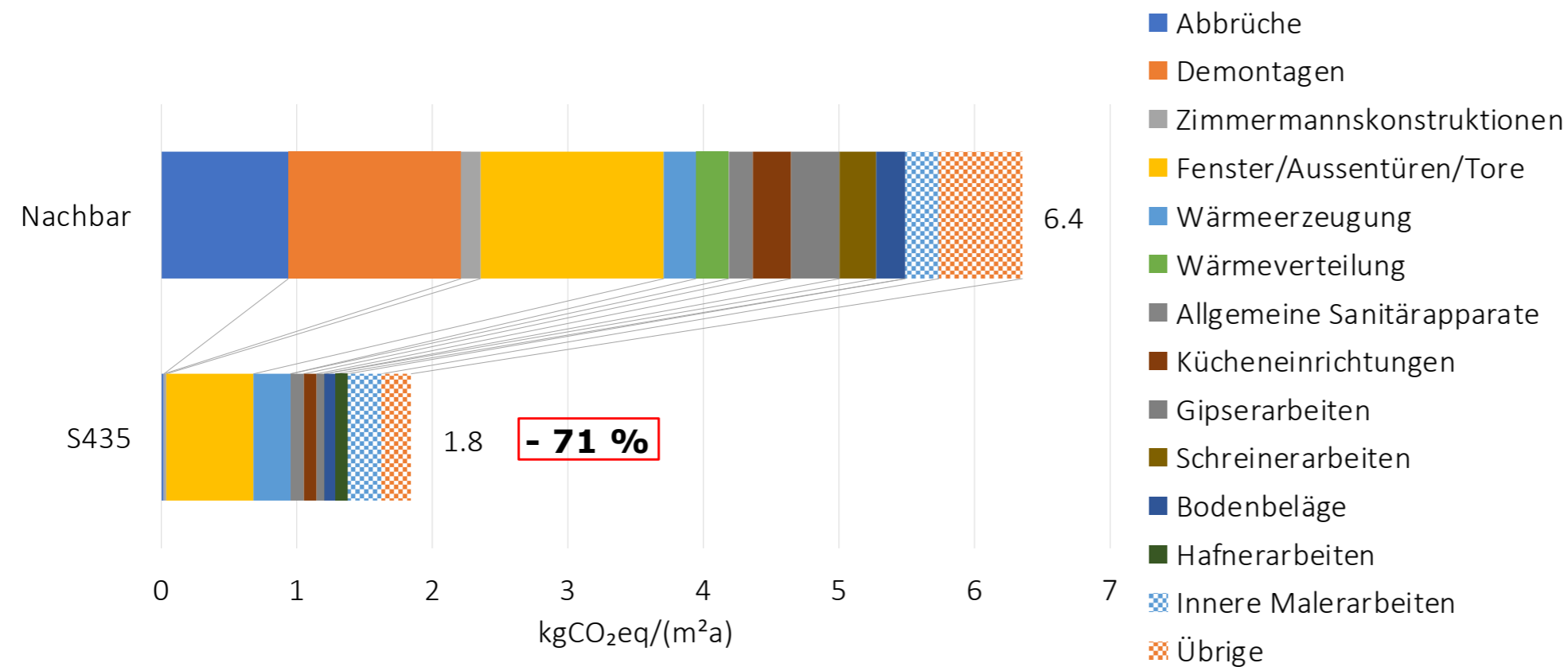
-> 3.1-facher Verbrauch

Die graue Energie bezeichnet die gesamte Menge an nicht erneuerbarer Primärenergie (PEne) in Baustoffen, Bauteilen und Gebäuden, die für alle vorgelagerten Prozesse und die Entsorgung erforderlich ist. Die Abschreibung der Grauen Energie wird über die Lebensdauer der Bauteile berechnet (SIA MB 2032).

Quelle: HSLU IGE

Atelier M Architekten, FE<sup>+</sup>B, 23.04.2024

## Resultate: Graue THG-Emissionen



- Teil B - THG
  - Graue Energie in THG
  - Vergleich Nachbarhaus

->  $\Delta$  4.6 kgCO<sub>2</sub>eq/m<sup>2</sup>a  
 -> 3.6-fache Emission



## Bilder 2018

- Hochwertige Adresse
- Eingangshalle
- Salon mit Heizung
- Diele
- Salon mit Deckenbild
- Schlafzimmer mit Heizung
- Küche mit Buffet
- Bad mit Dusche
- Schlichte Hoffassade



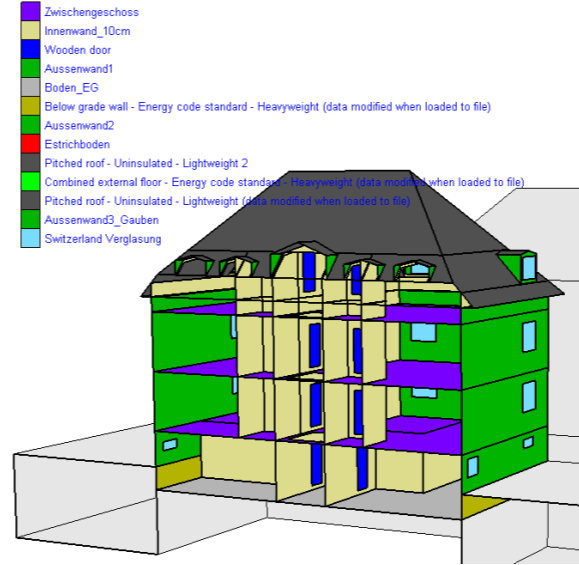
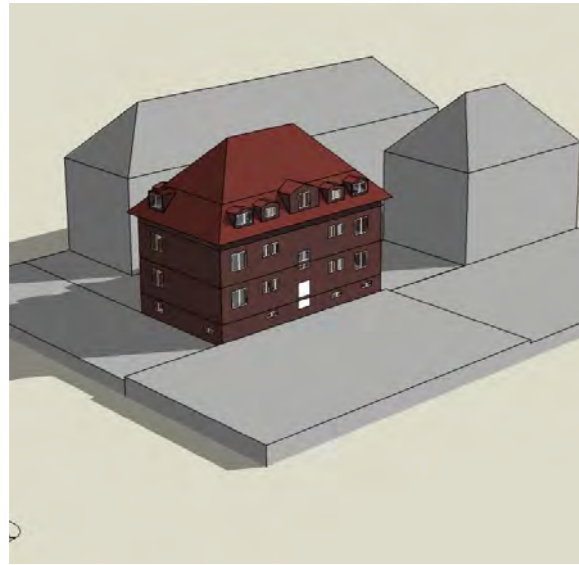
## Substanz

### Mehrfamilienhaus Birchegg

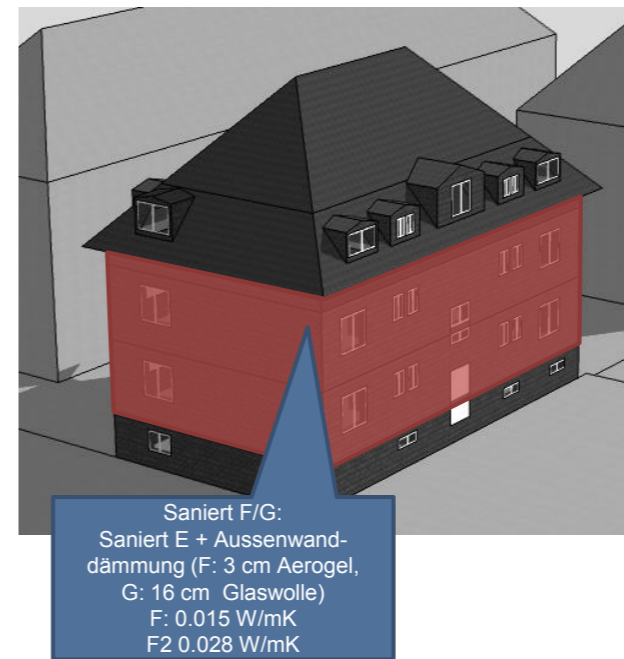
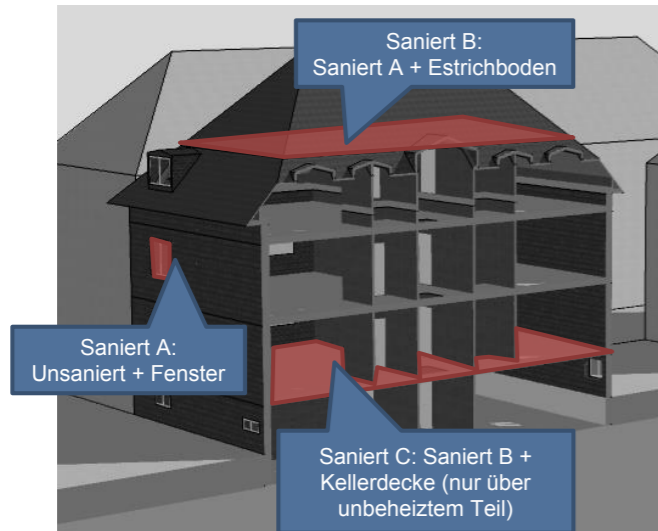
- Zürich Unterstrass
- Baujahr 1928
- Solitär
- Offene Bauweise
- Wohnhaus mit Werkstatt
- Einfache Adresse
- Massivbauweise



Quelle: Foto Baugeschichtliches Archiv  
Atelier M Architekten, FE<sup>+</sup>B, 23.04.2024

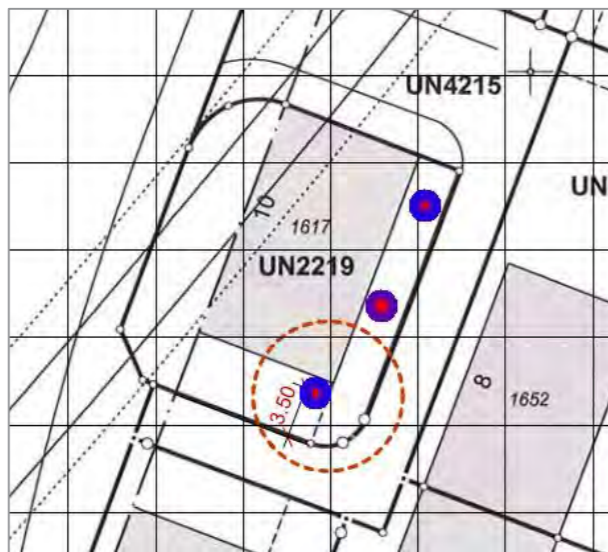


- Simulation  
Dynamische thermische Simulation mit bauphysikalischen Bauteilwerten, Klimakurve und Massnahmenkaskade.



## Heizwärmebedarf und Heizleistung der Varianten

Variante	Fenster	Estrichboden	Kellerdecke	Dach	Innendämmung Keller 1	Aussenwand		Heizwärmebedarf kWh/a	Einsparung ggü. Unsaniert	Warmwasserbedarf* kWh/a	Wärmebedarf kWh/a	Heizleistung Heizen kW
						3 cm Aerogel	16 cm Glaswolle					
Unsaniert								81'434		14'000	95'434	27.3
Saniert A	X							73'733	9.5%	14'000	87'733	25.0
Saniert B	X	X						71'574	12.1%	14'000	85'574	24.4
Saniert C	X	X	X					69'757	14.3%	14'000	83'757	24.0
Saniert D	X	X	X	X				56'795	30.3%	14'000	70'795	20.3
Saniert E	X	X	X	X	X			54'096	33.6%	14'000	68'096	19.1
Saniert F	X	X	X	X	X	X		27'193	66.6%	14'000	41'193	12.7
Saniert F2	X	X	X	X	X	X		31'949	60.8%	14'000	45'949	13.8
Saniert G	X	X	X	X	X	X	X	22'805	72.0%	14'000	36'805	11.6



Variante	Heizwärmebedarf kWh/a	Total inkl. Zuschlägen kW	Ergebnis EWS** Anz. Sonden à je Bohrtiefe m
Saniert A	73'733	33.5	nicht machbar
Saniert B	71'574	32.8	nicht machbar
Saniert C	69'757	32.3	2 Sonden à 323 m
Saniert D	56'795	27.6	2 Sonden à 289 m
Saniert E	54'096	26.1	2 Sonden à 278 m
Saniert F	27'193	18.0	2 Sonden à 189 m
Saniert F2	31'949	19.3	2 Sonden à ca. 200 m
Saniert G	22'805	16.6	2 Sonden à 180 m

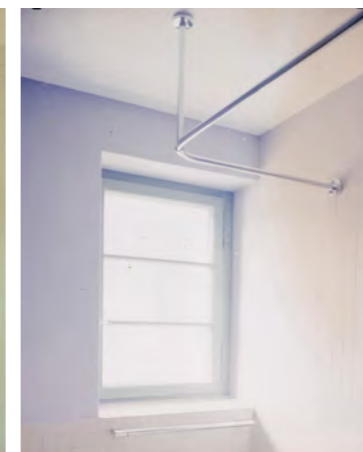
\*\* Die Grobauslegung erfolgte mit der dynamischen Simulationssoftware EWS, Heizleistung inkl. Zuschlägen (Verluste, Sperrstunden), 32 mm Doppel-U-Sonden, Erdreich mit 2.4 W/mK, 2600 kg/m<sup>3</sup> und 1000 J/kgK, Standardhinterfüllung, Sonden auf -3°C nach 50 Jahren ausgelegt, COP Heizen 3.8, BWW 2.8.

- Auswertung Massnahmen
  - Massnahmenkatalog A-G als Kaskade
  - Gegenüberstellung mit notwendiger Bohrtiefe

Sanierung: Massnahme E mit 3 Bohrlöchern à 220 m Tiefe

## Bilder 2024

- Erhalt des Ensembles
- Erhalt Fassaden Wurmputz
- Erhalt Kunststeintreppen
- Erhalt Wohnungstüren
- Erhalt Steinzeug & Schiefer
- Erhalt Massivholzböden
- Erhalt Gussradiatoren
- Erhalt CNS Spülen
- Kompakte Bäder
- Begrenzte Plattenschilde





Besten Dank