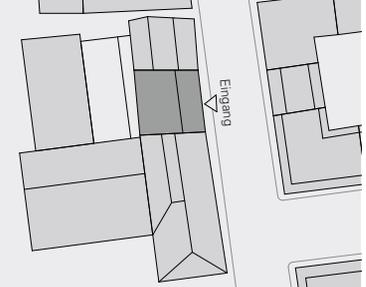


## CHARAKTERISTIKEN

Das Gebäude ist repräsentativ für Genfer Wohnbauten des späten 18. und frühen 19. Jahrhunderts. Es befindet sich im Stadtzentrum von Genf, angrenzend an ein Mehrfamilienhaus und ein Theater. Das Erdgeschoss beherbergt Gewerbeflächen, während die fünf Stockwerke dem Wohnen gewidmet sind. Im asymmetrischen Schrägdach befinden sich zwei bewohnte Dachgeschosse. Besonders charakteristisch für Gebäude dieser Epoche sind die unterschiedlich gestaltete Hof- und Strassenfassade. Die Strassenfassade ist reich dekoriert (Natursteinverkleidung, Balkone auf Konsolen, Gesimse und zahlreiche dekorative Elemente), während die Hoffassade viel einfacher gehalten ist. (Einziges Dekorationselement sind die Natursteineinfassungen der Fenster in der sonst verputzten Fassade). Die Tragstruktur des Gebäudes ist einfach. Massive Aussen- und Innenwände tragen eine traditionelle Holzbalkendecke. Seit seiner Erbauungszeit wurden mehrere Sanierungseingriffe durchgeführt (Sanitäranlagen und Küchen, Dachgeschossausbau, Dach, Heizung usw.), die das Gesamtbild des Gebäudes jedoch nicht wesentlich beeinträchtigt haben.



Lageplan 1: 2'000

0 15 120

Baujahr	1901
Bebaute Fläche [m <sup>2</sup> ]	285
Wohnungsanzahl	18
Energiebezugsfläche (EBF) [m <sup>2</sup> ]	2'072
Gebäudehüllfläche [m <sup>2</sup> ]	1'406
Formfaktor	0.81
Mittlerer Energieverbrauch [kWh/a]	222'344
Heizwärmebedarf «erhoben» [MJ/m <sup>2</sup> ]	243
Heizwärmebedarf «errechnet» [MJ/m <sup>2</sup> ]	285
Wärmeerzeugung	Gasheizung
Wärmeverteilung	Radiatoren mit Thermostatventilen

### Dach

nachträglich gedämmtes Schrägdach mit Ziegel- und Kupfereindeckung

### Aussenwand

massive Kalksteinwände

### Aussenbereich

auskragende Balkone auf Tragkonsolen aus Naturstein

### dekorative Elemente

Kalkstein

### Fenster

Holzfenster, Einfachverglasung

### Geschossdecken

Holzbalkendecke

### Gesims

Kalkstein

### Sockel

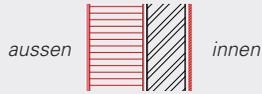
Schaufenster mit Metallrahmen, Doppelverglasung

### Kellerdecke

Hourdisdecke

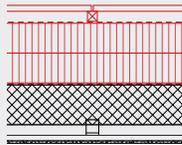
Ausschnitt der Ostfassade

**Aussenwand (Hofseite)**  
U gemessen: 1.30 W/m<sup>2</sup>K (15%)  
U Bestand: 0.93 W/m<sup>2</sup>K  
U Sanierung: 0.12 W/m<sup>2</sup>K



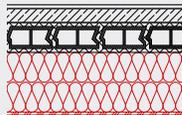
- . Dämmung 270 mm
- . Naturstein
- . Unterkonstruktion
- . Holzverkleidung

**Flachdach (über EG)**  
U Bestand: 0.6 W/m<sup>2</sup>K  
U Sanierung: 0.1 W/m<sup>2</sup>K



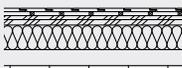
- . Bodenbelag
- . Abdichtung
- . Dämmung 300 mm
- . Dampfsperre
- . Betondecke
- . abgehängte Decke

**Kellerdecke**  
U Bestand: 1.78 W/m<sup>2</sup>K  
U Sanierung: 0.11 W/m<sup>2</sup>K



- . Unterlagsboden mit Fliesen
- . Hourdisdecke
- . Dämmung 300 mm

**Dach**  
U Bestand: 0.5 W/m<sup>2</sup>K



- . Dachziegel
- . Lattung und Konterlattung
- . Dämmung und Dampfbremse
- . Lattung und Holzverkleidung

**Fenster (Strassenseite)**  
Ug Bestand: 6.0 W/m<sup>2</sup>K  
Uf Bestand: 3.0 W/m<sup>2</sup>K  
g Bestand: 0.92  
Ug Sanierung: 1.1 W/m<sup>2</sup>K  
Uf Sanierung: 3.0 W/m<sup>2</sup>K  
g Sanierung: 0.6

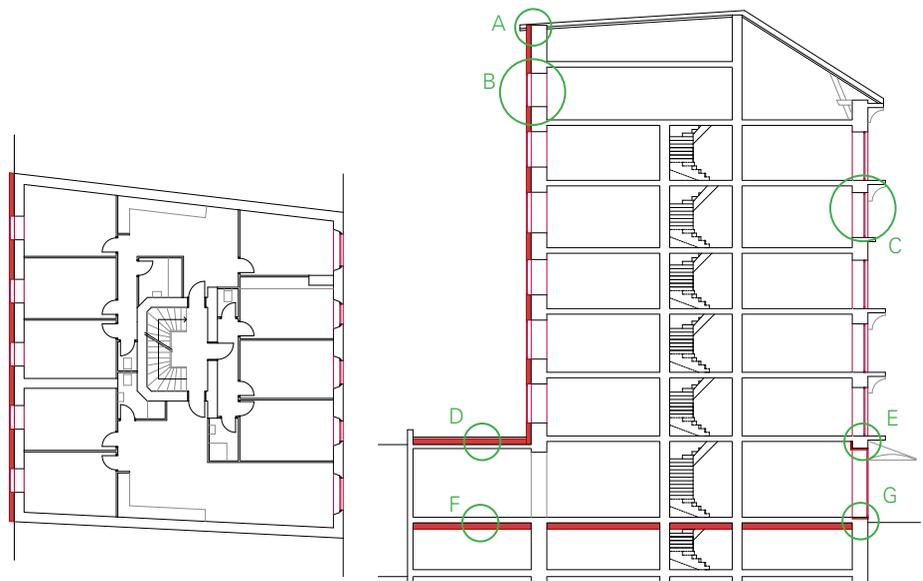
- . Holzrahmen (Eiche)
- . Einfachverglasung
- . Holzrahmen (Eiche)
- . Doppelisolierverglasung

**Fenster (Hofseite)**  
Bestand identisch mit Strassenseite  
Ug Sanierung: 0.6 W/m<sup>2</sup>K  
Uf Sanierung: 1.2 W/m<sup>2</sup>K  
g Sanierung: 0.45

- . Holzrahmen (Eiche)
- . Holz-Metallrahmen
- . Dreifachisolierverglasung

## SANIERUNGSSTRATEGIE

Die gewählte Sanierungsstrategie berücksichtigt die architektonischen Besonderheiten der beiden Fassaden und reagiert differenziert auf den zu erhaltenden historischen Charakter der Straßenseite und die wesentlich einfacher gestaltete Hofseite. Auf der historischen Strassenseite beschränkt sich der Eingriff auf die Sanierung der Holzfenster (Aufdopplung des bestehenden Holzrahmens und Einbau von Isolierglas), während die hofseitige Fassade zum Ausgleich eine maximale Wärmedämmung erhält (Wärmedämmverbundsystem und neue Fenster mit Dreifachverglasung). Die Erdgeschossdecke wird unterseitig gedämmt, um die Kontinuität der thermischen Hülle zu gewährleisten. Das kürzlich renovierte Dach des Gebäudes wird im Gegensatz zum Flachdach des Innenhofes nicht verändert. Der freiliegende Südgiebel erhält ein Wärmedämmverbundsystem.



Schematischer Grundriss und Schnitt. In rot die sanierten Bauteile der Gebäudehülle des Sanierungsszenarios 1. In grün wesentliche Gebäudedetails.

## SANIERUNGSEINGRIFFE

**Westfassade (Hof):** Wesentlicher Sanierungseingriff, um die zurückhaltende Sanierung der Strassenseite zu kompensieren: verputztes Wärmedämmverbundsystem, Fensterersatz. Die Fensterläden werden durch Raffstoren ersetzt.

**Ostfassade (Strasse):** Aufdopplung der Holzfenster-

rahmen und Ersatz der Verglasung (Isolierverglasung).

**Flachdach über EG:** Das Flachdach im Hof wird energetisch saniert. Dämmung und Dachabdichtung werden erneuert und alle Oberlichter ersetzt. Ein besonderes Augenmerk liegt dabei auf Bauteilanschlüssen wie Türschwellen, die die Aufbauhöhe begrenzen.

**Dach:** Das Dach des Gebäudes mit Ziegel- und Kupfereindeckung wurde bereits saniert und gedämmt und ist in gutem Zustand. Das Szenario sieht deshalb keinen Eingriff vor.

**Stirnfassade:** Der freiliegende Teil der Stirnfassade, ohne angrenzende Nachbarbebauung, erhält eine Aussenwärmedämmung.



Westfassade zum Hof



Flachdach über Geschäften



Dach

## SANIERUNGSDetails

**A** Die Westfassade (Hof) erhält ein Wärmedämmverbundsystem mit EPS-Hartschaumplatten. In Kombination mit einem hellen mineralischen Verputz wird der mineralische Charakter der Bestandsfassade gewahrt.

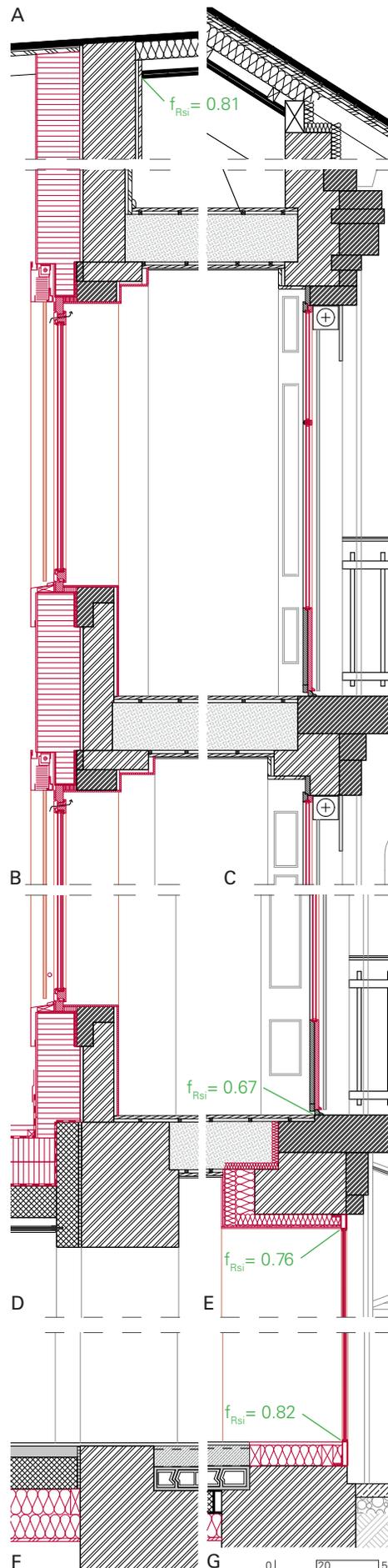
**B** Die bestehenden Holzfenster und Holzverkleidungen werden abgebaut und durch neue Fenster mit Holz-Metall Rahmen und Dreifach-Isolierverglasung ersetzt. Der Einbau feuchtegeführter Ausenluftdurchlässe garantiert einen ausreichenden Luftwechsel durch die neue dichte Hülle. Die bestehende innere Holzverkleidung wird nach Einbau der Fenster wieder eingepasst. Thermolackierte Aluminiumrahmen integrieren die neuen Raffstoren und reinterpretieren die bestehenden Fenstereinrahmungen aus Kalkstein.

**C** Auf der Ostfassade (Strasse) sollen die architektonischen Qualitäten des Bestands erhalten bleiben. Die bestehenden Holzfensterrahmen aus Eiche werden mit Eichenholz aufgedoppelt, um die Einfachverglasung durch Doppelisolierverglasung ersetzen zu können. Gegebenenfalls müssen die Fensterbeschläge getauscht werden, falls sie das zusätzliche Gewicht nicht zu tragen vermögen. Bis auf die Rahmentiefe bleiben alle Charakteristiken der Ostfassade erhalten. Soll die bestehende Rahmentiefe ebenfalls erhalten bleiben, kann alternativ eine Vakuumverglasung zum Einsatz kommen.

**D** Das Flachdach über den Geschäften im Innenhof weist grosse Wärmeverluste auf und wird komplett saniert. Bestehende Aufbauten werden bis auf den Rohbau entfernt und ein neuer Aufbau mit Dämmung und Bitumenabdichtung aufgebracht. Ein besonderes Augenmerk liegt dabei auf Bauteilanschlüssen wie Türschwelen, die die Aufbauhöhe begrenzen. Die beschädigten Oberlichter werden ersetzt.

**E-G** Die Vitrinen im Erdgeschoss werden durch Dreifach-Isolierverglasung ersetzt. Durch den Abbruch der Brüstungen entstehen raumhohe Verglasungen.

**F** Die Hourdisdecke über dem Keller wird unterseitig mit 30 cm starken expandierten Polystyrolhartschaumplatten gedämmt. Im Anschluss an alle Kellerwände sind flankierende Dämmstreifen zur Minimierung von Wärmebrücken vorgesehen.



### Dach

- .Dacheindeckung Kupfer
- .Unterkonstruktion 20 mm
- .Zwischensparrendämmung 120 mm
- .Lattung 80 mm
- .Holzverkleidung 20 mm

### Westfassade (Hof)

- .mineralischer Putz (hell), 10 mm
- .EPS-Hartschaumdämmung  $\lambda = 0.036 \text{ W/mK}$ , 270 mm
- .mineralischer Putz 10 mm
- .Bruchsteinmauerwerk 450-650 mm
- .Holzunterkonstruktion 40 mm
- .Innenverkleidung Holz 25 mm

### Stirnfassade (Süd)

- .mineralischer Putz (hell), 10 mm
- .EPS-Hartschaumdämmung  $\lambda = 0.036 \text{ W/mK}$ , 100 mm
- .mineralischer Putz 10 mm
- .Bruchsteinmauerwerk 450-650 mm
- .Holzunterkonstruktion 40 mm
- .Innenverkleidung Holz 25 mm

### Ostfassade (Strasse)

- .Natursteinverkleidung 140 mm
- .Bruchsteinmauerwerk 450-650 mm
- .Holzunterkonstruktion 40 mm
- .Innenverkleidung Holz 25 mm

### Geschosdecke

- .Parkett 20 mm
- .Lattung 20 mm
- .Holzbalken/Schüttung 300 mm
- .Lattung 20 mm
- .Lattung Holz Gips 20 mm
- .Innenputz 10 mm

### Flachdach Geschäfte

- .Betonplatten, aufgeständert 30 mm
- .mehrlagige Bitumenabdichtung
- .XPS Hartschaumdämmung  $\lambda = 0.033 \text{ W/mK}$ , 300 mm
- .Dampfsperre
- .Betondecke 200 mm
- .abgehängte Decke 20 mm
- .Innenputz 10 mm

### Sturzbereich der Geschäfte

- .Natursteinverkleidung 140 mm
- .Bruchsteinmauerwerk 400 mm
- .Mineralwolldämmung  $\lambda = 0.04 \text{ W/mK}$ , 190 mm zwischen Holzunterkonstruktion
- .Dampfbremse
- .Gipskarton 30 mm

### Kellerdecke

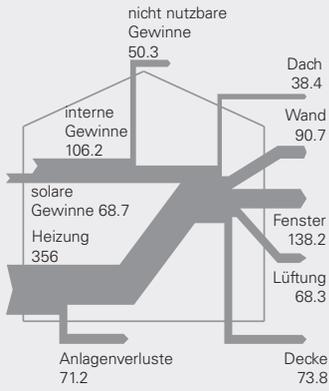
#### (unter Innenhof)

- .Fliesen 10 mm
- .Unterlagsboden Zement 70 mm
- .Stahlbetondecke 200 mm
- .Mineralwolldämmung/ Unterkonstruktion,  $\lambda = 0.36 \text{ W/mK}$ , 300 mm
- .Holzverkleidung 10 mm

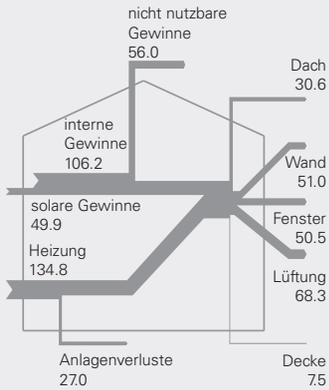
### Kellerdecke

- .Fliesen 10 mm
- .Unterlagsboden Zement 70 mm
- .Hourdisdecke 210 mm
- .Mineralwolldämmung/ Unterkonstruktion,  $\lambda = 0.36 \text{ W/mK}$ , 300 mm
- .Holzverkleidung 10 mm

Fassadenschnitt der Hof- und Strassenfassade mit Sanierungsvorschlägen des 1. Szenarios.

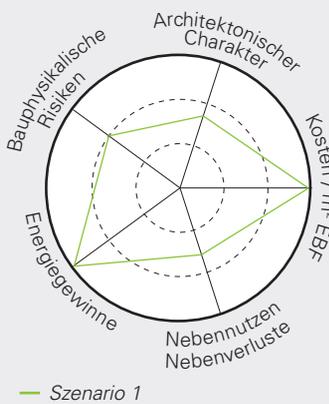


**BESTAND** Sankey-Diagramm in [MJ/m<sup>2</sup>]. Der SIA 380/1 Grenzwert liegt bei 112.8 MJ/m<sup>2</sup> und der Heizwärmebedarf bei 284.8 MJ/m<sup>2</sup>.



**SZENARIO1** Sankey-Diagramm in [MJ/m<sup>2</sup>]. Der SIA 380/1 Grenzwert liegt bei 112.8 MJ/m<sup>2</sup> und der Heizwärmebedarf bei 107.9 MJ/m<sup>2</sup>.

Anteilige Verluste über Wärmebrücken: 8.7 % (ohne Berücksichtigung der Lüftungsverluste).



**BEWERTUNG** des Szenarios. Ein optimales Ergebnis weist einen ausserliegenden Kreis ohne wesentliche Schwachpunkte auf.

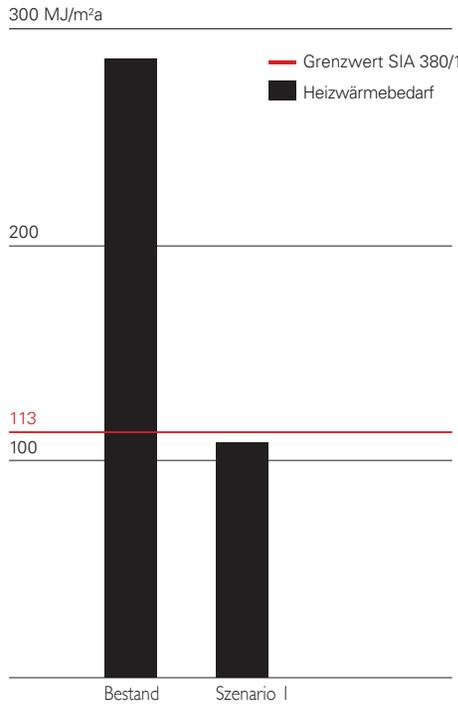
**Gesamtkosten (inkl. MwSt.):**  
Szenario 1: 1'155'000 CHF

**Kosten / m<sup>2</sup> EBF (inkl. MwSt.):**  
Szenario 1: 555 CHF

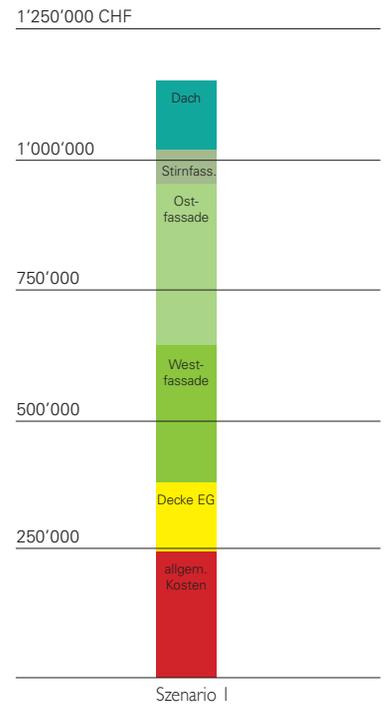
**Kosten / m<sup>2</sup> Bauteil (inkl. MwSt.):**  
Dach: 1'130 CHF  
Fassaden und Fenster: 825 CHF  
Decke über unbeheizt: 330 CHF

## SANIERUNGSSZENARIO

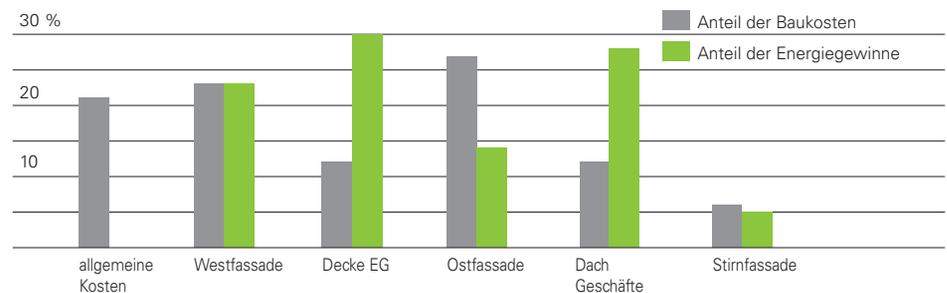
**Szenario 1:** Das Szenario umfasst ein Wärmedämmverbundsystem und den Fenstereinsatz auf der Westfassade, die Ertüchtigung der Bestandsfenster der Ostfassade (Aufdopplung der Fensterrahmen, Isolierglas), die Dämmung der südlichen Stirnfassade, die Dämmung der Kellerdecke, die Sanierung des Hofdaches sowie den Ersatz der Oberlichter. Die energetische Einsparung liegt bei 176.9 MJ/m<sup>2</sup>, dies entspricht 62%.



Grafische Darstellung des Heizwärmebedarfs von Bestand und Szenario.



Grafische Darstellung der Baukosten aufgeschlüsselt nach Bauteilen.



Grafische Darstellung der anteiligen Kosten und energetischen Gewinne der einzelnen Massnahmen.

## SCHLUSSFOLGERUNG

Die architektonischen und dekorativen Qualitäten der Strassenfassade bleiben erhalten. Der Ersatz der Einfachverglasung durch Isolierglas führt lediglich zu stärkeren Rahmen und dem Verlust der Vibrationen des Glases (verursacht durch Unregelmässigkeiten der ursprünglichen Fenster). Die gewählte globale Sanierungsstrategie führt den architektonischen Grundgedanken dieses städtischen Gebäudetyps des 19. und Anfang 20. Jahrhunderts fort, der eindeutig zwischen Strassen- und Hoffassade unterscheidet. Ausführungstechnisch schwierig ist im vorliegenden Fall die energetische Sanierung der südlichen Stirnfassade mit den komplexen Bauteilanschlüssen an das benachbarte Theater.

## CHARAKTERISTIKEN

Das im Stadtzentrum von Lausanne gelegene Mehrfamilienhaus ist Teil einer städtischen Blockrandbebauung. Das Gebäude ist im Kulturgüterverzeichnis (Note 3) vermerkt, aber nicht geschützt. Ein vorspringender Erker markiert die Aussenecke des fünfstöckigen Gebäudes mit Natursteinsockel. Im Mansarddach im fünften Stock befinden sich drei Wohnungen. Die architektonische Gestaltung der Strassenfassade ist schlicht mit zeitypischen dekorativen Elementen. Die Öffnungen sind mit Natursteinelementen umrahmt. Der architektonische Ausdruck der Hoffassade ist wesentlich einfacher und reduzierter. Die originalen Kastenfenster mit ihren Holzrahmen und Einfachverglasungen sind noch in einigen Wohnungen erhalten. Die innenliegenden Holzverkleidungen zeugen von handwerklicher Sorgfalt. Gestrichene Holzfensterläden ermöglichen das Verdunkeln der vertikalen Fenster. Die monolithischen Fassaden bestehen aus verputztem Bruchsteinmauerwerk, dessen Dicke in den oberen Geschossen abnimmt (50 - 60cm). Auskragende Balkone auf Natursteinkonsolen beleben die Nord- und Ostfassade. Schmiedeeiserne Geländer dienen als Absturzsicherung. Die Geschossdecken in Form von Holzbalkendecken liegen auf den Aussen- und Zwischenwänden auf. Die Kellerdecke besteht aus einer Betonrippendecke.



Lageplan 1: 2'000

0 15 120

<b>Baujahr</b>	1910
<b>Bebaute Fläche [m<sup>2</sup>]</b>	258
<b>Wohnungsanzahl</b>	17
<b>Energiebezugsfläche (EBF) [m<sup>2</sup>]</b>	1'563
<b>Gebäudehüllfläche [m<sup>2</sup>]</b>	1'659
<b>Formfaktor</b>	0.99
<b>Mittlerer Energieverbrauch [kWh/a]</b>	241'800
<b>Heizwärmebedarf «erhoben» [MJ/m<sup>2</sup>]</b>	370
<b>Heizwärmebedarf «errechnet» [MJ/m<sup>2</sup>]</b>	426
<b>Wärmeerzeugung</b>	Ölheizung
<b>Wärmeverteilung</b>	Radiatoren mit Thermostatventilen



### Dach

bewohntes Mansardgeschoss, Mansarddach mit Biberschwanzeindeckung

### Geländer

schmiedeeisernes Geländer

### Sonnenschutz

Holzfensterläden

### Balkon

Betonplatte auf Tragkonsolen aus Naturstein

### Festereinfassung

Naturstein

### Geschossdecke

Holzbalkendecke

### Fenster

Holzrahmen, Kastenfenster mit Einfachverglasung

### Aussenwand

verputztes Bruchsteinmauerwerk, 50-60 cm, die Mauerstärke verringert sich in den oberen Geschossen

### Sockel

Mauerwerk, Natursteinverkleidung

Ausschnitt der Ostfassade

**Aussenwand**

U gemessen: 1.75 W/m<sup>2</sup>K (±14%)  
U Bestand: 1.70 W/m<sup>2</sup>K  
U Szenario 1: 0.74 W/m<sup>2</sup>K  
U Szenario 2: 0.41 W/m<sup>2</sup>K



. Dämmputz 20 mm  
. Bruchsteinmauerwerk 550 mm  
. Dämmung 60 mm

**Aussenwand Sockel**

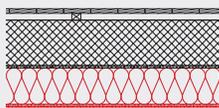
U Bestand: 1.55 W/m<sup>2</sup>K  
U Sanierung: 0.46 W/m<sup>2</sup>K



. Bruchsteinmauerwerk 600 mm  
. Dämmung 60 mm

**Kellerdecke**

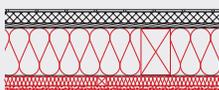
U Bestand: 1.35 W/m<sup>2</sup>K  
U Sanierung: 0.18 W/m<sup>2</sup>K



. Bodenbelag 20 mm  
. Lattung 30 mm  
. Armierter Zement 200 mm  
. Dämmung 160 mm

**Oberste Geschossdecke**

U Bestand: 0.98 W/m<sup>2</sup>K  
U Sanierung: 0.18 W/m<sup>2</sup>K



. Bodenbelag 12 mm  
. Unterboden Zement 50 mm  
. Holzlattung 20 mm  
. Holzbalken 210 mm  
. Dämmung 210 mm + 40 mm  
. Dampfbremse

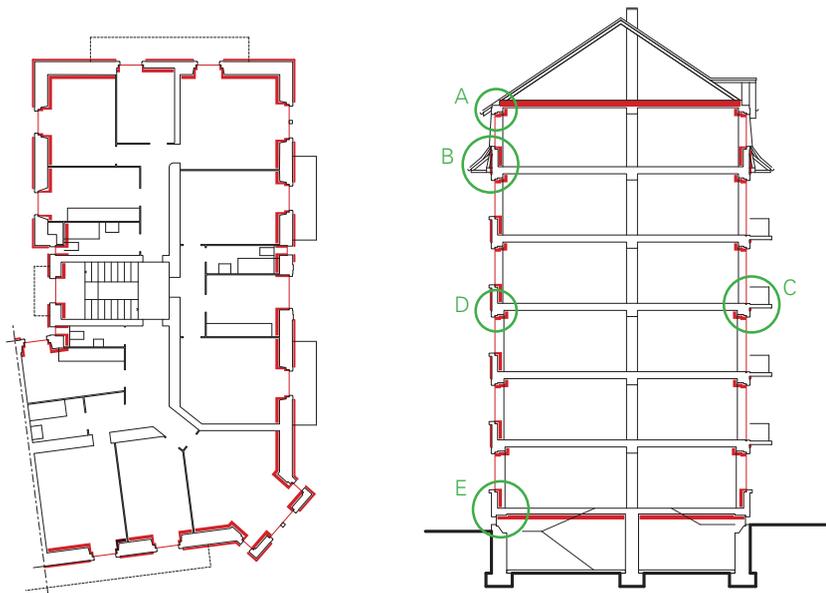
**Fenster**

U<sub>g</sub> Bestand: 1.1 W/m<sup>2</sup>K  
U<sub>f</sub> Bestand: 1.65 W/m<sup>2</sup>K  
g Bestand: 0.55  
U<sub>g</sub> Sanierung: 0.6 W/m<sup>2</sup>K  
U<sub>f</sub> Sanierung: 1.1 W/m<sup>2</sup>K  
g Sanierung: 0.67

. PVC-Sanierungsrahmen oder ursprünglicher Holzrahmen  
. Doppelisolierverglasung oder Kastfenster mit Einfachverglasung  
. Holzrahmen  
. Dreifachisolierverglasung

**SANIERUNGSSTRATEGIE**

Um den Charakter des Gebäudes mit seinen Natursteineinfassungen und der Sockelgestaltung zu wahren, wird ein Sanierungseingriff von innen bevorzugt. Zudem erschweren die zahlreichen Dekorelemente der Fassade das Anbringen einer Aussendämmung. Der Ersatz des Aussenputzes durch einen Wärmedämmputz und die Dämmung von Keller- und oberster Geschossdecke sind in energetischer Hinsicht nicht ausreichend. Da eine Innendämmung der Natursteinwände mit Holzbalkendecken aus bauphysikalischer Sicht und im Hinblick auf die Ausführung der Luftdichtigkeit komplex ist, kommt eine minimale mineralische dampfdiffusionsoffene Innendämmung zum Einsatz.



Schematischer Grundriss und Schnitt. In rot die sanierten Bauteile der Gebäudehülle des Sanierungsszenarios 2. In grün wesentliche Gebäudedetails.

**SANIERUNGSEINGRIFFE**

**Aussenwand:** Der Bestandsputz wird durch einen 20mm starken Wärmedämmputz ersetzt um die Natursteinleibungen zu erhalten. Um den SIA 380/1 Grenzwert zu erreichen, wird innenliegend eine 60mm starke dampfdiffusionsoffene mineralische Kalziumsilikatplatte angebracht.

**Kellerdecke und oberste Geschossdecke:** Die Kellerdecke wird unterseitig mit 160 mm Mineralwolle im Bereich der Kellerräume und Waschküche gedämmt. Die oberste Geschossdecke erhält im Zuge der Sanierung der Mansardwohnungen eine Zwischen-dämmung der Holzbalken.

**Fenster:** Ein Grossteil der ursprünglichen Kastenfenster wurde bereits gegen neue PVC-Fenster mit Doppelisolierverglasung ausgetauscht. Alle Fenster werden durch Holzfenster mit Dreifachisolierverglasung ersetzt. Die innenliegenden Holzverkleidungen werden abgebaut und angepasst.



West- und Südfassade



Dachraum



Holzverkleidung im Brüstungsbereich

## SANIERUNGSDetails – SZENARIO 2

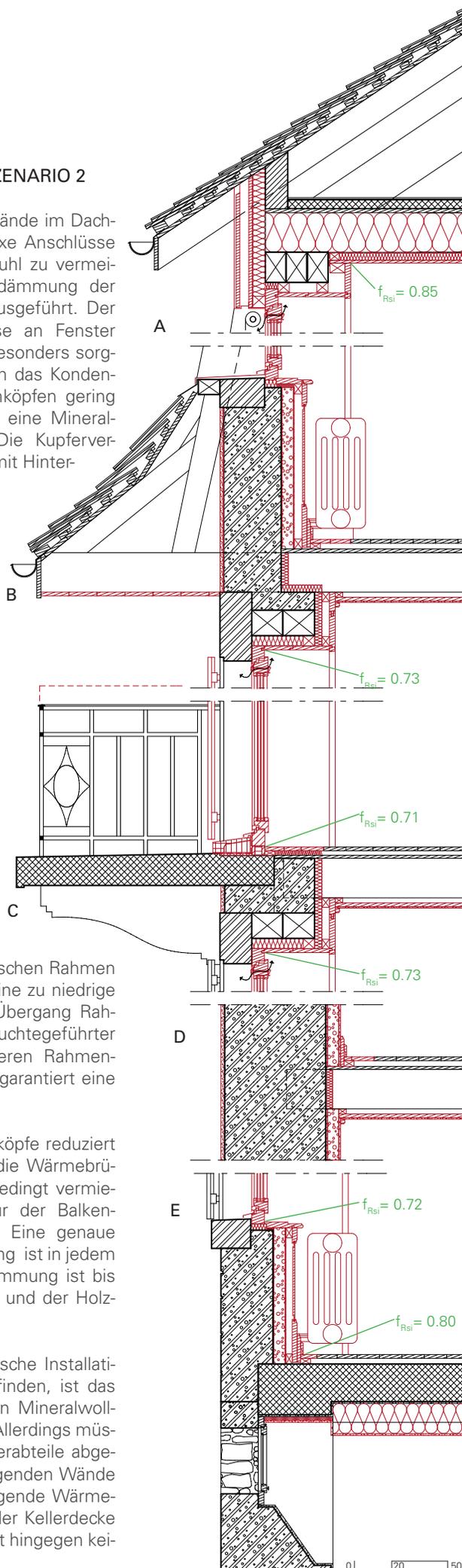
A Um den Abbau der Trennwände im Dachraum und zahlreiche komplexe Anschlüsse an den bestehenden Dachstuhl zu vermeiden, wurde eine Zwischendämmung der obersten Holzbalkendecke ausgeführt. Der Anschluss der Dampfbremse an Fenster und Zwischenwände muss besonders sorgfältig ausgeführt werden. Um das Kondensierungsrisiko an den Balkenköpfen gering zu halten, wird aussenseitig eine Mineralwolldämmung angebracht. Die Kupferverkleidung wird abgebaut und mit Hinterlüftung wieder angebracht.

B Die Mansardwohnungen erhalten eine Innendämmung. Dabei ist auf eine vollflächige hohlraumfreie Verklebung zwischen Wand und Dämmung zu achten.

C Aus energetischer Sicht müssen die Balkone nicht ertüchtigt werden. Gegebenenfalls muss das Geländer erhöht werden. Eine neue, isolierte Schwelle und eine Dämmschicht unter dem Parkett reduzieren die Wärmebrücke der Balkone. Die innere Holzverkleidung der Leibung wird abgebaut, angepasst und mit einer Hanfisolierung ergänzt. Eine Dämmstärke von 50 mm zwischen Rahmen und Mauerwerk vermeidet eine zu niedrige Oberflächentemperatur am Übergang Rahmen - Leibung. Der Einbau feuchtegeführter Aussenluftdurchlässe im oberen Rahmenbereich des Öffnungsflügels garantiert eine geregelte Luftzufuhr.

D Im Bereich der Holzbalkenköpfe reduziert eine geringe Dämmschicht die Wärmebrücke. Dabei muss jedoch unbedingt vermieden werden, die Temperatur der Balkenköpfe zu stark abzusenken. Eine genaue bauphysikalische Untersuchung ist in jedem Fall notwendig. Die Innendämmung ist bis auf die Balkenlage zu führen und der Holzfussboden anzupassen.

E Da sich nur wenige technische Installationen an der Kellerdecke befinden, ist das Anbringen einer unterseitigen Mineralwolldämmung unproblematisch. Allerdings müssen die Trennwände der Kellerabteile abgebaut werden. Die dicken tragenden Wände stellen nicht zu vernachlässigende Wärmebrücken dar. Der Anschluss der Kellerdecke an die Aussenfassade bereitet hingegen keine Probleme.



### Oberste Geschossdecke

- .Fliesen ~10 mm
- .Zementunterlagsboden 50 mm
- .Bretterschalung 20 mm
- .Holzbalken 150 / 210 mm
- .Mineralwolldämmung  
 $\lambda = 0.038 \text{ W/mK}$ , 210 mm
- .variable Dampfbremse
- .Lattung, Mineralwolldämmung,  
 $\lambda = 0.034 \text{ W/mK}$ , 40 mm
- .Gipsfaserplatte 12.5 mm
- .Verspachtelung Gips

### Brüstung Mansarddach

- .Ziegel
- .Lattung
- .Bretterschalung 22 mm
- .Holzbalken
- .mineralischer Dämmputz  
 $\lambda = 0.054 \text{ W/mK}$ , 20 mm
- .Backsteinmauerwerk ~200 mm
- .Leichtmörtel 8-10 mm
- .mineralische Dämmplatte,  
 $\lambda = 0.042 \text{ W/mK}$ , 60 mm
- .Putz ~4 mm
- .Lattung 30 mm
- .Holzverkleidung

### Balkon

- .Zementplatte 160 mm  
auf Natursteinkonsolen
- .schmiedeeisernes Geländer
- .isoliertes Zementfertigteilelement  
unterseitige Hanfdämmung,  $\lambda = 0.039 \text{ W/mK}$ , 30 mm

### Anschluss Aussenwand Balkenlage

- .mineralischer Dämmputz,  $\lambda = 0.054 \text{ W/mK}$ , 20 mm
- .Bruchsteinmauerwerk  
500-600 mm
- .Leichtmörtel 8-10 mm
- .mineralische Dämmplatte,  
 $\lambda = 0.042 \text{ W/mK}$ , 60 mm
- .mineralischer Innenputz ~4 mm
- .Zwischenbalkendämmung Hanf,  $\lambda = 0.039 \text{ W/mK}$ , 40 mm

### Aussenwand Sockel

- .Sichtmauerwerk Naturstein 600 mm
- .Leichtmörtel 8-10 mm
- .mineralische Dämmplatte,  
 $\lambda = 0.042 \text{ W/mK}$ , 60 mm
- .mineralischer Innenputz ~4 mm

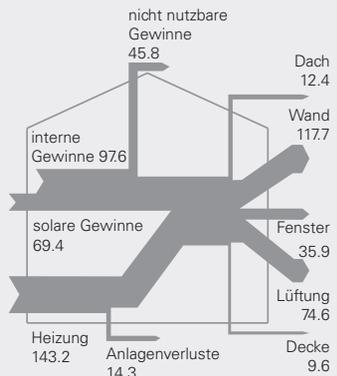
### Kellerdecke

- .Holzfussboden 22 mm
- .Lattung 30 mm
- .Zementdecke 200 mm
- .Mineralwolle,  
 $\lambda = 0.034 \text{ W/mK}$ , 160 mm
- .Innenputz ~6 mm

Fassadenschnitt der Strassenfassade, Szenario 2.

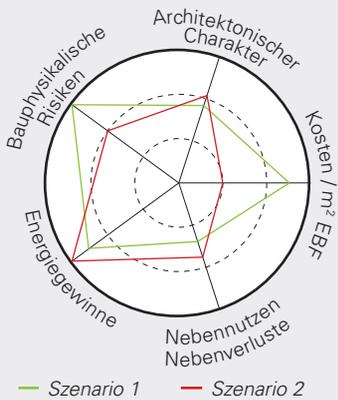


**BESTAND** Sankeydiagramm in [MJ/m²]. Der SIA 380/1 Grenzwert liegt bei 138.3 MJ/m² und der Heizwärmebedarf bei 426.3 MJ/m².



**SZENARIO 2** Sankeydiagramm in [MJ/m²]. Der SIA 380/1 Grenzwert liegt bei 139 MJ/m² und der Heizwärmebedarf bei 128.9 MJ/m².

Anteilige Verluste über Wärmebrücken: 15.4 % (ohne Berücksichtigung der Lüftungsverluste).



**BEWERTUNG** der Szenarien. Ein optimales Ergebnis weist einen ausserliegenden Kreis ohne wesentliche Schwachpunkte auf.

**Gesamtkosten (inkl. MwSt.):**  
Szenario 1: 1'005'000 CHF  
Szenario 2: 1'715'000 CHF

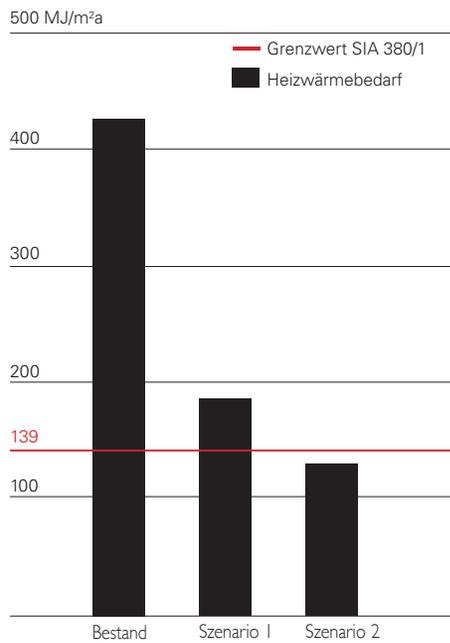
**Coût / m² de SRE (inkl. MwSt.):**  
Szenario 1: 645 CHF  
Szenario 2: 1'100 CHF

**Kosten / m² Bauteil (inkl. MwSt.):**  
Dach / oberste Decke: 370 CHF  
Fassaden:  
Szenario 1: 575 CHF  
Szenario 2: 1'060 CHF  
Decke über unbeheizt: 320 CHF

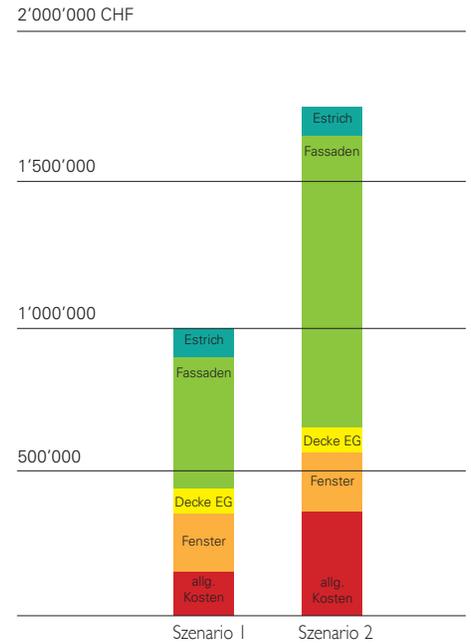
## SANIERUNGSSZENARIEN

**Szenario 1:** Das erste Szenario ersetzt den Bestandsputz durch einen 40 mm starken Wärmedämmputz. Die oberste Geschossdecke und die Kellerdecke werden gedämmt und alle Fenster ersetzt. Der energetische Gewinn liegt bei 242 MJ/m². Dies entspricht einer Energieeinsparung von 57% bei einer Investition von 58% der Gesamtkosten des zweiten Szenarios.

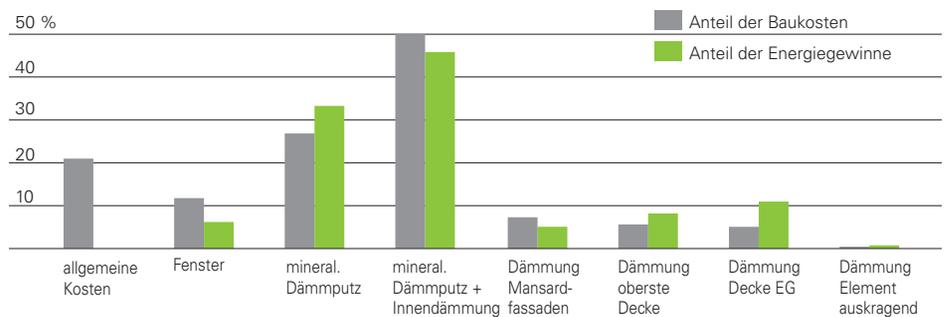
**Szenario 2:** Das zweite Szenario modifiziert und ergänzt das erste Szenario. Der aussenliegende, mineralische Dämmputz wird auf 20 mm beschränkt, um die Natursteineinfassungen zu erhalten. Eine 60 mm starke mineralische Innendämmung ist notwendig um den SIA-Grenzwert zu erreichen. Der energetische Gewinn liegt bei 297 MJ/m², dies entspricht 70%.



Grafische Darstellung des Heizwärmebedarfs des Bestands und der verschiedenen Szenarien.



Grafische Darstellung der Baukosten aufgeschlüsselt nach Bauteilen.



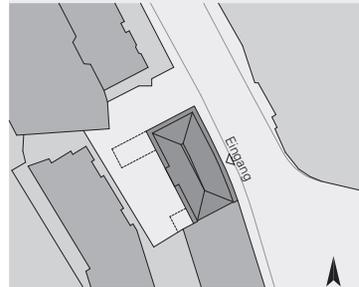
Grafische Darstellung der anteiligen Kosten und energetischen Gewinne der einzelnen Massnahmen.

## SCHLUSSFOLGERUNG

Beide Szenarien wahren die architektonischen Eigenschaften des Bestands. Das erste Szenario beschränkt sich im Wesentlichen auf einen aussenliegenden Eingriff und ist bauphysikalisch unproblematisch. Bei reduzierten Baukosten können 85% der geforderten Energieeinsparung nach SIA 380/1 erreicht werden. Das zweite Szenario, das Aussen- und Innendämmungen kombiniert, ist wesentlich teurer und bauphysikalisch riskanter wegen den komplexen Ausführungsdetails im Bereich der Balkenköpfe der Holzdecke. Das Anbringen einer Innendämmung und die damit verbundene Sanierung von Bädern, Küchen und raumseitigen Oberflächen trägt wesentlich zur Steigerung der Sanierungskosten bei. Trotz der verbleibenden Wärmebrücken (15% der Energieverluste) erreicht das zweite Szenario den SIA 380/1-Zielwert.

## CHARAKTERISTIKEN

Das Mehrfamilienhaus im Stadtzentrum von Lausanne bildet den Abschluss einer Blockrandbebauung. Es verfügt über ein öffentliches Sockelgeschoss, 5 Wohngeschosse und ein rückversetztes Attikageschoss. Unter dem flachen Ziegelwalmdach befindet sich ein unbeheizter Dachraum. Die 35 cm starken, verputzten Hohlziegelmauerwerkswände tragen Hourdisdecken. Die Erdgeschossfassade ist mit Kunststeinplatten verkleidet. Die Fenster wurden bereits erneuert. Lediglich die Guillotine-Fensterrahmen der Geschäftsräume im Erdgeschoss sind noch vollständig erhalten. Die Fenster sind durch strukturierte Kunststeinelemente eingerahmt. Leicht auskragende langgezogene Loggien und geschlossene Bereiche rhythmisieren die Fassade. Die Zementbodenplatten der Loggien liegen auf den massiven Aussenwänden auf. Die Brüstungen sind gemauert und verputzt und haben einen eisernen Handlauf. Die freie Eckgestaltung mit den abgerundeten auskragenden Balkonen führt die horizontale Gestaltung der Längsfassade auf der Stirnfassade fort. Dekorative Elemente sind schlicht gestaltet und beschränken sich auf umlaufende, horizontale Bänder und Gesimse aus Kunststein, die dem Gebäude einen horizontalen Charakter verleihen.



Lageplan 1: 2'000

0 15 120

<b>Baujahr</b>	1939
<b>Bebaute Fläche [m<sup>2</sup>]</b>	380
<b>Geschäftsanzahl</b>	2
<b>Wohnungsanzahl</b>	25
<b>Energiebezugsfläche (EBF) [m<sup>2</sup>]</b>	2'445
<b>Gebäudehüllfläche [m<sup>2</sup>]</b>	2'339
<b>Formfaktor</b>	0.9
<b>Mittlerer Energieverbrauch [kWh/a]</b>	436'383
<b>Heizwärmebedarf «erhoben» [MJ/m<sup>2</sup>]</b>	445
<b>Heizwärmebedarf «errechnet» [MJ/m<sup>2</sup>]</b>	339
<b>Wärmeerzeugung</b>	Ölheizung
<b>Wärmeverteilung</b>	Radiatoren mit Thermostatventilen



### Dach

flachgeneigtes Walmdach

### Attikageschoss

rückversetzt zur Fassade

### Dachrand

Kunststeinelement

### Aussenbereich

eingezogene Loggia, Betondecke, massive, verputzte Mauerwerksbrüstung mit eisernem Handlauf

### Leibung

Kunststein

### Sonnenschutz

Rollstoren mit innenliegendem Storenkasten

### Geschossdecke

Hourdisdecke

### Aussenwand

monolithisches Hohlsteinmauerwerk verputzt, ca. 35cm stark

### Sockelgesims

Kunststeinelement

### Sockelverkleidung

Kunststeinplatten

### Kellerdecke

Hourdisdecke

Ausschnitt der Nordwestfassade zur Strasse.

### Aussenwand

U gemessen: 1.17 W/m<sup>2</sup>K (±15%)  
U Bestand: 1.22 W/m<sup>2</sup>K

U Sanierung mineralisch: 0.65 W/m<sup>2</sup>K  
U Sanierung Aerogel: 0.46 W/m<sup>2</sup>K

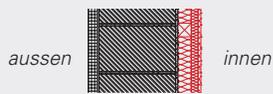


- . Dämmputz mineralisch 40 mm (S1)
- . Dämmputz Aerogel 20 mm (S3)
- . Zementhohlblocksteine 340 mm
- . Gipsputz 7 mm

### Aussenwand Sockel

U Bestand: 1.19 W/m<sup>2</sup>K

U Sanierung: 0.26 W/m<sup>2</sup>K

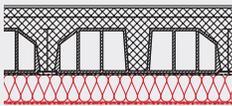


- . Kunststeinplatten 40 mm
- . Zementhohlblocksteine 340 mm
- . Dämmung 60 mm+30 mm
- . Dampfbremse

### Kellerdecke

U Bestand: 0,98 W/m<sup>2</sup>K

U Sanierung: 0.22 W/m<sup>2</sup>K

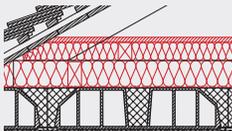


- . Fliesen ~12 mm
- . Hourdisdecke 210 mm
- . Gipsputz 7 mm
- . Dämmung 120 mm

### Oberste Geschossdecke

U Bestand: 1.01 W/m<sup>2</sup>K

U Sanierung: 0.14 W/m<sup>2</sup>K



- . Dämmung 120 + 80 mm
- . Dampfbremse
- . Hourdisdecke 160 mm
- . Gipsputz 7 mm

### Fenster

Ug Bestand: 1.1 W/m<sup>2</sup>K

Uf Bestand: 2.0 W/m<sup>2</sup>K

g Bestand: 0.55

Ug Sanierung: 0.6 W/m<sup>2</sup>K

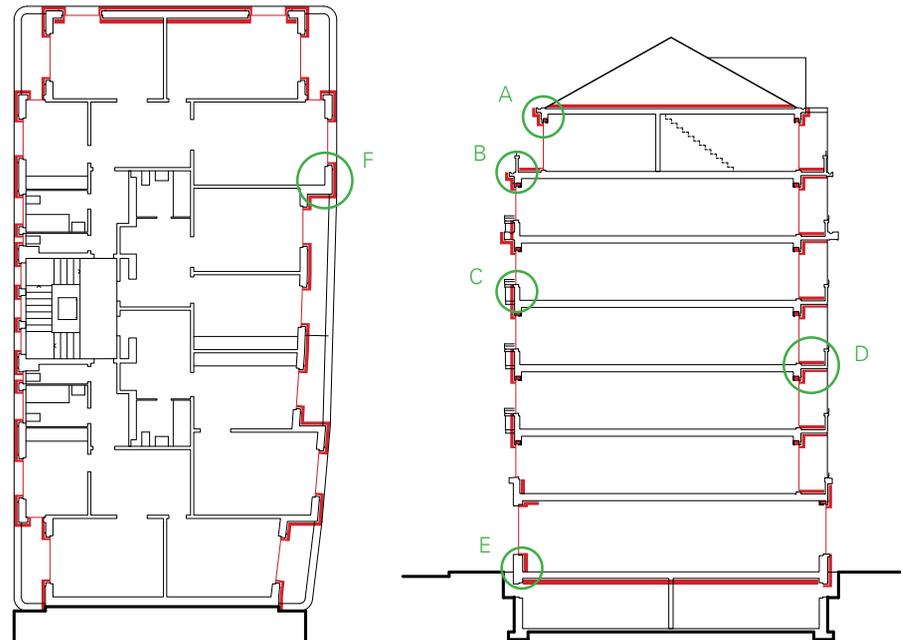
Uf Sanierung: 1.1 W/m<sup>2</sup>K

g Sanierung: 0.67

- . Sanierungsrahmen PVC
- . Doppelisolierverglasung
- . Holzfensterahmen
- . Dreifachisolierverglasung

## SANIERUNGSSTRATEGIE

Die architektonischen Eigenschaften der Fassade, die Loggien, die offene Gebäudecke, die verschiedenen horizontalen Gesimse, die die Horizontalität der Fassade unterstreichen, sowie das rückversetzte Attikageschoss erschweren das Anbringen einer Aussen-dämmung ohne architektonische Verluste. Die gewählte Sanierungsstrategie in Form eines Dämmputzes ermöglicht es, die architektonischen Qualitäten zu wahren. Zum Ausgleich werden die oberste Geschossdecke und die Kellerdecke maximal gedämmt und die Fenster getauscht. Gezielte Eingriffe im Bereich der Storenkästen, Fensterleibungen, Balkone und Attikaterrassen reduzieren vorhandene Wärmebrücken.



Schematischer Grundriss und Schnitt. In rot die sanierten Bauteile der Gebäudehülle des Sanierungs-szenarios 2. In grün wesentliche Gebäudedetails.

## SANIERUNGSEINGRIFFE

**Aussenwand:** Der 15 mm starke Bestandsputz wird durch einen mineralischen Dämmputz (40 mm) ersetzt. Im Szenario 3 kommt ein 20 mm starker Aerogel Dämmputz zum Einsatz ( $\lambda = 0.029$ ). Der kunststeinverkleidete Sockelbereich erhält eine Innendämmung. Die grossen Gewerberäume erleichtern den Eingriff. Die weitgehend geschlossene Stirnfassade erhält eine 90 mm starke mineralische Innendämmung.

### Kellerdecke und oberste Geschossdecke:

Die Hourdisdecke des Kellers erhält eine unterseitige Dämmung. Der Eingriff wird durch zahlreiche Haustechnikleitungen und Kellerwände erschwert, vermeidet jedoch eine Stufe ins Erdgeschoss. Die oberste Geschossdecke wird oberhalb gedämmt. Einen Schwachpunkt stellt die Treppe ins Dachgeschoss dar.

### Aussenbereiche:

Die charakteristischen Loggien bleiben erhalten. Die Zementbodenplatten der Loggien werden ober- und unterseitig gedämmt. Der eiserne Handlauf wird erhöht. Das gleiche gilt für die Attikaterrassen. Im Szenario 2 erhalten die rückwärtigen Loggienfassaden eine Aussendämmung mit 120 mm expandierten Polystyrolhartschaumplatten.



Südwestfassade zum Hof



Untergeschoss



Loggia Hofseite

## SANIERUNGSDetails – SZENARIO 2

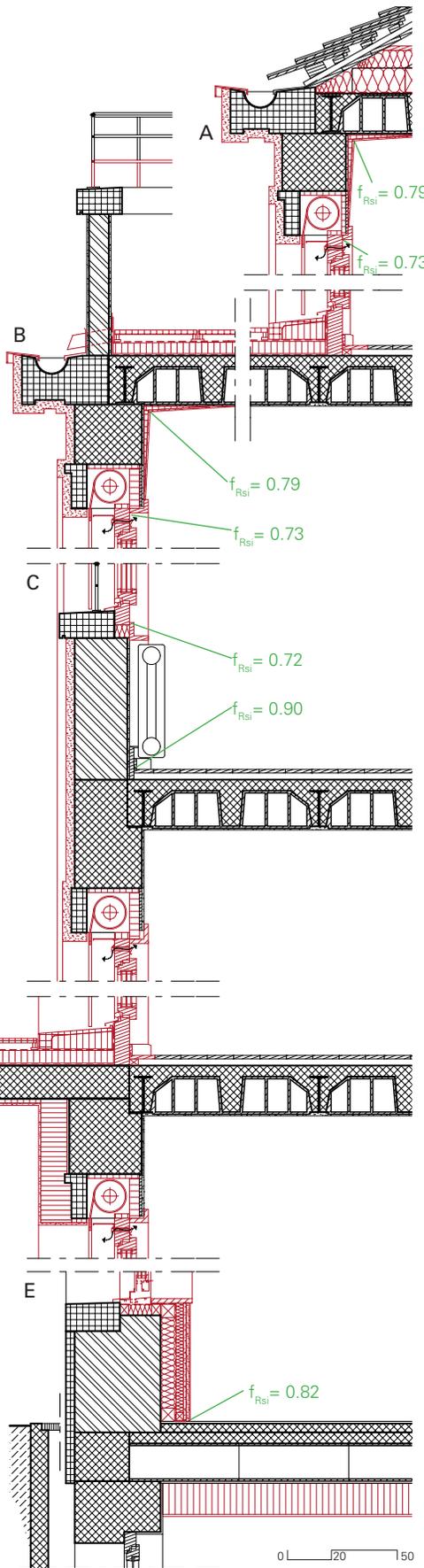
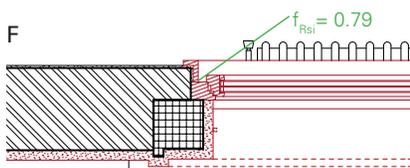
A Um die oberste Geschossdecke dämmen zu können, müssen alle Holztrennwände abgebaut werden. Ein besonderes Augenmerk ist auf den Anschluss von Dämmung und Dampfbremse im unteren Sparrenbereich zu legen. Die Treppenhauswände im Attikageschoss werden ebenfalls gedämmt. Die obere Aussenecke der Wohnungen wird mit einem zusätzlichen Innendämmstreifen versehen, um Kondensat und Schimmelprobleme zu vermeiden.

B Die oberseitige Dämmung der Dachterrassen hat Auswirkungen auf die Höhe der Türschwelle und die Durchgangshöhe. In diesem Fall muss auch das Gelände erhöht werden. Entwässerung und Abdichtungsanschlüsse müssen sorgfältig geplant und ausgeführt werden. Die Storenkästen werden oberseitig und lateral gedämmt.

C Die Kunststeinfensterbänke bleiben erhalten. Der Dämmputz bleibt hinter der Wassernase zurück. Ein Dämmstreifen zwischen neuen Fenstern und Mauerwerk verhindert zu niedrige Oberflächentemperaturen und Kondensatprobleme im Anschlussbereich.

D Die auf den tragenden Aussenwänden aufliegende Betondecke der Balkone wird ober- und unterseitig gedämmt, um die Wärmebrücke zu reduzieren. Die rückwärtige Fassade der Loggien erhält eine zusätzliche Aussen-dämmung. Das Balkongeländer muss wie im Attikabereich erhöht werden.

E Bei der Ausführung der Innendämmung im Erdgeschoss muss der luftdichte Anschluss der Dampfbremse an Decke und Fensterleibungen garantiert werden. Die Wärmebrücke im Anschluss von Sockel- und Kellerdecke bleibt bestehen, ist jedoch aus bauphysikalischer Sicht akzeptabel. Die Kellerdecke wird trotz Leitungsführungen unterseitig gedämmt.



F Die Natursteineinfassungen der Fenster erhalten einen Dämmputz um die Wärmebrücke zu mindern. Die unterschiedliche Ausgestaltung des Putzes erhält die Lesbarkeit der Einfassungen. Der Dämmputz verkleinert die Öffnungsbreite und bedingt eine Anpassung der Storen.

### Anschluss Aussenwand / oberste Geschossdecke

- .Spanplatte 20 mm
- .Mineralwolle, Holzkonstruktion  $\lambda = 0.035 \text{ W/mK}$ , 120 + 80 mm
- .Dampfbremse
- .Hourdisdecke 200 mm
- .Gipsputz 7 mm
- .Eckdämmstreifen aus Polyurethan, mit Dampfbremse,  $\lambda = 0.03 \text{ W/mK}$ , 30 x 100 cm, 20 bis 3 mm

### Decke Dachterrasse

- .Zementplatten
- .Unterkonstruktion
- .Abdichtung
- .Polyurethandämmung im Gefälle,  $\lambda = 0.029 \text{ W/mK}$ , 25 bis 50 mm
- .Dampfbremse
- .Hourdisdecke 250 mm
- .Gipsputz 7 mm

### Aussenwand

- .mineralischer Dämmputz,  $\lambda = 0.054 \text{ W/mK}$ , 40 mm
- .Zemethohlblockmauerwerk 340 mm
- .Gipsputz 7 mm
- .Tapete

### Balkonplatte

- .Zementplatte
- .Unterkonstruktion
- .Abdichtung
- .Polyurethandämmung im Gefälle,  $\lambda = 0.029 \text{ W/mK}$ , 20 à 50 mm
- .Fliesen ~12 mm
- .Betondecke 160 mm
- .expandierte Polystyrol-Hartschaumdämmung,  $\lambda = 0.03 \text{ W/mK}$ , 20 mm
- .Aussenputz

### Aussenwand Loggia

- .Aussenputz
- .expandierte Polystyrolhartschaumdämmung,  $\lambda = 0.031 \text{ W/mK}$ , 120 mm
- .Zemethohlblockmauerwerk 340 mm
- .Gipsputz 7 mm
- .Tapete

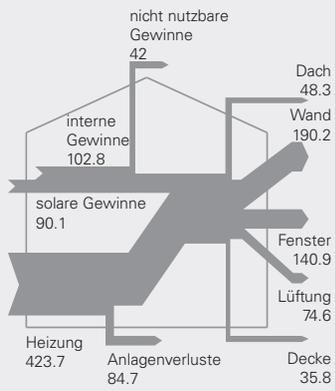
### Aussenwand Sockel

- .Kunststeinplatten 40 mm
- .Zemethohlblockmauerwerk 340 mm
- .Mineralwolldämmung,  $\lambda = 0.032 \text{ W/mK}$ , 60 mm
- .feuchteadaptive Dampfbremse
- .Mineralwolldämmung,  $\lambda = 0.032 \text{ W/mK}$ , 30 mm
- .Gipskartonplatte, 2 x 12,5 mm
- .Gipsverspachtelung 3 mm
- .Anstrich

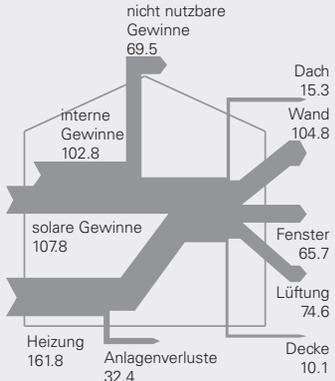
### Kellerdecke

- .Bodenbelag
- .Hourdisdecke 250 mm
- .Mineralwolldämmung,  $\lambda = 0.035 \text{ W/mK}$ , 120 mm
- .Innenputz 7 mm

Fassadenschnitt Strassenfassade und Grundrissausschnitt 2. Geschoss des Szenarios 2.

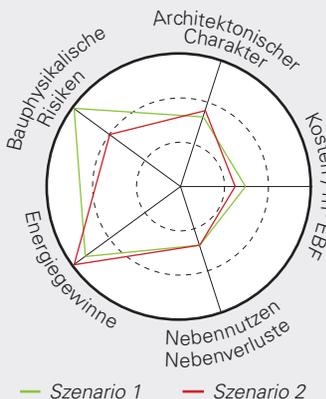


**BESTAND Sankey-Diagramm in [MJ/m²].** Der SIA 380/1 Grenzwert liegt bei 130 MJ/m² und der Heizwärmebedarf bei 338.9 MJ/m².



**SZENARIO 2 Sankey-Diagramm in [MJ/m²].** Der SIA 380/1 Grenzwert liegt bei 130 MJ/m² und der Heizwärmebedarf bei 129.4 MJ/m².

Anteilige Verluste über Wärmebrücken: 23 % (ohne Berücksichtigung der Lüftungsverluste).



**BEWERTUNG der Szenarien.** Ein optimales Ergebnis weist einen ausserliegenden Kreis ohne wesentliche Schwachpunkte auf.

**Gesamtkosten (inkl. MwSt.):**

Szenario 1: 2'085'000 CHF  
Szenario 2: 2'225'000 CHF  
Szenario 3: 2'665'000 CHF

**Kosten / m² de EBF (inkl. MwSt.):**

Szenario 1: 960 CHF  
Szenario 2: 1'030 CHF  
Szenario 3: 1'230 CHF

**Kosten / m² Bauteil (inkl. MwSt.):**

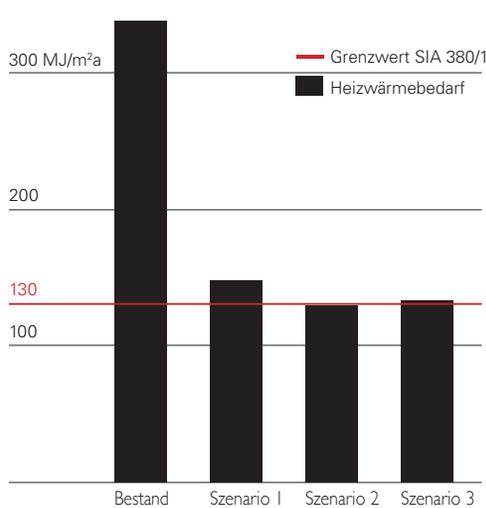
Dach / oberste Decke: 465 CHF  
Fassaden:  
Szenario 1: 1'010 CHF  
Szenario 2: 1'105 CHF  
Szenario 3: 1'470 CHF  
Decke über unbeheizt: 300 CHF

**SANIERUNGSSZENARIEN**

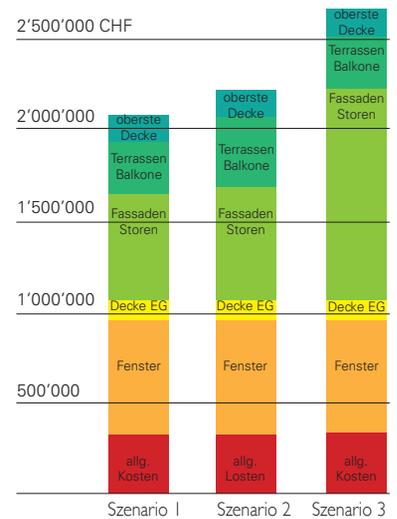
**Szenario 1:** Es umfasst den Fensterersatz, einen mineralischen Dämmputz, die Innendämmung des Erdgeschosses, die Dämmung der Balkonplatten, Storenkästen, der obersten Geschossdecke sowie der Kellerdecke. Der Energiegewinn liegt bei 56% (190 MJ/m²) bei 94% der Baukosten des 2. Szenarios.

**Szenario 2:** Eine 120 mm starke Aussendämmung der Rückfassade der Loggia und eine Innendämmung der Stirnfassade vervollständigen das Szenario 1. Dieses Szenario erreicht den SIA 380/1-Grenzwert mit einem Energiegewinn von 209 MJ/m². Die Energieeinsparung liegt bei 62%.

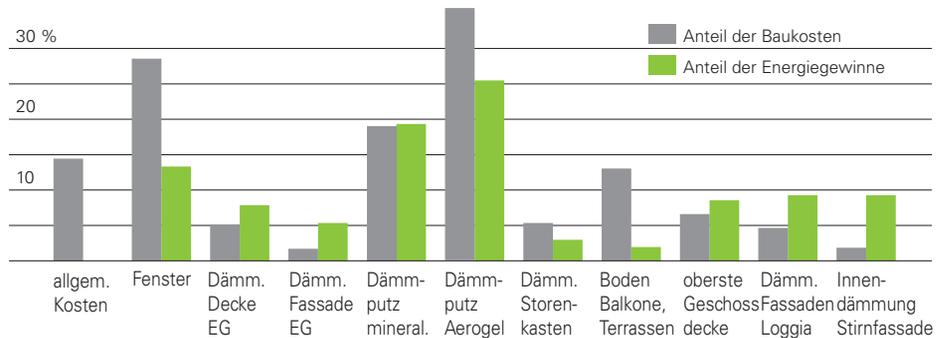
**Szenario 3:** Die Massnahmen entsprechen dem ersten Szenario. Es kommt jedoch ein Aerogel Dämmputz (20 mm) zum Einsatz. Mit einem Heizwärmebedarf von 133 MJ/m² wird der SIA 380/1-Grenzwert fast erreicht. Dies entspricht einem Energiegewinn von 61% bei 20% höheren Baukosten als im 2. Szenario.



Grafische Darstellung des Heizwärmebedarfs des Bestands und der verschiedenen Szenarien.



Grafische Darstellung der Baukosten aufgeschlüsselt nach Bauteilen.



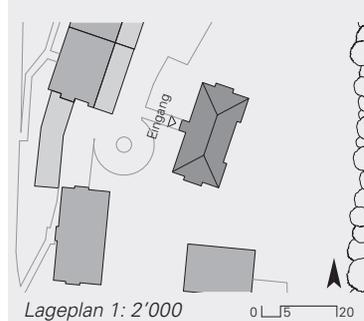
Grafische Darstellung der anteiligen Kosten und energetischen Gewinne der einzelnen Massnahmen.

**SCHLUSSFOLGERUNG**

Alle drei Szenarien erhalten die architektonischen Eigenschaften des Gebäudes. Das Szenario 1 verwendet einen mineralischen Dämmputz und reduziert deutlich die Energieverluste (91% der notwendigen Energieeinsparung gemäss SIA 380/1). Der SIA-Grenzwert kann jedoch auch mit einer noch stärkeren Dämmung der obersten Geschossdecke und Kellerdecke nicht erreicht werden. Das Szenario 2 erreicht den Grenzwert durch zwei gezielte, zusätzliche Massnahmen; die Aussendämmung der rückwärtigen Loggiafassaden, die jedoch deren Fläche reduziert und die Nutzung einschränkt; die Innendämmung der Stirnfassade, die die Wohnfläche geringfügig reduziert. Das Szenario 3 nutzt einen (noch) sehr teuren Aerogel Dämmputz. Bislang gibt es kaum Kenntnisse zum Langzeitverhalten dieses Dämmstoffs. Auch wenn die Dämmung von Balkonplatten und Storenkästen wenig Energieeinsparung im Kostenvergleich bringt, sind diese Massnahmen notwendig, um Wärmebrücken zu minimieren, die fast ein Viertel der Energieverluste des Gebäudes darstellen.

## CHARAKTERISTIKEN

Das freistehende Mehrfamilienhaus befindet sich am Stadtrand von Lausanne. Es liegt in einem grossen Grünbereich und ist Teil eines Ensembles rationaler Wohnbauten der Nachkriegsjahre. Das fünfstöckige Gebäude orientiert sich hauptsächlich nach Südwesten. Es nutzt die Hanglage mit zwei Wohnungen im Souterrain und Technikräumen im Hangbereich. Die verputzten Mauerwerksfassaden sind einfach und rational, die Detailgestaltung ist wohlüberlegt. Die symmetrische Südwestfassade ist geprägt von den mittig übereinanderliegenden, leicht vorspringenden Loggien. Lange, massive Mauerwerksbrüstungen mit Betonabdeckungen sowie die Betonumrandungen der Fenster verleihen dem Gebäude eine gewisse Horizontalität. Auf der Nordostseite befindet sich das mit Metallrahmen und Einfachverglasung grossflächig verglaste Treppenhaus. Der Dachraum unter dem flachgeneigten Walmdach ist ungenutzt und unbeheizt. Der umlaufende Dachüberstand ist unterseitig mit Holz verschalt. Die 30 cm starken, verputzten Aussenwände bestehen aus einer tragenden, aussenliegenden Mauerwerkswand, einer Luftschicht und einer inneren Vorsatzschale aus Mauerwerk. Hourdisdecken liegen auf den tragenden Aussen- und Innenwänden auf. Die Betondecke der Loggien wird von den umgebenden Aussenwänden getragen. Ein Teil der Fenster aus der Erbauungszeit ist noch erhalten und besteht aus Holzrahmen mit doppelter Einfachverglasung. Rollstoren mit innenliegendem Storenkasten ermöglichen das Verdunkeln der Räume und dienen als Sonnenschutz.



Lageplan 1: 2'000

0 15 120

Baujahr	1960
Bebaute Fläche [m <sup>2</sup> ]	324
Wohnungsanzahl	18
Energiebezugsfläche (EBF) [m <sup>2</sup> ]	1'475
Gebäudehüllfläche [m <sup>2</sup> ]	1'870
Formfaktor	1.1
Mittlerer Energieverbrauch [kWh/a]	220'230
Heizwärmebedarf «erhoben» [MJ/m <sup>2</sup> ]	355
Heizwärmebedarf «errechnet» [MJ/m <sup>2</sup> ]	325
Wärmeerzeugung	Ölheizung
Wärmeverteilung	Radiatoren mit Thermostatventilen



### Dach

flachgeneigtes Walmdach mit Ziegeldacheindeckung und Dachüberstand

### Oberste Geschossdecke

Hourdisdecke

### Fenstereinfassung

Kunststein

### Geschossdecke

Hourdisdecke

### Fenster

Holzrahmen, Doppelverglasung

### Sonnenschutz

Rollstoren mit innenliegendem Storenkasten

### Aussenwand

Ziegelmauerwerk verputzt mit Luftschicht und innerer Vorsatzschale (ca. 30 cm dick)

### Aussenbereich

Loggia, leicht auskragend, Betonplatte auf Aussenwänden aufliegend, verputzte Mauerwerksbrüstung

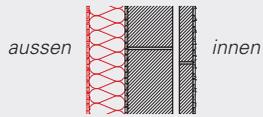
### Decke über Kriechkeller

Hourdisdecke

Ausschnitt der Südostfassade

**Aussenwand**

U gemessen: nicht verfügbar  
U Bestand: 0.65 W/m<sup>2</sup>K  
U Sanierung: 0.16 W/m<sup>2</sup>K



- . Dämmung 160 mm
- . Aussenputz 10 mm
- . Hohlziegelmauerwerk 200 mm
- . Luftschicht 30 mm
- . Ziegelmauerwerk 60 mm
- . Gipsputz ~7 mm

**Aussenwand Loggia**

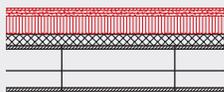
U Bestand: 0.65 W/m<sup>2</sup>K  
U Sanierung: 0.24 W/m<sup>2</sup>K



- . Dämmung 100 mm
- . Aussenputz 10 mm
- . Hohlziegelmauerwerk 200 mm
- . Luftschicht 30 mm
- . Ziegelmauerwerk 60 mm
- . Gipsputz ~7 mm

**Unterste Geschossdecke**

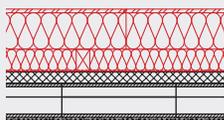
U Bestand: 1.06 W/m<sup>2</sup>K  
U Sanierung: 0.31 W/m<sup>2</sup>K



- . Dämmung 80 mm
- . Hourdisdecke mit Betonträgern 250 mm

**Dach, oberste Geschossdecke**

U Bestand: 0.30 W/m<sup>2</sup>K  
U Sanierung: 0.11 W/m<sup>2</sup>K



- . Dämmung 160 + 100 mm
- . Dampfbremse
- . Dämmung 100 mm (entfernt)
- . Hourdisdecke mit Betonträgern 210 mm
- . Gipsputz ~7 mm

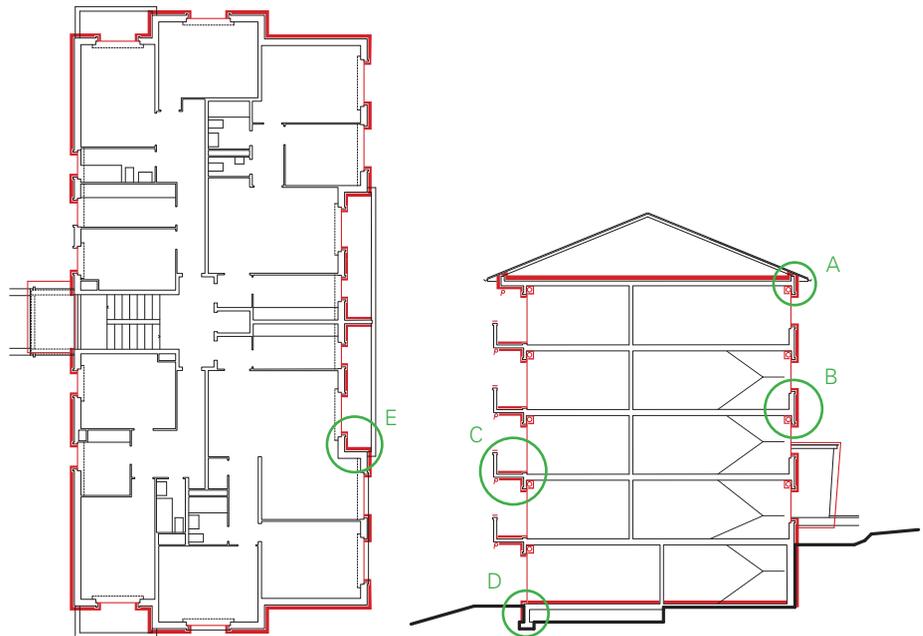
**Fenster**

Ug Bestand: 1.1 oder 3.0 W/m<sup>2</sup>K  
Uf Bestand: 1.9 W/m<sup>2</sup>K  
g Bestand: 0.75  
Ug Sanierung: 1.00 W/m<sup>2</sup>K  
Uf Sanierung: 1.1 W/m<sup>2</sup>K  
g Sanierung: 0.6

- . Sanierungsrahmen aus PVC oder Holz (Erbauungszeit)
- . Doppelisolierverglasung oder doppelte Einfachverglasung (Erbauungszeit)
- . Holzrahmen
- . Doppelisolierverglasung

**SANIERUNGSSTRATEGIE**

Die einfache Kubatur des Gebäudes erlaubt eine Aussendämmung bei gleichzeitigem Erhalt der charakteristischen Merkmale. Aus baukonstruktiven und wirtschaftlichen Gründen werden alle Technikbereiche in die thermische Hüllfläche integriert. Die charakteristischen Kunststeineinfassungen der Fenster werden durch gedämmte Glasfaserbetonelemente ersetzt. Der leicht vorspringende Loggienteil bleibt auch nach der Sanierung lesbar.



Schematischer Grundriss und Schnitt. In rot die sanierten Bauteile der Gebäudehülle des Sanierungsszenarios 2. In grün wesentliche Gebäudedetails.

**SANIERUNGSEINGRIFFE**

**Aussenwand:** Die Aussenwände erhalten eine 160 mm starke, verputzte Aussendämmung. Gedämmte Betonfertigteile ersetzen die Kunststeineinfassungen. Die Aussenwände gegen das Erdreich werden von aussen gedämmt.

**Decken gegen unbeheizt:** Die bestehende Dämmung der obersten Geschossdecke wird durch eine 260 mm starke Dämmung ersetzt. Die unterste Geschossdecke erhält eine 80 mm starke Dämmschicht.

**Aussenbereiche:** Die Balkonaussenwände erhalten eine 100 mm starke Aussendämmung. Eine ober- und unterseitige Dämmung der Balkonplatten reduziert die Wärmebrücken in diesem Bereich.



Eingang Nordwest



Kellerräume



Loggien Südost

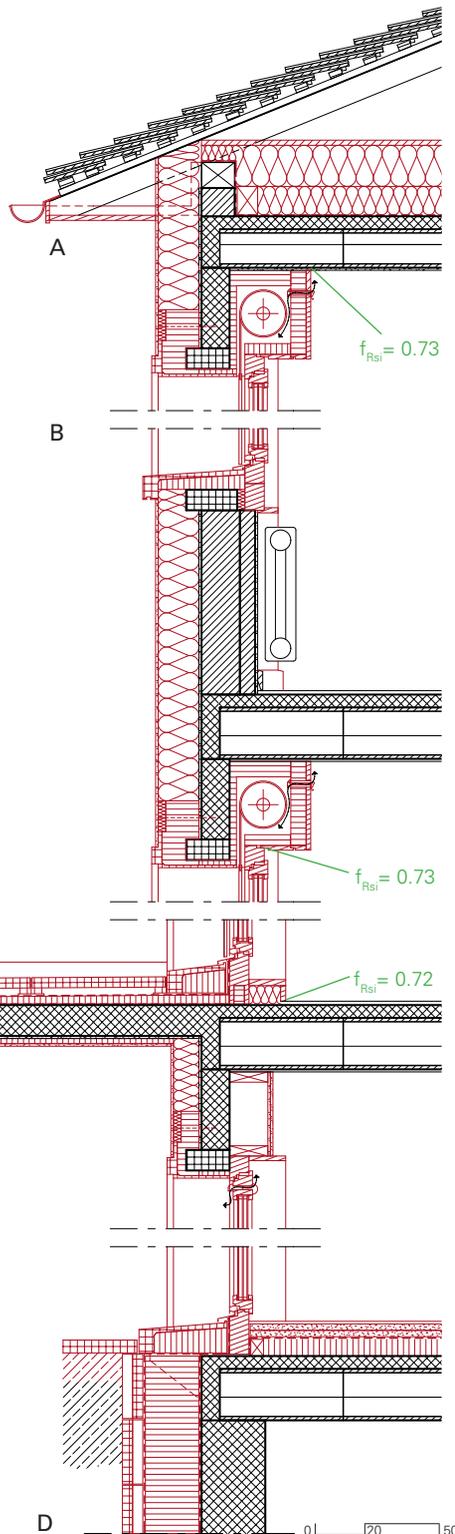
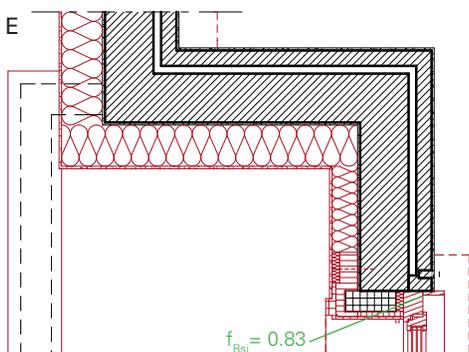
## SANIERUNGSDetails – SZENARIO 2

A Das ungenutzte Dachgeschoss erleichtert den Eingriff. Die bestehende, geringe Dämmschicht wird entfernt, um einen korrekten Bauteilaufbau und den Anschluss an die Mauerlatte zu garantieren. Ein besonderes Augenmerk ist auf die Ausführung von Dämmung und Dampfbremse im unteren Sparrenbereich zu legen. Aufgrund der großen Dämmstärke muss die Zugangstreppe angepasst werden. Die Holzverschalung der Vordächer wird zum Teil entfernt, um die Aussendämmung bis zum Unterdach hochführen zu können.

B Neue, gedämmte Glasfaserbetonelemente überdecken die bestehenden Kunststeinelemente. Die geringe Elementdicke ermöglicht es, die Fensterproportionen weitgehend zu wahren ohne den Lichteinfall wesentlich einzuschränken. Die Verkleinerung der Öffnung macht einen Austausch der innenliegenden Storen notwendig. Gedämmte Storenkästen mit integriertem Fensterlüfter ermöglichen eine kontrollierte Luftzufuhr durch die neue, dichte Gebäudehülle.

C Um die Wärmebrücke im Bereich der Balkone zu reduzieren wird die Balkonplatte ober- und unterseitig gedämmt. Die mit Gefälle verlegte Dämmschicht dient ebenfalls zur korrekten Entwässerung. Die Betonbrüstungen werden mit einem Betonfertigteil auf 100 cm erhöht. Eine 80 mm hohe gedämmte Schwelle im inneren Leibungsbereich vermeidet zu niedrige Oberflächentemperaturen am Anschluss Fenster - Geschossdecke.

D Die lichte Höhe von 260 cm im Souterrain erlaubt eine oberseitige Dämmung der untersten Geschossdecke über dem Kriechkeller. Dieser Eingriff hat Auswirkungen auf Türen, Schränke, Küchen und Bäder der beiden Wohnungen im Souterrain.



### Anschluss Aussenwand / oberste Geschossdecke

- . Spanplatte 16 mm
- . Mineralwolle, Holzunterkonstruktion
- .  $\lambda = 0.034 \text{ W/mK}$ , 160 mm
- . Mineralwolldämmung
- .  $\lambda = 0.035 \text{ W/mK}$ , 100 mm
- . Dampfbremse
- . Hourdisdecke mit Betonträgern 210 mm
- . Gipsputz 7 mm

### Fenstersturz / Storenkasten

- . Leibungselement aus Glasfaserbeton mit Polystyrol-  
dämmung / Mineralwolle 160 mm
- . Putz ~10 mm
- . Betonsturz 110 mm
- . innenliegender Storenkasten
- . Polystyrol-  
dämmung 25 mm /  
Luftraum / Polystyrol-  
dämmung 60  
mm / Holzbrett gestrichen
- . Fensterlüfter

### Aussenwand

- . Aussenputz 10 mm
- . Mineralwolle,  
 $\lambda = 0.034 \text{ W/mK}$ , 160 mm
- . Bestandsputz ~10 mm
- . Ziegelhohlblockmauerwerk 200 mm
- . Luftschicht 30 mm
- . Ziegelmauerwerk 60 mm
- . Gipsputz ~7 mm

### Balkonplatte

- . Betonplatten 40 mm
- . Unterkonstruktion
- . Abdichtung
- . Polyurethandämmung im Gefälle,  
 $\lambda = 0.02 \text{ W/mK}$ , 40 mm
- . Betonplatte 120 mm
- . Polystyrol-  
dämmung,  
 $\lambda = 0.03 \text{ W/mK}$ , 20 mm
- . Aussenputz

### Decke über Kriechkeller

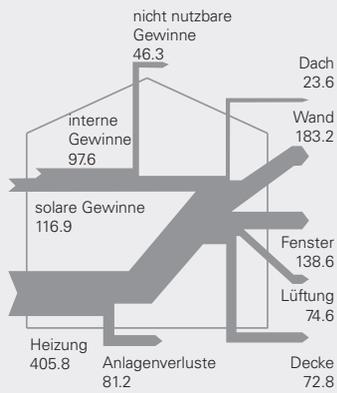
- . Bodenbelag ~10 mm
- . Gipsfaserplatte 2 x 10 mm
- . Polystyrol-  
dämmung,  
 $\lambda = 0.035 \text{ W/mK}$ , 80 mm
- . Hourdisdecke mit Betonträgern 250 mm

### Aussenwand Balkon

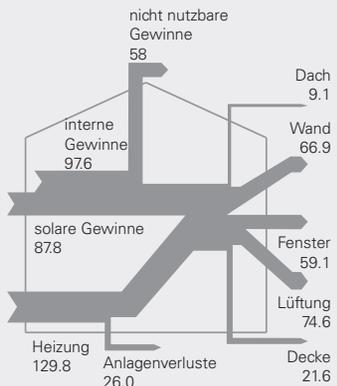
- . Aussenputz 10 mm
- . Mineralwoll-  
dämmung mit Unter-  
konstruktion
- .  $\lambda = 0.034 \text{ W/mK}$ , 100 mm
- . Bestandsputz ~10 mm
- . Ziegelhohlblockmauerwerk 200 mm
- . Luftschicht 30 mm
- . Ziegelmauerwerk 60 mm
- . Innenputz ~7 mm

Fassadenschnitt der Gartenfassade und Grundrissausschnitt des zweiten Geschosses, Szenario 2.

E Die Aussendämmung der Balkone wird auf 100 mm beschränkt, um die Nutzbarkeit der Balkone nicht zu stark einzuschränken. Aufgrund der niedrigen Durchgangshöhe in diesem Bereich wurde der Fensterlüfter in die oberen Öffnungsflügel der Fenster integriert.

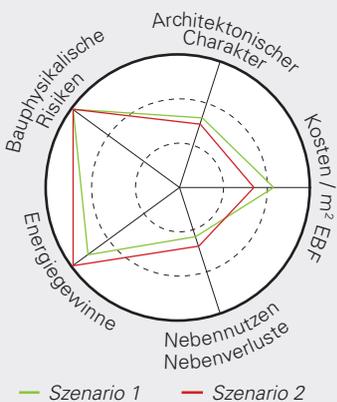


**BESTAND Sankey-Diagramm in [MJ/m²].** Der SIA 380/1 Grenzwert liegt bei 1170 MJ/m² und der Heizwärmebedarf bei 324.6 MJ/m².



**SZENARIO 2 Sankey-Diagramm in [MJ/m²].** Der SIA 380/1 Grenzwert liegt bei 119 MJ/m² und der Heizwärmebedarf bei 103.9 MJ/m².

Anteilige Verluste über Wärmebrücken: 18.1 % (ohne Berücksichtigung der Lüftungsverluste).



**BEWERTUNG der Szenarien.** Ein optimales Ergebnis weist einen ausserliegenden Kreis ohne wesentliche Schwachpunkte auf.

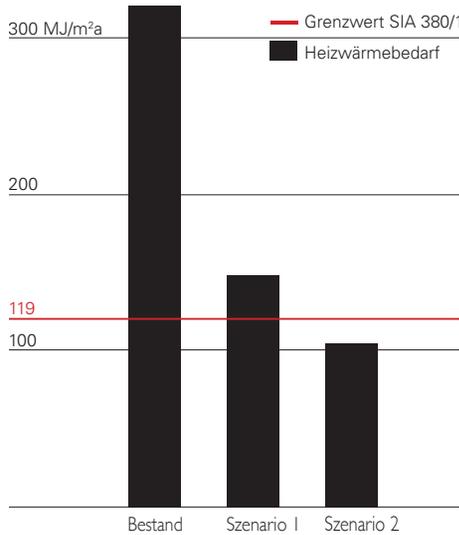
**Gesamtkosten (inkl. MwSt.):**  
Szenario 1: 1'160'000 CHF  
Szenario 2: 1'375'000 CHF

**Kosten / m² EBF (inkl. MwSt.):**  
Szenario 1: 760 CHF  
Szenario 2: 895 CHF

**Kosten / m² Bauteil (inkl. MwSt.):**  
Dach: 280 CHF  
Fassaden: 720 CHF  
Decke gegen Erdreich: 610 CHF

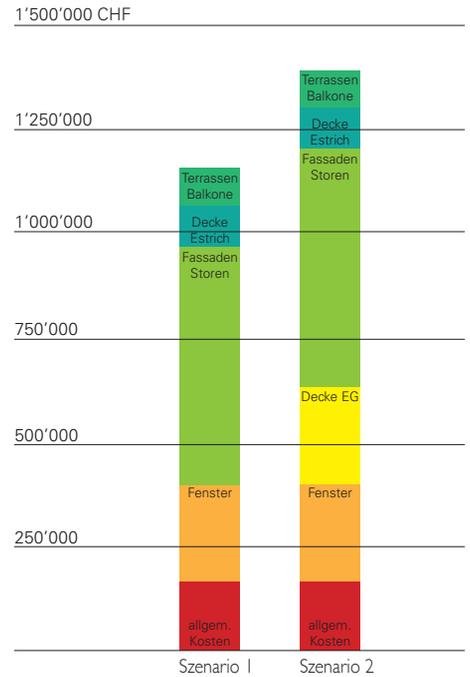
## SANIERUNGSSZENARIEN

**Szenario 1:** Es umfasst den Fenstereinsatz, die Aussendämmung der Wände und erdberührten Aussenwände sowie des Eingangsbereichs, die Dämmung der obersten Geschossdecke, der Storenkästen und Balkonplatten. Mit einem Heizwärmebedarf von 147 MJ/m² erreicht das Szenario den SIA 380/1 Grenzwert nicht. Der Energiegewinn liegt bei 179 MJ/m², dies entspricht 55%, wozu 84% der Baukosten des 2. Szenarios benötigt werden.

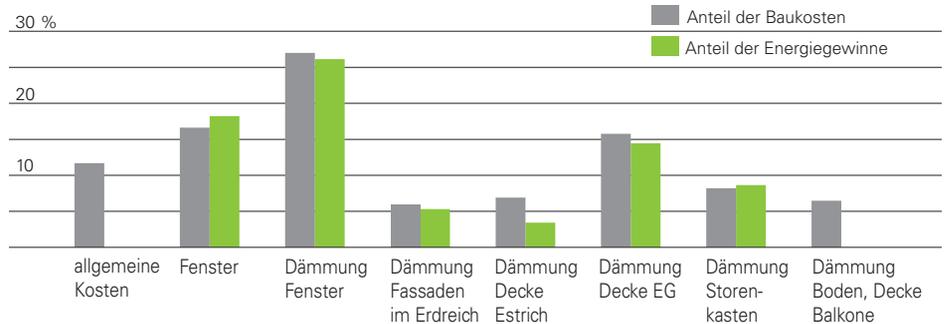


Grafische Darstellung des Heizwärmebedarfs des Bestands und der verschiedenen Szenarien.

**Szenario 2:** Die Massnahmen entsprechen dem 1. Szenario zuzüglich der Dämmung der untersten Geschossdecke. Das Szenario erreicht den SIA 380/1 Grenzwert von 119 MJ/m². Der Energiegewinn liegt bei 220 MJ/m², dies entspricht 68 %.



Grafische Darstellung der Baukosten aufgeschlüsselt nach Bauteilen.



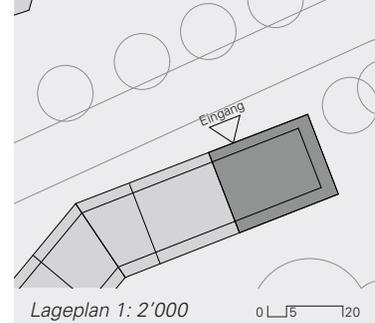
Grafische Darstellung der anteiligen Kosten und energetischen Gewinne der einzelnen Massnahmen.

## SCHLUSSFOLGERUNG

Der Eingriff rekonstruiert die architektonischen Merkmale der Fassade. Eine angemessene Aussendämmschicht ermöglicht es, Aussehen und Nutzung der Balkone zu erhalten. Eine 40 mm stärkere Aussendämmung würde nur 1% mehr Energieeinsparung bewirken. Die Dämmung der untersten Geschossdecke gegen Aussenraum ist zwingend notwendig, um den SIA 380/1-Grenzwert zu erreichen. Dieser Eingriff ist jedoch sehr aufwendig und kostenintensiv (15,3%) und zieht viele Anpassungen in den beiden Souterrainwohnungen nach sich. Die Dämmung der obersten Geschossdecke bringt nur geringe Einsparungen, da die Bestandsdecke bereits mit 100 mm gedämmt wurde. Auch wenn die Dämmung von Balkonplatten und Storenkästen wenig Energieeinsparung im Kostenvergleich bringt, sind diese Massnahmen notwendig, um Wärmebrücken, die fast ein Fünftel der Energieverluste des Gebäudes darstellen, zu minimieren.

## CHARAKTERISTIKEN

Das Wohngebäude befindet sich in einer Siedlung der 60-70er Jahre am Stadtrand von Genf. Es ist Teil eines fast 200 m langen Gebäuderiegels. Über dem gemeinschaftlichen Erdgeschoss befinden sich acht Vollgeschosse und zwei rückversetzte Attikageschosse mit Maisonnettewohnungen. Das für die Erbauungszeit typische Tragwerk in Schottenbauweise besteht aus tragenden Stahlbetonzwischenwänden, Stahlbetondecken und Erschliessungskernen. Umlaufende Balkone mit geschlossenen Brüstungen aus Betonfertigteilen gliedern die Fassaden der Vollgeschosse in horizontale Bänder. Die rückversetzten Balkonfassaden sind grossflächig verglast. Die Attikafassade ist mit Kunststeinplatten verkleidet. Im Erdgeschoss befindet sich eine grosszügige Eingangshalle, die Strasse und Park verbindet. Gestrichene Betonfertigteilelemente verkleiden das Erdgeschoss. Flachdach und Attikaterrassen wurden während eines Sanierungseingriffs bereits gedämmt. Die ursprünglichen Holzmetallfenster mit Doppelverglasung wurden in den acht Vollgeschossen bereits 2010 - 2011 durch PVC - Fenster mit Dreifachverglasung ersetzt. Dieser Eingriff wurde im Rahmen der vorliegenden Studie nicht berücksichtigt.



Lageplan 1: 2'000

0 15 120

<b>Baujahr</b>	1970
<b>Bebaute Fläche [m<sup>2</sup>]</b>	308
<b>Wohnungsanzahl</b>	27
<b>Energiebezugsfläche (EBF) [m<sup>2</sup>]</b>	2'811
<b>Gebäudehüllfläche [m<sup>2</sup>]</b>	1'934
<b>Formfaktor</b>	0.77
<b>Mittlerer Energieverbrauch [kWh/a]</b>	369'702
<b>Heizwärmebedarf «erhoben» [MJ/m<sup>2</sup>]</b>	351
<b>Heizwärmebedarf «errechnet» [MJ/m<sup>2</sup>]</b>	335
<b>Wärmeerzeugung</b>	Fernheizung
<b>Wärmeverteilung</b>	Radiatoren mit Thermostatventilen

### Dach

Flachdach, Stahlbeton

### Attikageschoss

rückversetztes Attikageschoss, Betonfertigteilfeassade

### Trennwand

Stahlbeton, zum Teil gedämmt

### Aussenbereich

umlaufende Balkone, durchgehende Stahlbetondecke

### Sturz

Stahlbeton

### Fenster

Holzmetallrahmen, Doppelisolierverglasung (vor 2011)

### Geschossdecke

Stahlbeton

### Rollstoren

mit innenliegendem Storenkasten

### Brüstung

Brüstung aus Betonfertigteilelementen und Glas

### Sockel

Betonfertigteilelemente, gestrichen

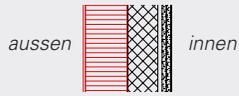
### Kellerdecke

Stahlbeton

Ausschnitt der Nordfassade

#### Aussenwand

U gemessen: 1.1 W/m<sup>2</sup>K  
U Bestand: 1.53 W/m<sup>2</sup>K  
U Sanierung: 0.17 W/m<sup>2</sup>K



- . Dämmung 200 mm
- . Beton
- . Luftschicht
- . Gipsbauplatten

#### Stirnfassade

U gemessen: 0.49 W/m<sup>2</sup>K  
U Bestand: 0.55 W/m<sup>2</sup>K  
U Sanierung: 0.18 W/m<sup>2</sup>K



- . Dämmung 220 mm
- . Stahlbeton

#### Attikafassade

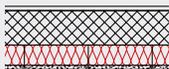
U gemessen: 1.85 W/m<sup>2</sup>K  
U Bestand: 2.12 W/m<sup>2</sup>K  
U Sanierung: 0.41 W/m<sup>2</sup>K



- . Betonfertigteil
- . Ortbeton
- . Dämmung 80 mm
- . Dampfbremse
- . doppelte Gipskartonplatte

#### Erdgeschossdecke

U Bestand: 2.14 W/m<sup>2</sup>K  
U Sanierung: 0.29 W/m<sup>2</sup>K



- . Parkett
- . Stahlbeton
- . Dämmung 100 mm
- . abgehängte Decke

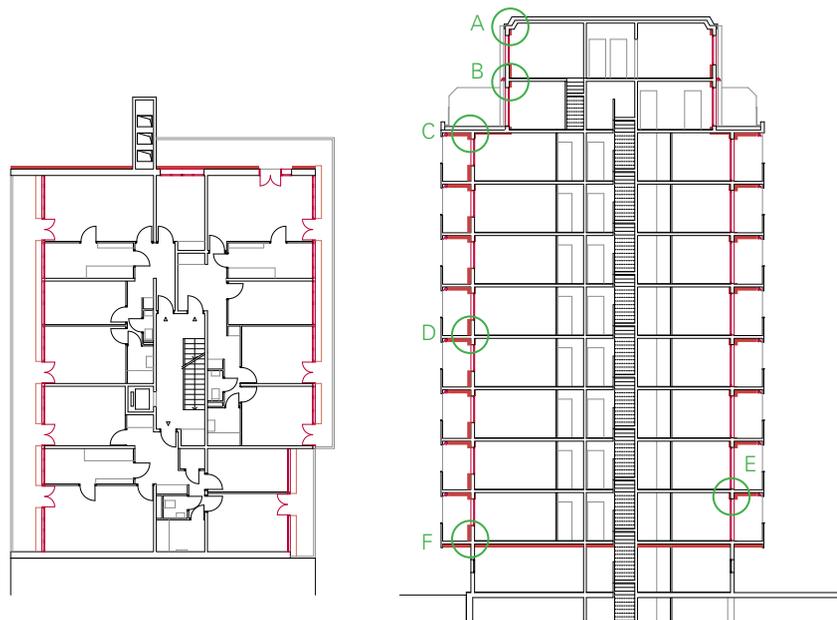
#### Fenster

Ug Bestand: 3.0 W/m<sup>2</sup>K  
Uf Bestand: 1.9 W/m<sup>2</sup>K  
g Bestand: 0.75  
Ug Sanierung: 0.4 W/m<sup>2</sup>K  
Uf Sanierung: 1.2 W/m<sup>2</sup>K  
g Sanierung: 0.37

- . Holzmetallrahmen
- . Doppelverglasung
- . Holzmetallrahmen
- . Dreifachisolierverglasung

## SANIERUNGSSTRATEGIE - SZENARIO 2

Die gewählte Sanierungsstrategie berücksichtigt die unterschiedliche architektonische Gestaltung von Vollgeschossen, Sockel- und Attikageschoss. In den acht Vollgeschossen mit vorgelagerten Balkonen kann auf der rückwärtigen Fassade eine Aussendämmung aufgebracht werden ohne das Gesamterscheinungsbild zu verändern. Im Attikabereich kommt eine Innendämmung zum Einsatz, um die gefärbten Betonfertigteilelemente der Fassade zu erhalten. Das Erdgeschoss bleibt unbeheizt und wird in der abgehängten Decke gedämmt. Gezielte Eingriffe im Bereich der Storenkästen, Fensterstürze und Türschwelle reduzieren vorhandene Wärmebrücken.



Schematischer Grundriss und Schnitt. In rot die sanierten Bauteile der Gebäudehülle des Sanierungsszenarios 2. In grün wesentliche Gebäudedetails.

## SANIERUNGSEINGRIFFE

**Hauptfassade:** Die vorhandene Balkontiefe erlaubt das Aufbringen einer Aussendämmung im Sturz- und Brüstungsbereich. Eine gedämmte Schwelle reduziert die Wärmebrücke der Betondecke. Die Fenster werden durch Dreifachisolierverglasung ersetzt und die Leibungen gedämmt. Die innenliegenden Storenkästen werden entfernt und erhalten aussenliegende Sonnenschutzrollos und innenliegende Vorhänge zu Verdunklungszwecken.

**Attikafassade:** Die Attikafassade erhält eine Innendämmung aus Mineralwolle mit innenliegender Dampfbremse und Gipskartonverkleidung. Die bestehenden Heizkörper müssen versetzt werden und die Wohnfläche wird geringfügig reduziert. Die bestehenden Storen werden entfernt und die Storenkästen ausgedämmt. Die bestehenden Fenster werden durch Holzmetallfenster mit Dreifachisolierverglasung ersetzt.

**Dach und EG-Decke:** Dach und Attikaterrassen wurden kürzlich renoviert und benötigen keine weiteren Massnahmen. Die Eingangshallen werden nicht mehr beheizt und von der Energiebezugsfläche ausgenommen. Die thermische Gebäudehülle befindet sich im Bereich der Erdgeschossdecke. Hinter der abgehängten Decke wird eine Mineralwolldämmung eingebracht.



Balkon, Nordfassade



Attika, Nordfassade



Eingangshalle

## SANIERUNGSDetails Szenario 2

A Im Attikabereich werden die bestehenden PVC-Fenster durch neue Holzmetallfenster mit Dreifachisolierverglasung ersetzt. Die Storen der Nordwestfassade werden demontiert und die innenliegenden Storenkästen mit Mineralwolle ausgedämmt. Die Südostfassade erhält einen neuen gedämmten Storenkasten, um das sommerliche Überhitzungsrisiko zu senken.

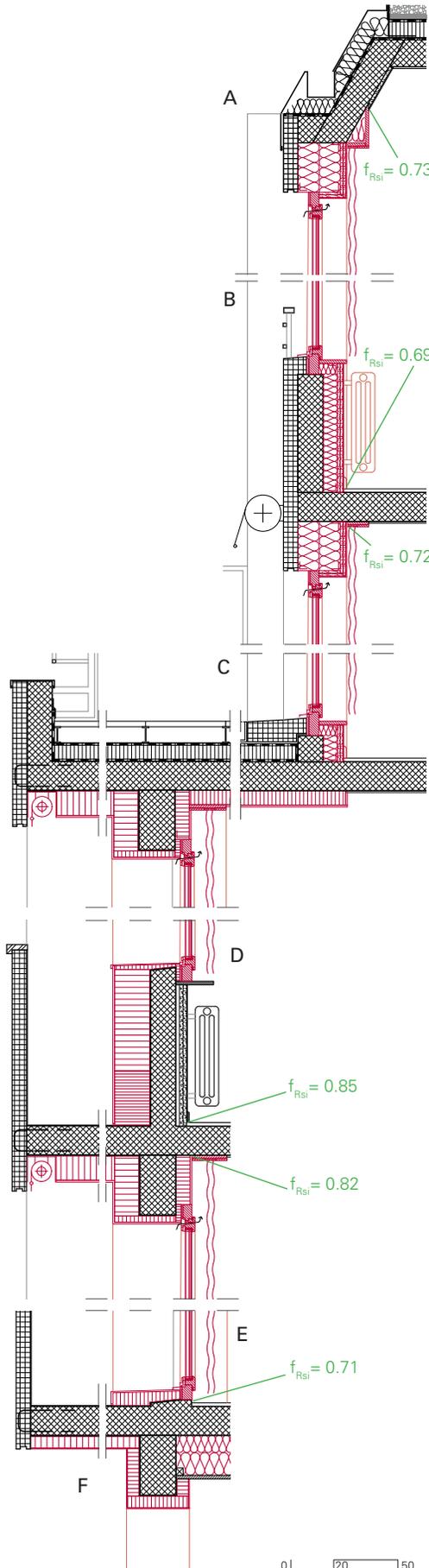
B Der Brüstungsbereich des Attikageschosses erhält eine Innendämmung aus Mineralwolle und eine Gipsbauplattenverkleidung. Ein besonderes Augenmerk ist auf den sorgfältigen Anschluss der Dampfbremse zu legen. Der bestehende Heizkörper muss um 50 mm versetzt werden. Für den Bauteilanschluss Aussenwand-Decke ist eine zusätzliche bauphysikalische Untersuchung notwendig, um ein Kondensatrisiko definitiv ausschliessen zu können ( $f_{Rsi}$  unter 0.72).

C Die bestehenden Attikaterrassen bleiben erhalten. Die Balkondecken werden gedämmt und verputzt. Die Storenkästen der Vollgeschosse werden entfernt und eine EPS - Innendämmung angebracht. Zu Verdunklungszwecken werden Vorhangschienen integriert. Die stark beschädigten Stoffausstellmarkisen werden durch neue Stoffsenkrechtmarkisen ersetzt.

D Die rückwärtigen Balkonfassaden erhalten eine verputzte EPS-Aussendämmung. Die Leibungen werden minimal gedämmt. Im unteren Anschluss an die Balkonplatte kommt eine XPS-Dämmung zum Einsatz.

E Im Bereich der neuen Fenstertüren mit Holzaluminiumrahmen und Dreifachisolierverglasung reduziert eine isolierte Schwelle die Wärmebrücke der durchgehenden Betondecke.

F Zum unbeheizten Erdgeschoss hin wird eine Mineralwolldämmung in die bestehende abgehängte Decke integriert. Dabei muss ein besonderes Augenmerk auf laterale Dämmstreifen im Bereich der anschliessenden Innenwände gelegt werden, um Wärmebrücken zu reduzieren.



- Storenkasten Attika**
- . Betonfertigteilelement 80 mm
  - . Mineralwolldämmung  $\lambda = 0.04$  W/mK, 240 mm
  - . Dampfbremse
  - . Gipsbauplatten 2x15 mm
  - . Innenputz 5 mm

- Brüstung Attika**
- . Betonfertigteilelement 80 mm
  - . Ortbeton 140 mm
  - . Innenputz
  - . Mineralwolldämmung  $\lambda = 0.04$  W/mK, 80 mm
  - . Dampfbremse
  - . Gipsbauplatten 2x15 mm
  - . Innenputz 5 mm

- Attikaterrasse**
- . Betonplatten 30 mm
  - . Unterkonstruktion 90 mm
  - . bituminöse Abdichtung
  - . Expandierte Polystyrolämmung  $\lambda = 0.036$  W/mK
  - . Dampfbremse
  - . Stahlbetondecke 160 mm
  - . Gipsputz 5 mm
  - . expandierte Polystyrolämmung  $\lambda = 0.036$  W/mK, 80 und 140 mm
  - . Innenputz 10 mm

- Sturz Vollgeschoss**
- . Aussenputz 10 mm
  - . expandierte Polystyrolämmung,  $\lambda = 0.036$  W/mK, 140 mm
  - . Betonsturz 200 mm
  - . expandierte Polystyrolämmung,  $\lambda = 0.036$  W/mK, 80 mm
  - . Innenputz 10 mm

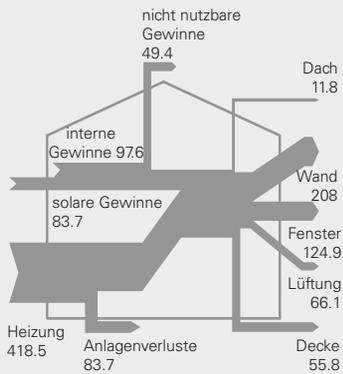
- Brüstung Vollgeschoss**
- . Aussenputz 10 mm
  - . expandierte Polystyrolämmung,  $\lambda = 0.036$  W/mK, 200 mm
  - . Stahlbeton 200 mm
  - . Luftschicht 20 mm
  - . Gipsbauplatten 2x20 mm

- Stirnfassade**
- . Putz 10 mm
  - . expandierte Polystyrolämmung,  $\lambda = 0.036$  W/mK, 220 mm
  - . Stahlbeton 430 mm
  - . Innenputz 10 mm

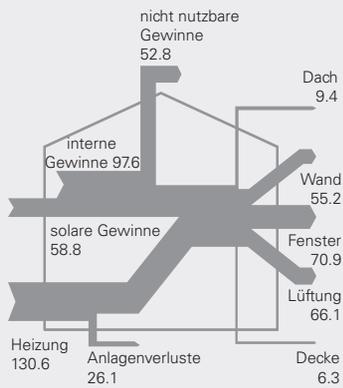
- Decke über Erdgeschoss**
- . Parkett geklebt, 20 mm
  - . Stahlbetondecke, 160 mm
  - . Mineralwolldämmung,  $\lambda = 0.04$  W/mK, 100 mm
  - . abgehängte Decke mit Gipsbauplatten 25 mm

Schnitt der Strassenfassade mit Sanierungsingriffen des zweiten Szenarios.

0 | 20 | 150

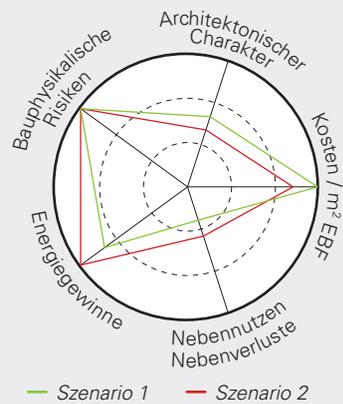


**BESTAND** Sankey-Diagramm in [MJ/m²]. Der SIA 380/1 Grenzwert liegt bei 108.3 MJ/m² und der Heizwärmebedarf bei 334.8 MJ/m².



**SZENARIO 2** Sankey-Diagramm in [MJ/m²]. Der SIA 380/1 Grenzwert liegt bei 108.3 MJ/m² und der Heizwärmebedarf bei 104.4 MJ/m².

Anteilige Verluste über Wärmebrücken: 25.8 % (ohne Berücksichtigung der Lüftungsverluste).



**BEWERTUNG** der Szenarien. Ein optimales Ergebnis weist einen ausenliegenden Kreis ohne wesentliche Schwachpunkte auf.

**Gesamtkosten (inkl. MwSt.):**  
Szenario 1: 1'400'500 CHF  
Szenario 2: 1'895'500 CHF

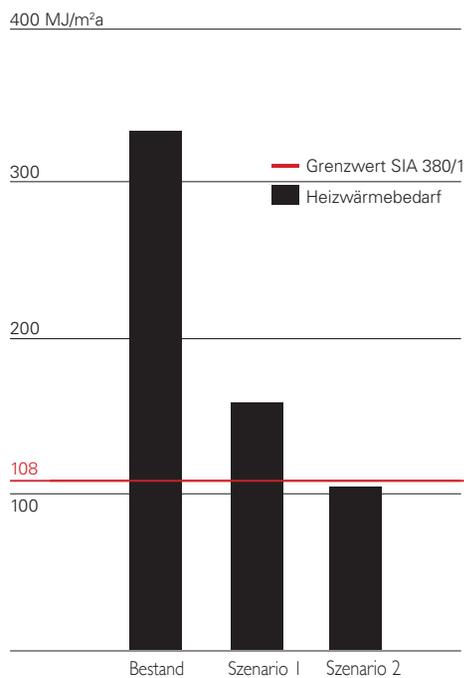
**Kosten / m² EBF (inkl. MwSt.):**  
Szenario 1: 500 CHF  
Szenario 2: 675 CHF

**Kosten / m² Bauteil (inkl. MwSt.):**  
Dach: -  
Fassade und Fenster:  
Szenario 1: 625 CHF  
Szenario 2: 930 CHF  
Decke gegen unbeheizt:  
355 CHF

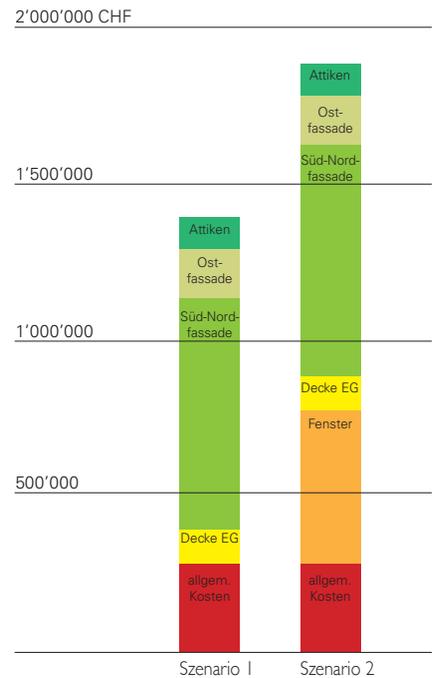
## SANIERUNGSSZENARIEN

**Szenario 1:** Es umfasst die Dämmung der drei Fassaden, der Balkondecken, der Erdgeschossdecke, die Dämmung der Storenkästen und die Innendämmung des Attikageschosses. Die Fenster der Vollgeschosse bleiben erhalten. Der Energiegewinn liegt bei 176 MJ/m². Dies entspricht 53%, bei Verwendung von 74% der Gesamtbaukosten des zweiten Szenarios. Der SIA 380/1 Grenzwert wird nicht erreicht.

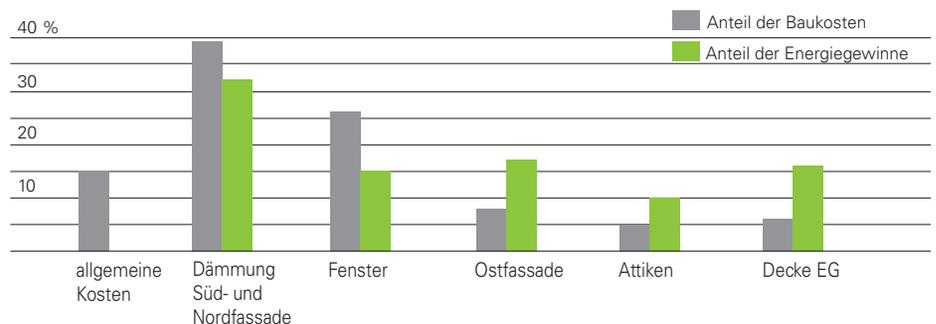
**Szenario 2:** Um den vorgegebenen Grenzwert zu erreichen, ergänzt das Szenario 2 die Massnahmen des ersten Szenarios mit dem Ersatz der bestehenden Fenster durch Holzaluminiumfenster mit Dreifachisolierverglasung. Der Energiegewinn liegt bei 230.4 MJ/m². Dies entspricht 69%.



Grafische Darstellung des Heizwärmebedarfs des Bestands und der verschiedenen Szenarien.



Grafische Darstellung der Baukosten aufgeschlüsselt nach Bauteilen.



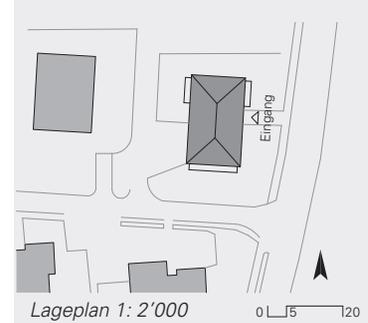
Grafische Darstellung der anteiligen Kosten und energetischen Gewinne der einzelnen Massnahmen für das Szenario 2.

## SCHLUSSFOLGERUNG

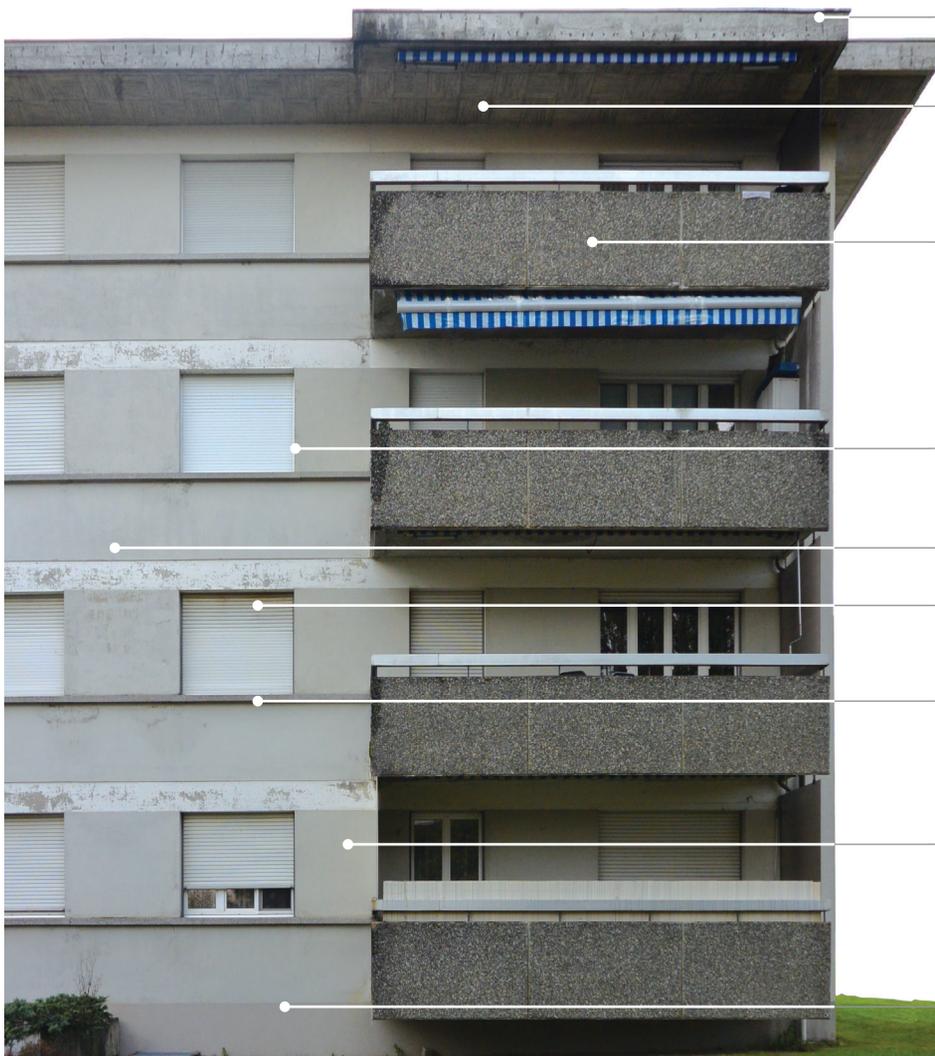
Die vorgeschlagenen Szenarien erhalten die wesentlichen architektonischen Charakteristiken des Gebäudes. Die hinter den umlaufenden Balkonen rückversetzte Fassade erlaubt das Aufbringen einer herkömmlichen Aussenwärmedämmung. Die Wärmebrücken der durchgehenden Betondecken bleiben bestehen, das Kondensatrisiko wird jedoch reduziert. Das erste Szenario ist aus wirtschaftlicher Sicht das sinnvollere, erreicht den SIA 380/1 Grenzwert jedoch nicht. Das zweite Szenario erfüllt zwar die Anforderungen, bedingt jedoch höhere Investitionskosten.

## CHARAKTERISTIKEN

Das freistehende Gebäude im westlichen Umland von Lausanne steht auf einem grossen Grundstück umgeben von einer heterogenen Wohnbebauung. Vier Geschosse mit je drei oder vier Wohnungen befinden sich über dem zum Teil eingegrabenen Erdgeschoss mit Technikräumen, Garagen und Geschäftsflächen. Die Konstruktion ist einfach und wirtschaftlich. Alle Wohnungen verfügen über einen Balkon mit auskragender Betondecke, Brüstungen aus Waschbeton und metallischem Handlauf. Die durchlaufenden Betonelemente der Fensterbänke und die durchgehenden weiss gestrichenen Betonstürze der Fenster unterstreichen die Horizontalität des Baukörpers. Die verputzten Aussenwände bestehen aus einer aussenliegenden, tragenden Mauerwerkswand, einer Dämmschicht und einer inneren Vorsatzschale. Einige Zentimeter Glaswolle zwischen den Schichten dienen als Wärmedämmung. Die Auskrugung der obersten Stahlbetondecke dient als Vordach, integriert die Dachrinne und versteckt das mit Ziegeln gedeckte flachgeneigte Walmdach, unter dem sich ein unbeheizter Dachraum befindet. Lediglich der Boden gegen das Erdreich ist im Geschäftsbereich mit 2 cm Kork geringfügig gedämmt. Die Fenster wurden kürzlich gegen PVC-Fenster mit Doppelisolierverglasung getauscht. Rollstoren mit innenliegenden Storenkästen dienen als Sonnenschutz und Verdunklungsmöglichkeit.



<b>Baujahr</b>	1972
<b>Bebaute Fläche [m<sup>2</sup>]</b>	358
<b>Wohnungsanzahl</b>	15
<b>Geschäftsanzahl</b>	1
<b>Energiebezugsfläche (EBF) [m<sup>2</sup>]</b>	1'446
<b>Gebäudehüllfläche [m<sup>2</sup>]</b>	1'625
<b>Formfaktor</b>	1.02
<b>Mittlerer Energieverbrauch [kWh/a]</b>	204'648
<b>Heizwärmebedarf «erhoben» [MJ/m<sup>2</sup>]</b>	334
<b>Heizwärmebedarf «errechnet» [MJ/m<sup>2</sup>]</b>	328
<b>Wärmeerzeugung</b>	Ölheizung
<b>Wärmeverteilung</b>	Radiatoren mit Thermostatventilen



### Dach

flachgeneigtes Walmdach mit Ziegelddeckung, unbeheizt

### Decke gegen Dachraum

Stahlbetondecke nachträglich oberseitig gedämmt, Vordach durch auskragende Betondecke

### Aussenbereich

auskragende Balkone, durchgehende Stahlbetondecke, Brüstung aus Waschbetonelementen

### Fensterleibung

verputzt

### Geschossdecke

Stahlbeton

### Sonnenschutz

Rollstoren mit innenliegendem Storenkasten

### Fensterbank

Betonfertigteilelement

### Aussenwand

verputztes Mauerwerk mit geringer Zwischendämmung (2 - 6 cm) und innerer Vorsatzschale

### Kellerdecke

Stahlbeton, nicht gedämmt

*Ausschnitt der Westfassade.*

### Aussenwand

U gemessen: 0.52 W/m<sup>2</sup>K (±14%)

U Bestand: 0.56 W/m<sup>2</sup>K

U Sanierung: 0.15 W/m<sup>2</sup>K

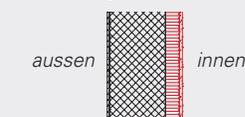


- . Dämmung 35 + 180 mm
- . Putz 8 mm
- . Hohlziegelmauerwerk 180 mm
- . Mineralwolle 40 mm
- . Aluminiumfolie
- . Hohlziegelmauerwerk 60 mm
- . Gipsputz ~6 mm

### Sockelfassade

U Bestand: 0.70 W/m<sup>2</sup>K

U Sanierung: 0.30 W/m<sup>2</sup>K

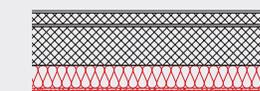


- . Aussenputz 8 mm
- . Stahlbeton 250 mm
- . Mineralwolle (abgebaut)
- . Dampfbremse (abgebaut)
- . Hohlziegelmauerwerk (abgebaut)
- . Gipsputz ~6 mm (abgebaut)
- . Dämmung 120 mm
- . Dampfbremse

### Decke gegen unbeheizt

U Bestand: 1.52 W/m<sup>2</sup>K

U Bestand: 0.28 W/m<sup>2</sup>K



- . Bodenbelag ~10 mm
- . Zementunterlagsboden 60 mm
- . Trennlage
- . Stahlbeton 170 mm
- . Dämmung 100 mm

### Boden gegen Erdreich (Geschäfte)

U Bestand: 1.40 W/m<sup>2</sup>K

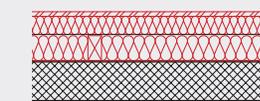


- . Bodenbelag ~10 mm
- . Kork 20 mm
- . Abdichtung
- . Stahlbeton 80 mm
- . Sauberkeitsschicht 150 mm

### Oberste Geschossdecke

U Bestand: 0.49 W/m<sup>2</sup>K

U Bestand: 0.15 W/m<sup>2</sup>K



- . Dämmung 120 + 80 mm
- . Dampfbremse
- . Dämmung 60 mm (abgebaut)
- . Stahlbetondecke 170 mm
- . Gipsputz ~6 mm

### Fenster

Ug Bestand: 1.1 W/m<sup>2</sup>K

Uf Bestand: 2.0 W/m<sup>2</sup>K

g Bestand: 0.55

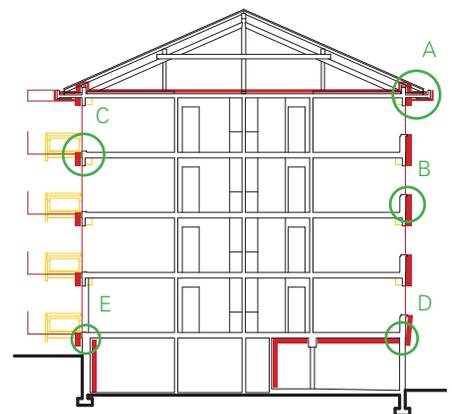
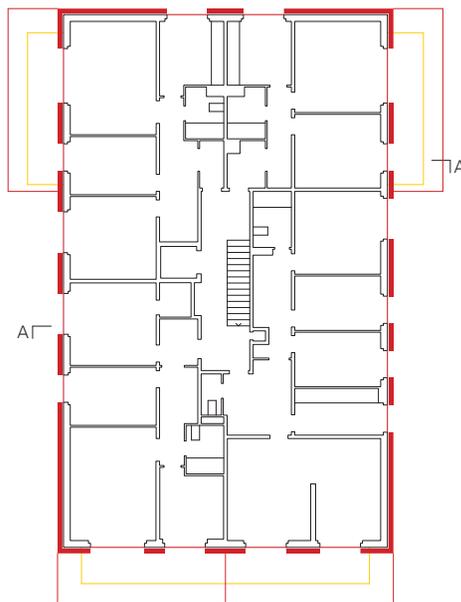
Ug Sanierung: 0.7 W/m<sup>2</sup>K

Uf Sanierung: 1.1 W/m<sup>2</sup>K

g Sanierung: 0.6

## SANIERUNGSSTRATEGIE

Aufgrund der heterogen bebauten Umgebung und den wenig markanten charakteristischen Eigenschaften des Gebäudes wird eine neue, das Erscheinungsbild des Gebäudes vollständig verändernde, energieeffiziente Hülle vorgeschlagen. Die neue Hülle umfasst alle vier Wohngeschosse. Bei den unbeheizten Räumen im Untergeschoss wird von einer Dämmung abgesehen. Lediglich die Aussenwände des Geschäftsbereichs erhalten eine Innendämmung. Die Balkone werden durch neue, freistehende Balkone ersetzt. Diese Massnahme bietet allen Wohnungen einen grosszügigen, privaten Aussenbereich und löst die Wärmebrückenproblematik der durchgehenden Betondecke.



Schematischer Grundriss und Schnitt. In rot die sanierten Bauteile der Gebäudehülle des Sanierungsszenarios 1. In grün wesentliche Gebäudedetails.

## SANIERUNGSEINGRIFFE

**Aussenwände:** Die vier Wohngeschosse erhalten eine neue hinterlüftete Holzassade mit 180 mm + 35 mm Holzfaserdämmung. Die Wände des Geschäftsbereichs werden mit einer Innendämmung aus Schaumglas gedämmt. Die Wände gegen unbeheizte Erdgeschossräume werden mit 120 mm Mineralwolle gedämmt.

**Decke gegen unbeheizte Räume:** 120 mm + 80 mm Mineralwöldämmung ersetzen die bestehende 60 mm starke Dämmung der obersten Geschossdecke. Die Decke über dem Erdgeschoss wird in den unbeheizten Bereichen mit 100 mm Mineralwolle unterhalb gedämmt. Der Boden des Geschäftsbereichs wird nicht zusätzlich ertüchtigt.

**Aussenräume:** Die durchgehenden Betondeckenplatten der Balkone werden abgesägt. Die Balkone werden rückgebaut und durch neue, freistehende, grosszügigere Balkone ersetzt.



Südfassade



unbeheizter Dachraum



Südbalkone

## DETAILS – SZENARIO 1

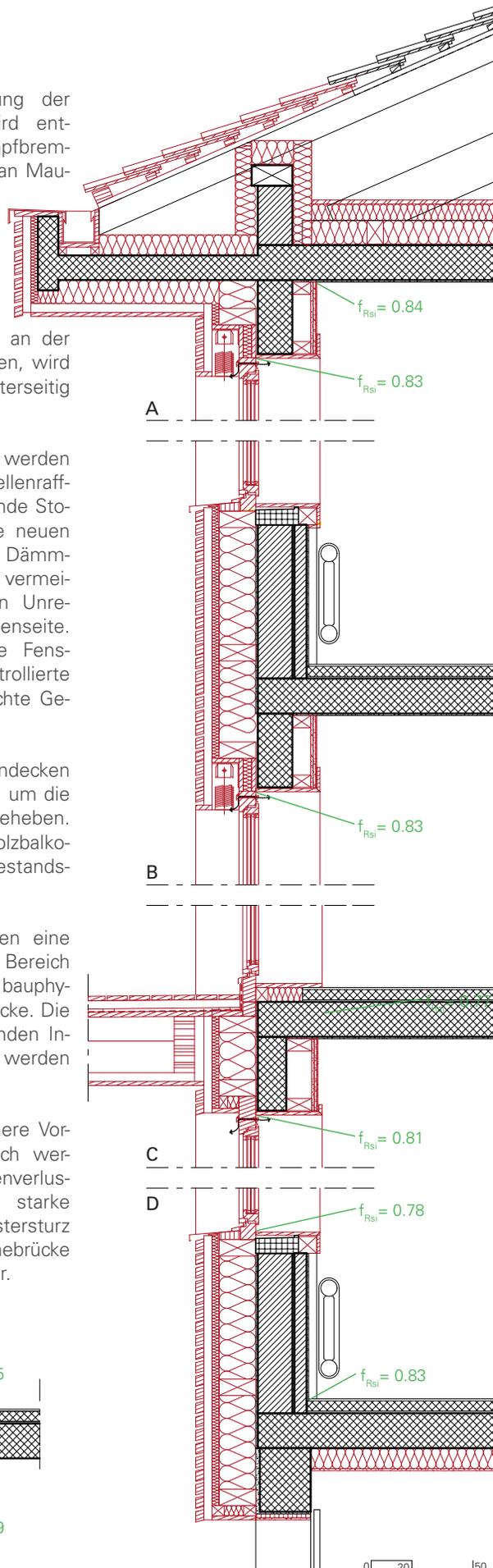
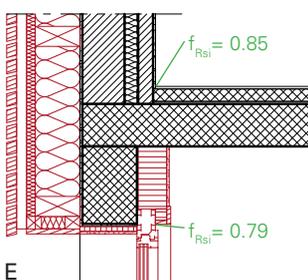
A Die bestehende Dämmung der obersten Geschossdecke wird entfernt. Der Anschluss der Dampfbremse und der neuen Dämmung an Mauerlatte und Sparren muss besonders sorgfältig ausgeführt werden. Aufgrund der grossen Dämmstärke muss die Zugangstreppe angepasst werden. Um zu niedrige Oberflächentemperaturen an der oberen Innenecke zu vermeiden, wird das Betonvordach ober- und unterseitig gedämmt.

B Die innenliegenden Storen werden durch aussenliegende Lamellenraffstoren ersetzt. Der innenliegende Storenkasten wird abgebaut. Die neuen Fenster befinden sich in der Dämmschicht, um Lichtverluste zu vermeiden. Holzleibungen verdecken Unregelmässigkeiten auf der Innenseite. Im Fensterrahmen integrierte Fensterlüfter ermöglichen eine kontrollierte Luftzufuhr durch die neue, dichte Gebäudehülle.

C Die durchgehenden Betondecken der Balkone werden abgesägt, um die bestehende Wärmebrücke zu beheben. Die neuen, selbsttragenden Holzbalkone sind unabhängig von der Bestandskonstruktion.

D Die Garagendecken erhalten eine unterseitige Dämmung. Im Bereich des Betonsturzes bleibt eine bauphysikalisch akzeptable Wärmebrücke. Die an unbeheizte Räume grenzenden Innenwände der Eingangshalle werden gedämmt.

E Die Dämmung und die innere Voratzschale im Geschäftsbereich werden abgebaut, um Nutzflächenverluste zu vermeiden. Eine 20 mm starke Dämmung unter dem Fenstersturz mindert die vorhandene Wärmebrücke im Leibungsbereich der Fenster.



### Oberste Geschossdecke

- . Spanplatte, 22 mm
- . Mineralwolle, Holzunterkonstruktion,  $\lambda = 0.034 \text{ W/mK}$ , 80 mm
- . Mineralwolle, Holzunterkonstruktion,  $\lambda = 0.035 \text{ W/mK}$ , 120 mm
- . Dampfbremse
- . Dämmung 60 mm und Spanplatte (abgebaut)
- . Stahlbetondecke 170 mm
- . Gipsputz 6 mm

### Storenkasten

- . Holzverschalung 40 mm
- . Hinterlüftung 40 mm
- . aussenliegende Lamellenraffstore
- . Holzfensterrahmen isoliert 75 mm
- . Betonsturz 170 mm
- . innenliegender Storenkasten (abgebaut)
- . Holzlattung 90 mm
- . Gipsfaserplatte 2x10 mm
- . Gipsspachtelung

### Aussenwand Brüstung

- . Holzverschalung 40 mm
- . Hinterlüftung 40 mm
- . diffusionsoffene Holzfaserverdeckplatte,  $\lambda = 0.047 \text{ W/mK}$ , 35 mm
- . Holzfaserdämmung, Holzunterkonstruktion,  $\lambda = 0.038 \text{ W/mK}$ , 180 mm
- . Aussenputz 8 mm
- . Ziegelhohlblocksteine 180 mm
- . Ziegelhohlblocksteine 60 mm
- . Innenputz 6 mm

### Aussenwand

- . Holzverschalung 40 mm
- . Hinterlüftung 40 mm
- . diffusionsoffene Holzfaserverdeckplatte,  $\lambda = 0.047 \text{ W/mK}$ , 35 mm
- . Holzfaserdämmung, Holzunterkonstruktion,  $\lambda = 0.038 \text{ W/mK}$ , 180 mm
- . Aussenputz 8 mm
- . Ziegelhohlblocksteine 180 mm
- . Glaswolldämmung 40 mm
- . Aluminiumfolie
- . Ziegelhohlblocksteine 60 mm
- . Innenputz 6 mm

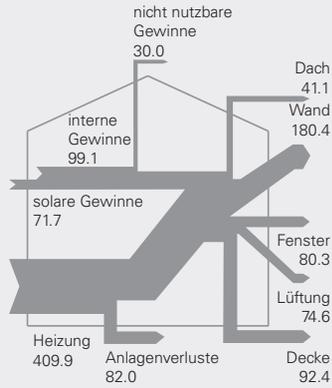
### Aussenwand Geschäft (E)

- . Aussenputz 8 mm
- . Stahlbeton 250 mm
- . Glaswolldämmung 40 mm (abgebaut)
- . Aluminiumfolie (abgebaut)
- . Ziegelhohlblocksteine 60 mm (abgebaut)
- . Gipsputz 6 mm (abgebaut)
- . Schaumglasdämmung  $\lambda = 0.040 \text{ W/mK}$ , 120 mm
- . Innenputz 7 mm

### Decke über unbeheizt

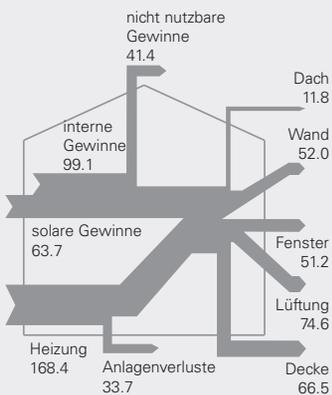
- . Parkett geklebt 10 mm
- . Zementunterlagsboden 60 mm
- . Trennschicht
- . Stahlbetondecke 170 mm
- . Mineralwolldämmung,  $\lambda = 0.035 \text{ W/mK}$ , 100 mm
- . Innenputz 7 mm

Fassadenschnitt Westfassade und Ausschnitt der Südfassade des ersten Szenarios.



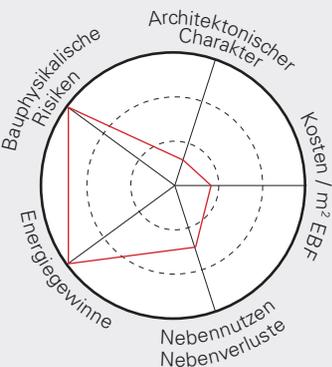
**BESTAND Sankey-Diagramm** in [MJ/m<sup>2</sup>]. Der SIA 380/1 Grenzwert liegt bei 140 MJ/m<sup>2</sup> und der Heizwärmebedarf bei 327.9 MJ/m<sup>2</sup>.

Anteilige Verluste über Wärmebrücken: 15.1 % (ohne Berücksichtigung der Lüftungsverluste).



**SZENARIO 1 Sankey-Diagramm** in [MJ/m<sup>2</sup>]. Der SIA 380/1 Grenzwert liegt bei 141.3 MJ/m<sup>2</sup> und der Heizwärmebedarf bei 134.7 MJ/m<sup>2</sup>.

Anteilige Verluste über Wärmebrücken: 11.4 % (ohne Berücksichtigung der Lüftungsverluste).



**BEWERTUNG** der Szenarien. Ein optimales Ergebnis weist einen ausserliegenden Kreis ohne wesentliche Schwachpunkte auf.

**Gesamtkosten (inkl. MwSt.):**  
Szenario 1: 1'715'000 CHF

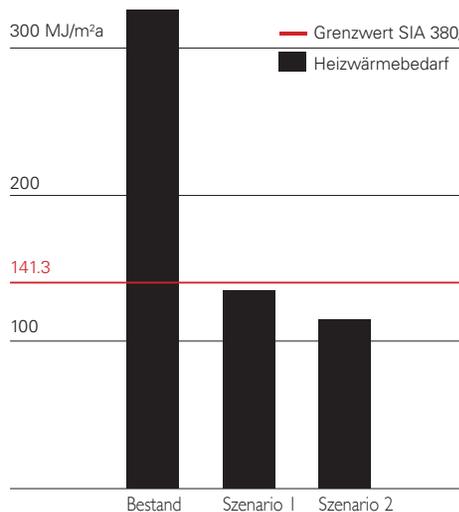
**Kosten / m<sup>2</sup> EBF (inkl. MwSt.):**  
Szenario 1: 1'155 CHF

**Kosten / m<sup>2</sup> Bauteil (inkl. MwSt.):**  
Dach: 340 CHF  
Fassaden:  
mit Balkonen 1'515 CHF  
ohne Balkone 1'165 CHF

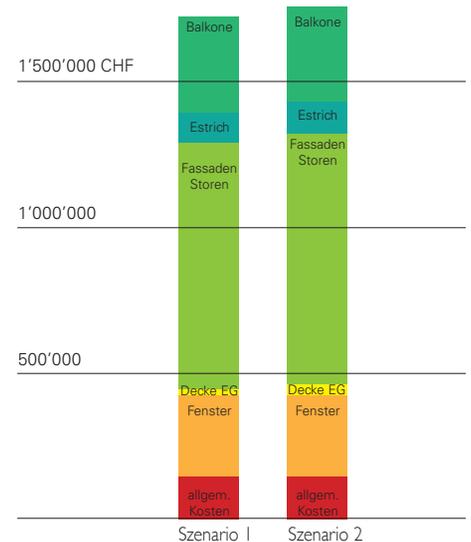
## SANIERUNGSSZENARIEN

**Szenario 1:** Es umfasst den Ersatz der Fenster, die Aussendämmung der Wände, die Innendämmung der Erdgeschosswände, die Dämmung der obersten Geschossdecke und der Decke und Wände gegen unbeheizte Räume. Das Szenario erreicht den SIA 380/1 - Grenzwert. Der Energieeinsparung liegt bei 193.2 MJ/m<sup>2</sup>. Dies entspricht 59 %.

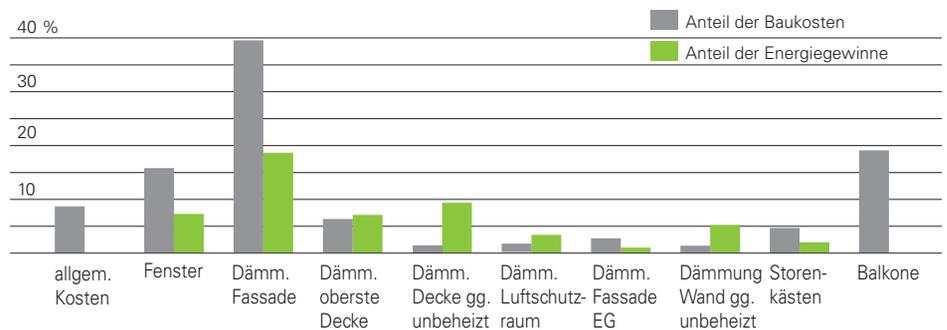
**Szenario 2:** Die Massnahmen des ersten Szenarios werden durch die Dämmung des Schutzraums ergänzt. Da der SIA 380/1 Grenzwert auch ohne diese Massnahme erreicht wird und die Dämmung des Schutzraums demontierbar sein muss, wurde das Szenario nicht berücksichtigt. Mit einem Heizwärmebedarf von 115,5 MJ/m<sup>2</sup> liegt die Energieeinsparung bei 65 %.



Grafische Darstellung des Heizwärmebedarfs des Bestands und der verschiedenen Szenarien.



Grafische Darstellung der Baukosten aufgeschlüsselt nach Bauteilen.



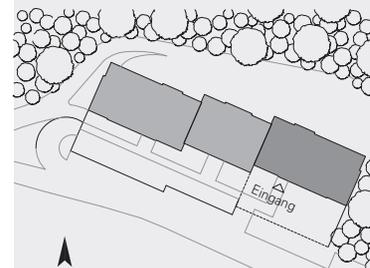
Grafische Darstellung der anteiligen Kosten und energetischen Gewinne der einzelnen Massnahmen.

## SCHLUSSFOLGERUNG

Das Erscheinungsbild des Gebäudes verändert sich vollständig. Die neue Gebäudehülle bringt grosse Energieeinsparungen und das Szenario erreicht problemlos den SIA 380/1 Grenzwert. Eine zweifach stärkere Aussendämmung wurde verworfen, da sich der zusätzliche Energiegewinn auf 2,8% beschränkt. Die Wahl, nicht alle Räume in den Dämmperimeter zu integrieren, bedingt die Dämmung der Innenwände und Decken der nichtbeheizten Bereiche. Die bestehenden Wärmebrücken werden durch den Ersatz der Balkone und Storen weitgehend behoben. Indem diese Massnahmen 24% der Gesamtkosten ausmachen, sind sie im Vergleich zum Energiegewinn von ca. 2% sehr kostenintensiv. Die grosszügigeren neuen Balkone bieten jedoch einen echten Mehrwert für die Bewohner. Die Kosten der Deckendämmungen sind niedrig und beschränken sich im Wesentlichen auf die Dämmung der Garagendecken. Die Erdgeschossböden werden nicht gedämmt. Das vorgeschlagene Szenario wird heute in vielen Projekten angewandt, sollte jedoch immer von der architektonischen Qualität der Bestandskonstruktion abhängen.

## CHARAKTERISTIKEN

Das Wohngebäude am Stadtrand von Freiburg befindet sich auf einem stark geneigten Gelände am Waldrand. Es bildet den östlichen Abschluss einer Gebäudezeile aus drei unterschiedlich hohen und im Grundriss leicht versetzten Gebäuden. Das Gebäude umfasst 12 oberirdische Wohngeschosse, drei im Hang liegende Wohngeschosse, ein Erdgeschoss und ein Untergeschoss. Die 65 Wohnungen ordnen sich um einen vertikalen Erschliessungskern an der Nordfassade. Nord- und Südfassade kontrastieren in ihrer architektonischen Gestaltung. Im Norden dominiert die strenge Lochfassade aus strukturiertem Beton das Erscheinungsbild. Im Süden bereichern grosse, auskragende Balkone die strukturierte Lochfassade. Die Brüstungen bestehen aus Aluminium und bunten Glaselementen. Die durchgehenden Betondecken sind als gestalterisches Element in der Fassade sichtbar. Sie lagern auf tragenden Sichtbetonaussenwänden auf, die innenseitig mit einigen Zentimetern Glaswolle gedämmt und mit einer Gipsvorsatzschale verkleidet sind. Rollstoren ermöglichen das Verdunkeln der Fenster. Die Fenstertüren der Balkone sind mit Lamellenraffstoren ausgestattet. Das Kiesflachdach wurde vor einigen Jahren mit einigen Zentimetern Wärmedämmung gedämmt. Die leicht auskragende Betondeckenplatte des Flachdachs markiert den Attikaabschluss. Die ursprünglichen Holzfenster mit Doppelverglasung wurden zum Teil bereits ersetzt.



Lageplan 1: 2'000

0 15 120

<b>Baujahr</b>	1975
<b>Bebaute Fläche [m<sup>2</sup>]</b>	379
<b>Wohnungsanzahl</b>	65
<b>Energiebezugsfläche (EBF) [m<sup>2</sup>]</b>	5'065
<b>Gebäudehüllfläche [m<sup>2</sup>]</b>	4'206
<b>Formfaktor</b>	0.73
<b>Mittlerer Energieverbrauch [kWh/a]</b>	862'021
<b>Heizwärmebedarf «erhoben» [MJ/m<sup>2</sup>]</b>	468
<b>Heizwärmebedarf «errechnet» [MJ/m<sup>2</sup>]</b>	330
<b>Wärmeerzeugung</b>	Ölheizung
<b>Wärmeverteilung</b>	Radiatoren mit und ohne Thermostatventile



### Dach

Flachdach, ungedämmte Stahlbetondecke (nachträgliche, oberseitige Dämmung)

### Aussenwand

strukturierte Ortbetonfassade mit geringer Zwischendämmung (2 - 4 cm) und innerer Vorsatzschale

### Geschossdecke

Stahlbetondecke, aussen sichtbar

### Sonnenschutz

Rollstoren mit innenliegendem Storenkasten

### Aussenbereich

auskragende Balkone, durchgehende Stahlbetondecke, Brüstungselemente Metall

### Sonnenschutz

Raffstoren

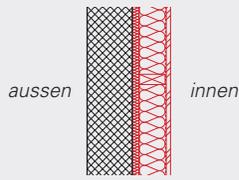
Ausschnitt der Südwestfassade.

### Aussenwand

U gemessen: 0.46 W/m<sup>2</sup>K (±13%)

U Bestand: 0.45 W/m<sup>2</sup>K

U Sanierung: 0.19 W/m<sup>2</sup>K

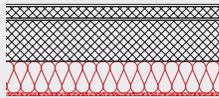


- . Sichtbeton 200 mm
- . Dämmung 60 mm (abgebaut)
- . Dampfsperre Aluminium (abgebaut)
- . Gipsvorsatzschale 60 mm (abgebaut)
- . Gipsputz ~3 mm (démonté)
- . Dämmung 30 + 120 mm
- . Dampfbremse

### Decke über Erdgeschoss

U Bestand: 2.57 W/m<sup>2</sup>K

U Sanierung: 0.20 W/m<sup>2</sup>K

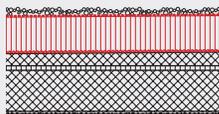


- . Parkett
- . Zementunterlagsboden ~60 mm
- . Trennschicht
- . Stahlbetondecke 180 mm
- . Wärmedämmung 140 mm

### Dach

U Bestand: 1.0 W/m<sup>2</sup>K

U Sanierung: 0.15 W/m<sup>2</sup>K



- . Dachabdichtung
- . Wärmedämmung 160 mm
- . Dampfsperre
- . Zementunterlagsboden 60 mm
- . Abdichtung
- . Trennschicht Kork ~20 mm
- . Stahlbetondecke 180 mm
- . Innenputz ~6 mm

### Fenster

Ug Bestand: 3.2 W/m<sup>2</sup>K

Uf Bestand: 2.1 W/m<sup>2</sup>K

g Bestand: 0.75

Ug Sanierung: 0.6 W/m<sup>2</sup>K

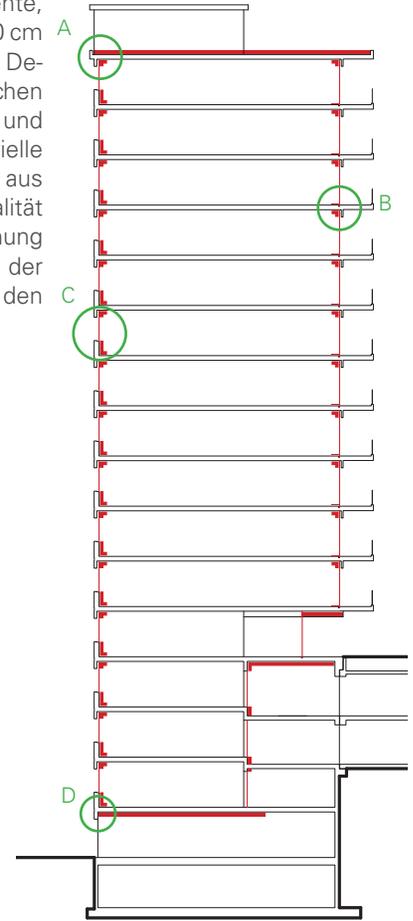
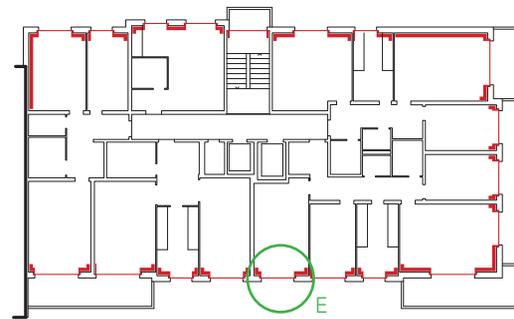
Uf Sanierung: 1.1 W/m<sup>2</sup>K

g Sanierung: 0.67

- . PVC - Sanierungsrahmen oder ursprüngliche Holzrahmen
- . Doppelsolierverglasung oder ursprüngliche Doppelverglasung
- . Holzrahmen
- . Dreifachsolierverglasung

## SANIERUNGSSTRATEGIE

Um die bestehende, massive Gebäudehülle aus strukturiertem Ortbeton zu erhalten, wird eine Innendämmung aus vorfabrizierten Holzelementen vorgeschlagen. Dies ermöglicht eine etappierte Sanierung der Wohnungen nach Bedarf. Die gedämmten Holzrahmenelemente integrieren Fenster, Storen, Lüftungselemente, Heizung, Vorhangschienen und Steckdosen. Die 40 cm tiefen Elemente minimieren die Wärmebrücken an Decken- und Bodenanschluss und bieten Abstellflächen für die Wohnungen. Die Rationalität der Bauweise und die grosse Wohnungsanzahl ermöglichen eine serielle Vorfabrikation der Elemente. Diese garantiert eine aus bauphysikalischer Sicht optimale Ausführungsqualität und reduziert die Baukosten. Eine Aussendämmung des Flachdachs und eine unterseitige Dämmung der Erdgeschossdecke über den Garagen ergänzen den Eingriff.



Schematischer Grundriss und Schnitt. In rot die sanierten Bauteile der Gebäudehülle des zweiten Sanierungsszenarios. In grün wesentliche Gebäudedetails.

## SANIERUNGSEINGRIFFE

**Aussenwände:** Die bestehende innere Vorsatzschale mit Zwischendämmung wird, um Platz zu gewinnen, abgebaut und durch Holzrahmenelemente mit 30 + 120 mm Mineralwolle ersetzt. Die Wände der unteren Etagen gegen unbeheizte Räume werden mit 160 mm Mineralwolle aussenseitig gedämmt.

**Decke gegen unbeheizt:** Das Flachdach kann, ohne dass die Attika erhöht werden muss, mit 160 mm extrudiertem Polystyrolhartschäum gedämmt werden. Die lichte Garagenhöhe erlaubt das Anbringen von 140 mm Mineralwolle an der Decke unter den Wohnungen.

**Aussenräume:** Die Balkone werden nicht saniert. Die Wände und Decken des Eingangsbereichs werden mit 160 mm Mineralwolle gedämmt und mit einer hinterlüfteten Holzverkleidung versehen.



Nordostfassade



Flachdach



Südwestbalkone

## SANIERUNGSDetails – SZENARIO 2

A Bei einer 160 mm starken Dämmung bleibt die notwendige Höhendifferenz im Attikaanschluss bestehen. Die Abdichtung der Attika muss geschlossen und UV-beständig sein.

B Da keine äusseren Sanierungsmassnahmen vorgenommen werden, hängt die Anpassung der Geländerhöhe an aktuelle

Normen von der örtlichen Gesetzgebung ab. Die durchgehenden Balkondecken stellen eine wesentliche Wärmebrücke dar, die durch 400 mm tiefe und 60 mm dicke Flankendämmungen unter- und oberhalb der Decken gemindert wird. Ein in der Fensterrahmenverbreiterung integrierter Fensterlüfter garantiert die kontrollierte Frischluftzufuhr.

C-E Dem Schlagregen ausgesetzte Fassaden müssen gegen das kapillare Eindringen von Feuchtigkeit geschützt werden. Eine wasserabweisende, farblose, nicht filmbildende Behandlung ist möglich. Eine innenseitige, feuchteadaptive Dampfbremse ermöglicht das Trocknen eventuell angesammelter Feuchtigkeit. Besondere Sorgfalt ist auf die Ausführung der Luftdichtheit der Gebäudehülle zu legen. Eine nachträglich angebrachte Abschlussleiste ermöglicht den luftdichten Anschluss der Dampfbremse an Bestandsdecken und -wände. Um Unebenheiten im Bestand auszugleichen und eine Lufthinterströmung der neuen Dämmelemente zu vermeiden, werden vor dem Einbau 30 mm Mineralwolle auf Decken und Wände aufgebracht. Durchstösse der Heizungsleitungen durch die Dampfbremse bleiben problematisch. Die Storenkastendämmung wird bis über den oberen Fensteranschluss gezogen, um zu niedrige Oberflächentemperaturen im Anschlussbereich zu vermeiden.

D Die Garagendecke erhält unterseitig eine nichtbrennbare Wärmedämmung.



### Anschluss Flachdach / Aussenwand

- .Kieseindeckung 50 mm
- .Dachabdichtung
- .Extrudierte Polystyrolämmung,  $\lambda = 0.029 \text{ W/mK}$ , 160 mm
- .Dampfsperre 3 mm
- .Zementunterlagsboden, 60 mm
- .Kork, 20-30 mm
- .Stahlbetondecke, 180 mm
- .Gipsputz, 7 mm
- .Eckdämmstreifen aus Polyurethan, mit Dampfbremse,  $\lambda = 0.03 \text{ W/mK}$ , 30 x 100 cm, 20 bis 3 mm

### Balkonplatte

- .Fliesen 10 mm
- .Zementunterlagsboden, 60 mm
- .Sichtbetondecke 180 mm

### Anschluss Aussenwand / Decke

- .Stahlbeton 180 mm
- .Mineralwollämmstreifen 400 mm lang,  $\lambda = 0.032 \text{ W/mK}$ , 60 mm
- .feuchteadaptive Dampfbremse
- .Multiplexplatte, 21 mm
- .Fensterlüfter integriert in der Fensterrahmenverbreiterung

### Storenkasten

- .Sichtbeton 150 mm
- .Storenkasten
- .Holzfaserplatte 20 mm
- .Mineralwollämmung,  $\lambda = 0.032 \text{ W/mK}$ , 60 mm
- .feuchteadaptive Dampfbremse
- .Mineralwollämmung,  $\lambda = 0.032 \text{ W/mK}$ , 40 mm
- .Multiplexplatte, 21 mm
- .Fensterlüfter integriert im Storenkasten

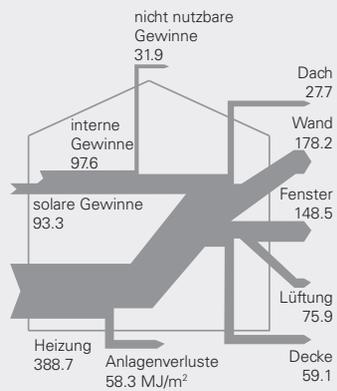
### Decke gegen unbeheizt

- .Parkett, verklebt ~10 mm
- .Zementunterlagsboden 60 mm
- .Trennschicht
- .Sichtbeton 180 mm
- .Mineralwolle nichtbrennbar mit zementgebundener Holzwoleschicht 10 mm,  $\lambda = 0.034 \text{ W/mK}$ , 140 mm

### Aussenwand

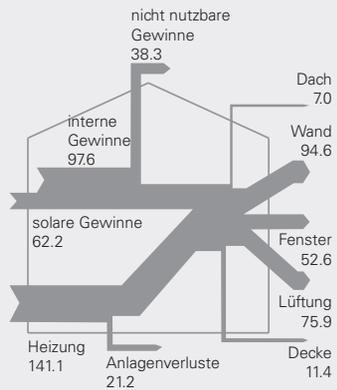
- .Strukturierter Sichtbeton 200 mm
- .Mineralwollämmung,  $\lambda = 0.032 \text{ W/mK}$ , 30 mm
- .Mineralwollämmung,  $\lambda = 0.032 \text{ W/mK}$ , 120 mm
- .feuchteadaptive Dampfbremse
- .Multiplexplatte, 21 mm

Fassadenschnitt durch die Südwestfassade und Grundrissausschnitt, Szenario 2.



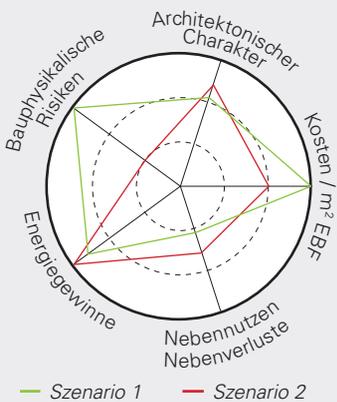
**BESTAND** Sankey-Diagramm in [MJ/m<sup>2</sup>]. Der SIA 380/1 Grenzwert liegt bei 121 MJ/m<sup>2</sup> und der Heizwärmebedarf bei 330.4 MJ/m<sup>2</sup>.

Anteilige Verluste über Wärmebrücken: 15.3 % (ohne Berücksichtigung der Lüftungsverluste).



**SCENARIO 2** Sankey-Diagramm in [MJ/m<sup>2</sup>]. Der SIA 380/1 Grenzwert liegt bei 121 MJ/m<sup>2</sup> und der Heizwärmebedarf bei 119.9 MJ/m<sup>2</sup>.

Anteilige Verluste über Wärmebrücken: 38.3 % (ohne Berücksichtigung der Lüftungsverluste).



**BEWERTUNG** der Szenarien. Ein optimales Ergebnis weist einen ausenliegenden Kreis ohne wesentliche Schwachpunkte auf.

**Gesamtkosten (inkl. MwSt.):**

Szenario 1: 1'725'000 CHF  
Szenario 2: 4'055'000 CHF

**Kosten / m<sup>2</sup> EBF (inkl. MwSt.):**

Szenario 1: 340 CHF  
Szenario 2: 800 CHF

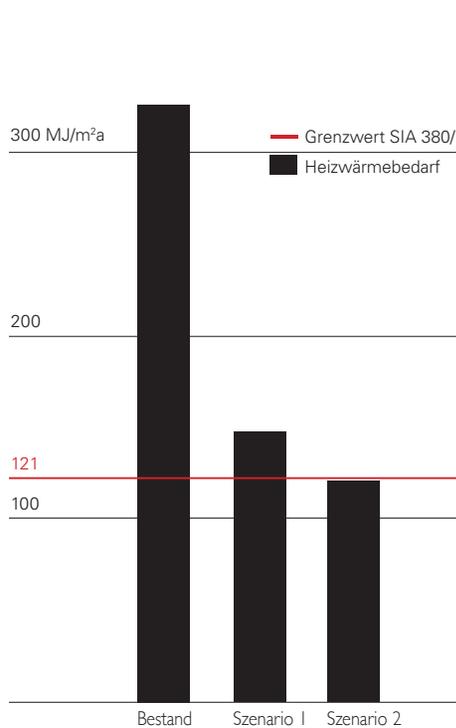
**Kosten / m<sup>2</sup> Bauteil (inkl. MwSt.):**

Dach: 760 CHF  
Fassaden:  
Szenario 2: 1'130 CHF  
Decke gegen unbeheizt: 330 CHF

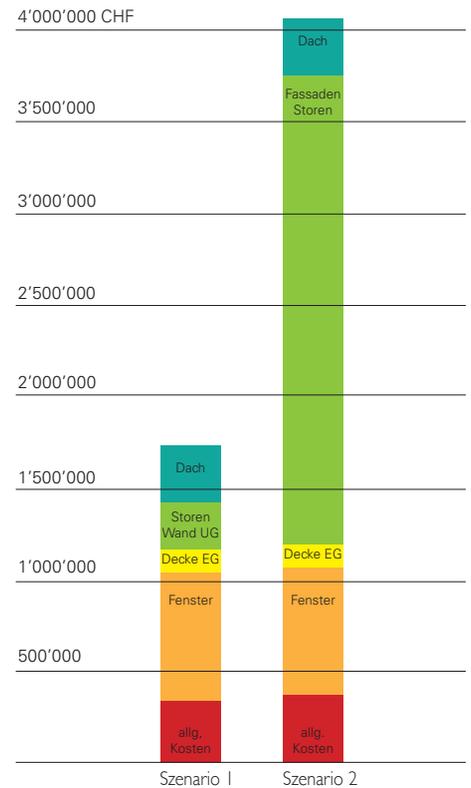
**SANIERUNGSSZENARIOEN**

**Szenario 1:** Es umfasst neue Thermostatventile, den Fenstersersatz, die Dachdämmung, die Dämmung der Decken und Innenwände gegen unbeheizte Räume und die Dämmung des Dachzugangs. Das Szenario erreicht nicht den geforderten SIA 380/1 Grenzwert. Der Energiegewinn liegt bei 183 MJ/m<sup>2</sup>, dies entspricht 55 % Energieeinsparung bei 42 % der Investitionskosten des zweiten Szenarios.

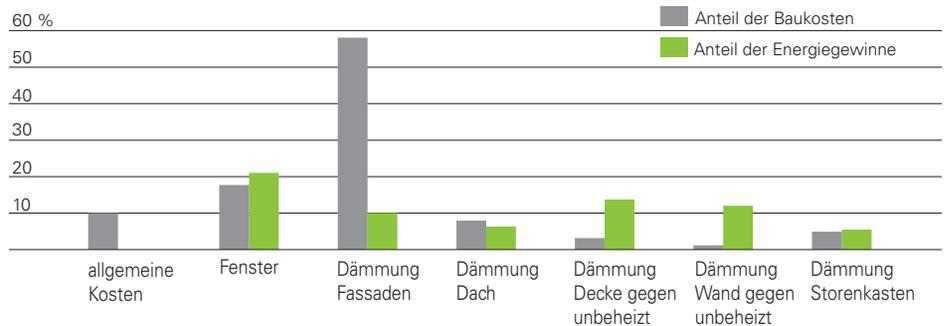
**Szenario 2:** Die Massnahmen des ersten Szenarios werden durch vorgefertigte Innendämmelemente und die Aussendämmung des Eingangsbereichs ergänzt. Das Szenario erreicht den SIA 380/1 Grenzwert von 121.6 MJ/m<sup>2</sup>. Der Energiegewinn liegt bei 210 MJ/m<sup>2</sup>, was einer Energieeinsparung von 64 % entspricht.



Grafische Darstellung des Heizwärmebedarfs des Bestands und der verschiedenen Szenarien.



Grafische Darstellung der Baukosten aufgeschlüsselt nach Bauteilen.



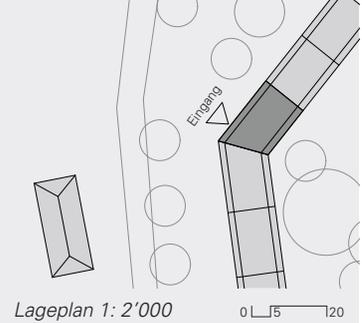
Grafische Darstellung der anteiligen Kosten und energetischen Gewinne der einzelnen Massnahmen.

**SCHLUSSFOLGERUNG**

Die multifunktionalen vorgefertigten Innendämmelemente stellen im Vergleich zum Energiegewinn (10%) einen wesentlichen Teil der Baukosten (57%) dar. Sie bieten einen funktionalen Mehrwert für die Wohnungen und ermöglichen es, eine Aussensanierung zu vermeiden. Das erste Szenario erreicht jedoch ohne diese Massnahme bereits 86% der notwendigen Energieeinsparungen bei 42% der Investitionskosten. Die zum Erreichen des SIA 380/1 Grenzwerts notwendige Dämmschichtdicke bedingt eine detaillierte bauphysikalische Untersuchung und eine besondere Sorgfalt bei der Ausführung der Bauteilanschlüsse. Ein grosser Teil der Verluste (mehr als 38%) ist auf die verbleibenden Wärmebrücken der durchgehenden Betondecken und einiger tragender Wände zurückzuführen. Diese werden durch in den Elementen integrierte laterale Dämmstreifen reduziert.

## CHARAKTERISTIKEN

Das Wohngebäude befindet sich am Stadtrand von Genf. Es ist Teil einer mehr als 200 Meter langen geknickten Gebäudezeile. Über dem Erdgeschoss befinden sich neun Vollgeschosse und ein rückversetztes Attikageschoss. Die Tragstruktur besteht aus tragenden Stahlbetonschotten, Stahlbetondecken und einem aussteifenden Erschliessungskern. Die regelmässigen Fassaden aus Betonfertigteilelementen (in gutem Zustand) sind an der Deckenstirn befestigt. Die abgeschrägten Elemente (Dicke nach innen abnehmend) verleihen der Fassade Struktur und Tiefe, die Licht- und Schattenspiele begünstigen. Kleine Loggien vor den Küchen rhythmisieren die Fassade mit ihren Fertigteilbrüstungen aus Beton und Glas. Im Erdgeschoss garantieren skulpturale Betonpfeiler den Lastabtrag. Die verglaste Erdgeschossfassade des öffentlichen Erdgeschosses ist rückversetzt. Unter dem Schrägdach befindet sich ein unbeheiztes Dachgeschoss. Der Charakter des Gebäudes wird von den sich wiederholenden Fertigteilerelementen bestimmt, die sich im wesentlichen auf zwei Längen beschränken. Die plastische Qualität des Betons wird sowohl bei der Fassaden- als auch der Erdgeschossgestaltung genutzt.



Lageplan 1: 2'000

0 15 120

<b>Baujahr</b>	1971
<b>Bebaute Fläche [m<sup>2</sup>]</b>	370
<b>Wohnungsanzahl</b>	40
<b>Energiebezugsfläche (EBF) [m<sup>2</sup>]</b>	3'539
<b>Gebäudehüllfläche [m<sup>2</sup>]</b>	2'216
<b>Formfaktor</b>	0.65
<b>Mittlerer Energieverbrauch [kWh/a]</b>	503'294
<b>Heizwärmebedarf «erhoben» [MJ/m<sup>2</sup>]</b>	335
<b>Heizwärmebedarf «errechnet» [MJ/m<sup>2</sup>]</b>	325
<b>Wärmeerzeugung</b>	Fernheizung
<b>Wärmeverteilung</b>	Radiatoren mit Thermostatventilen

### Attikageschoss

rückversetzt, Ortbetonfassade

### Kamin

Stahlbetonfertigteilelemente

### Aussenbereich

Balkon-Loggia, durchgehende Stahlbetondecke, Brüstung mit Stahlbetonfertigteilelementen und Glas

### Aussenwand

Betonfertigteilelemente

### Geschossdecke

Stahlbetonfertigteildecke

### Rollstoren

mit innenliegendem Storenkasten

### Fenster

Holz-Metallrahmen, Doppelverglasung (Erbauungszeit)

### Ergeschoss

rückversetzt, Stahlbetonstützen

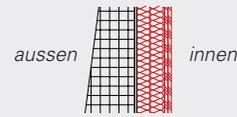
### Kellerdecke

Stahlbeton

*Ausschnitt der Nordwestfassade.*

### Brüstung

U gemessen: 1.66 W/m<sup>2</sup>K  
U Bestand: 3.59 W/m<sup>2</sup>K  
U Sanierung: 0.23 W/m<sup>2</sup>K



- . Betonfertigteileil
- . Dämmung 120 mm
- . Dampfbremse

### Brüstung Attikafassade

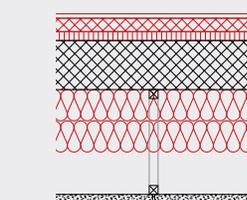
U Bestand: 3.23 W/m<sup>2</sup>K  
U Sanierung: 0.20 W/m<sup>2</sup>K



- . Beton
- . Dämmung 120 mm
- . Dampfbremse

### Decke über Erdgeschoss

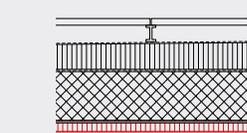
U Bestand: 0.30 W/m<sup>2</sup>K  
U Sanierung: 0.09 W/m<sup>2</sup>K



- . Dämmung 40 mm
- . Stahlbetondecke
- . Dämmung 280 mm
- . Holzwoolplatte

### Attikaterasse

U gemessen: 0.56 W/m<sup>2</sup>K  
U Bestand: 0.22 W/m<sup>2</sup>K  
U Sanierung: 0.17 W/m<sup>2</sup>K



- . Betonplatten auf Unterkonstruktion
- . Abdichtung
- . Dämmung
- . Dampfsperre
- . Stahlbetondecke
- . Dämmung 40 mm

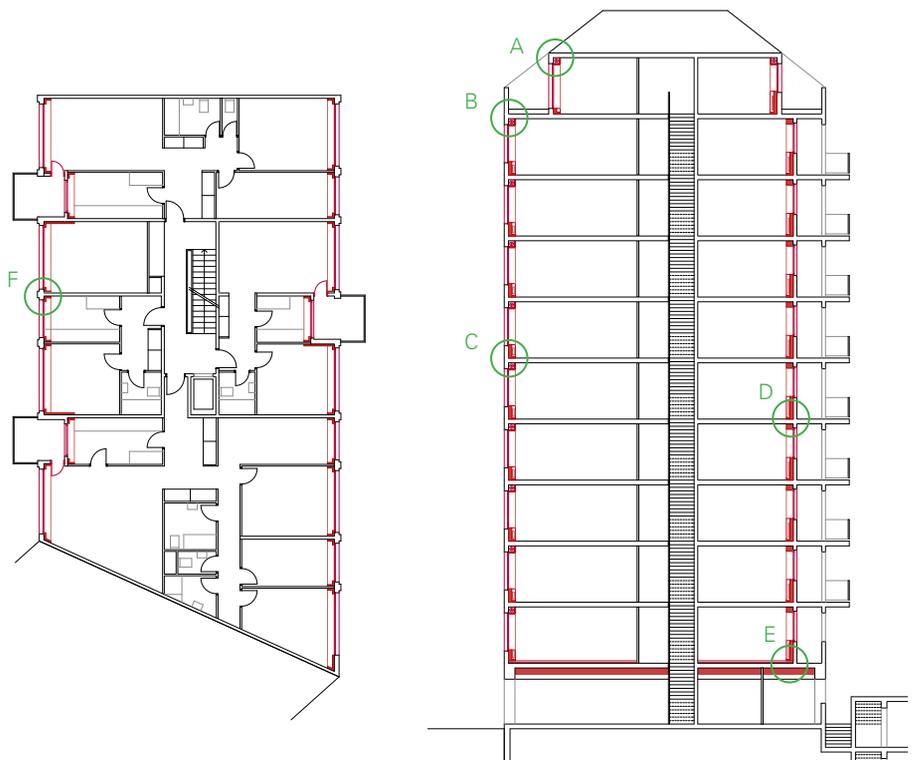
### Fenster

Ug Bestand: 3.0 W/m<sup>2</sup>K  
Uf Bestand: 1.9 W/m<sup>2</sup>K  
g Bestand: 0.70  
Ug Sanierung: 0.6 W/m<sup>2</sup>K  
Uf Sanierung: 1.2 W/m<sup>2</sup>K  
g Sanierung: 0.70

- . Holz-Metall-Rahmen
- . Doppelsolierverglasung
- . Holz-Metall-Rahmen
- . Dreifachsolierverglasung

## SANIERUNGSSTRATEGIE

Die architektonischen Merkmale des Gebäudes (Loggien, abgeschrägte Leibungen, Über-ecköffnungen der Loggien, Gesims, rückversetztes Attikageschoss), der starke gestalterische Ausdruck und die Dauerhaftigkeit der Betonfertigteilelemente sprechen für eine Innendämmung. Die gewählte Strategie besteht aus innenseitig angebrachten vorgefertigten Elementen (gedämmte Holzrahmenelemente) und dem Ersatz der Bestandsfenster durch Holzmetallfenster mit Dreifachverglasung. Die Serien- und Vorfertigung der Elemente spart Zeit, Geld und erhöht die Ausführungsqualität. Die gewählte Sanierungsstrategie erhält das äussere Erscheinungsbild vollständig.



Schematischer Grundriss und Schnitt. In rot die sanierten Bauteile der Gebäudehülle des Sanierungsszenarios 1. In grün wesentliche Gebäudedetails.

## SANIERUNGSEINGRIFFE

**Aussenwände:** Vorgefertigte Holzrahmenelemente mit Mineralwolldämmung werden von innen auf die Fassade aufgebracht. Die Elemente integrieren die Heizkörper und dienen zur Befestigung der neuen Fenster und Innendämmung.

**Decke gegen unbeheizt:** Die Haustechnikführung auf der obersten Geschossdecke spricht gegen eine Dämmung in diesem Bereich; zudem wurde das Dach kürzlich saniert und gedämmt. Die Unterseite der Erdgeschossdecke erlaubt eine Dämmung in der bestehenden, abgehängten Decke.

**Aussenräume:** Die kürzlich sanierten Terrassen und die Loggien und bleiben bestehen. Die vorhandenen Brüstungen müssen nicht erhöht werden.



Südfassade



Erdgeschoss



Attikageschoss

## SANIERUNGSDetails

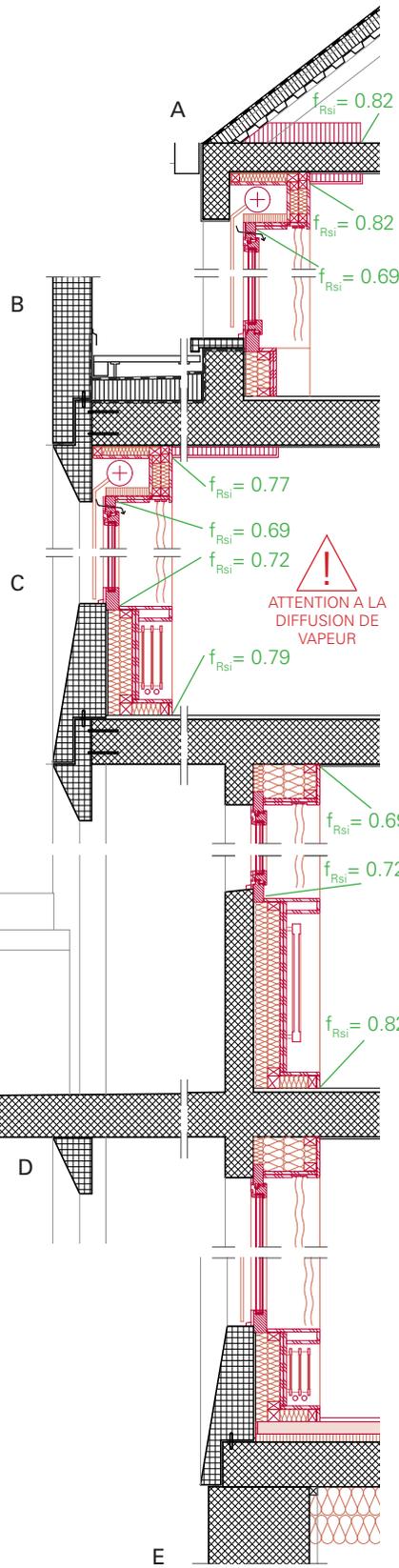
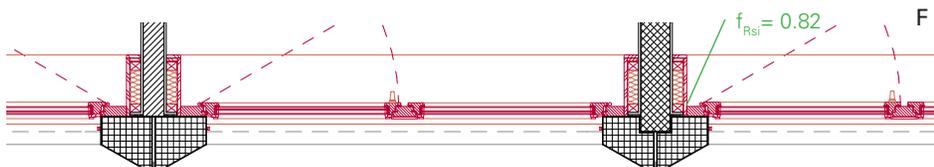
**A** Gedämmte Holzrahmenelemente werden hinter den Betonbrüstungen angebracht. Die Bestandsfenster werden durch Holzmetallfenster mit Dreifachisolierverglasung ersetzt. Die Storen werden ersetzt und gedämmt. Die Geschossdecke erhält im Dachanschlussbereich eine oberseitige Dämmung.

**B** Die Attikaterassen wurden kürzlich saniert und werden deshalb nicht erneuert. Ein XPS Randdämmstreifen an der Betondeckenplatte der Wohnungen reduziert das Risiko von Tauwasserausfall und Schimmelbildung im Bereich der Wärmebrücke.

**C-F** Gedämmte Holzrahmenelemente werden innenseitig auf den Fassaden der Wohnungen angebracht. Sie sind mit einer doppelten Dämmschicht aus Mineralwolle gedämmt und mit Sperrholzplatten verkleidet. Die Storen werden ersetzt und die Storenkästen isoliert. Randdämmstreifen im Anschlussbereich der Decke und der Zwischenwände reduzieren die vorhandenen Wärmebrücken. Ein besonderes Augenmerk muss auf die sorgfältige Ausführung der Dampfbremse und luftdichte Bauteilanschlüsse an den Bestand gelegt werden. Um Risiken bei der Ausführung der Dampfbremse zu vermeiden, kann alternativ eine Schaumglasdämmung eingesetzt werden. Dieser Dämmstoff ist allerdings teurer, hat eine geringere Dämmleistung und muss vor Ort verarbeitet werden.

**D** Der Eingriff im Bereich der Loggien ist identisch. Allerdings kann im Sturzbereich ohne Storenkästen eine bessere Dämmung realisiert werden.

**E** Eine 280 mm starke Mineralwolldämmung wird unter der Erdgeschossdecke in die bestehende, abgehängte Decke integriert. Da die lichte Höhe es erlaubt, erhält die Erdgeschossdecke zudem einen neuen Bodenaufbau aus einer Polyurethandämmung, einem Zementunterlagsboden und einem neuen Parkett. Dadurch können Kondensatrisiken im Bereich der Wärmebrücken der Betonunterzüge reduziert werden.



### Oberste Geschossdecke

- . expandierte Polystyrolämmung  $\lambda = 0.036 \text{ W/mK}$ , 100 mm
- . Stahlbetondecke 220 mm
- . Innenputz 10 mm
- . expandierte Polystyrolämmung  $\lambda = 0.03 \text{ W/mK}$ , 40 mm
- . Innenputz 10 mm

### Terrassendecke

- . Betonplatten auf Unterkonstruktion 30 mm
- . Bitumenabdichtung
- . Polyurethandämmung,  $\lambda = 0.03 \text{ W/mK}$ , 100-130 mm
- . Dampfsperre
- . Stahlbetondecke 220 mm
- . Innenputz 10 mm
- . Extrudierte Polystyrolämmung,  $\lambda = 0.03 \text{ W/mK}$ , 40 mm
- . Innenputz 10 mm

### Storenkasten

- . Stahlbetonsturz 140 mm
- . Storenkasten
- . Holzwerkstoffplatte 15 mm
- . Mineralwolldämmung,  $\lambda = 0.032 \text{ W/mK}$ , 30 mm
- . Dampfbremse
- . Mineralwolldämmung,  $\lambda = 0.032 \text{ W/mK}$ , 30 mm
- . Sperrholzplatte 15 mm

### Aussenwand

- . Betonfertigteile 60-200 mm
- . Innenputz
- . doppelte Mineralwolldämmschicht mit Holzunterkonstruktion,  $\lambda = 0.032 \text{ W/mK}$ , 2x60 mm
- . Dampfbremse
- . doppelte Sperrholzplatte

### Sturz Balkonbereich

- . Ortbetonsturz 140 mm
- . Mineralwolldämmung,  $\lambda = 0.032 \text{ W/mK}$ , 310 mm
- . Dampfbremse
- . Innenverkleidung 15 mm

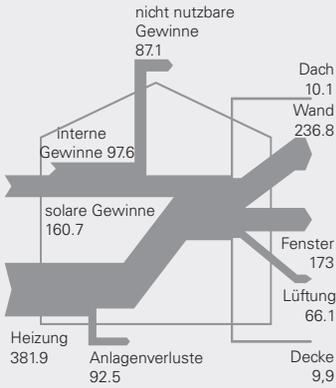
### Brüstung Balkonbereich

- . Ortbetonbrüstung 140 mm
- . Innenputz
- . doppelte Mineralwolldämmschicht mit Holzunterkonstruktion,  $\lambda = 0.032 \text{ W/mK}$ , 2x60 mm
- . Dampfbremse
- . doppelte Sperrholzplatte

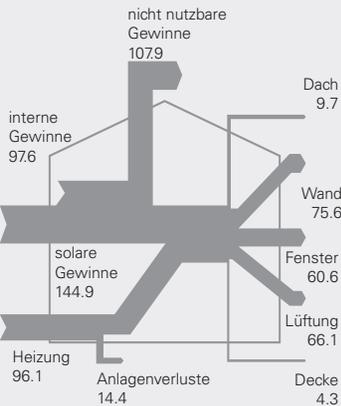
### Decke über Erdgeschoss

- . Parkett, verklebt 20 mm
- . schwimmender Zementunterlagsboden 60 mm
- . Polyurethandämmung,  $\lambda = 0.022 \text{ W/mK}$ , 40 mm
- . Stahlbetondecke
- . Mineralwolldämmung mit Holzunterkonstruktion,  $\lambda = 0.031 \text{ W/mK}$ , 2x140 mm
- . Holzwolleplatte 30 mm

Fassadenschnitt der Nordfassade und Grundriss mit den vorgeschlagenen Sanierungsmassnahmen.

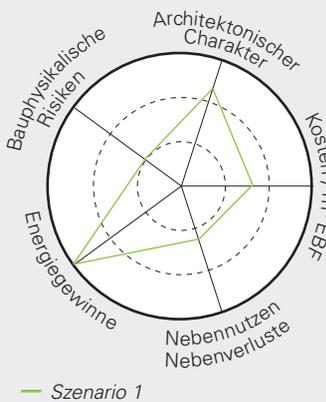


**BESTAND Sankey-Diagramm in [MJ/m²].** Der SIA 380/1 Grenzwert liegt bei 100 MJ/m² und der Heizwärmebedarf bei 324.6 MJ/m².



**SZENARIO 1 Sankey-Diagramm in [MJ/m²].** Der SIA 380/1 Grenzwert liegt bei 100 MJ/m² und der Heizwärmebedarf bei 81.7 MJ/m².

Anteilige Verluste über Wärmebrücken: 38.6 % (ohne Berücksichtigung der Lüftungsverluste).



**BEWERTUNG der Szenarien.** Ein optimales Ergebnis weist einen ausserliegenden Kreis ohne wesentliche Schwachpunkte auf.

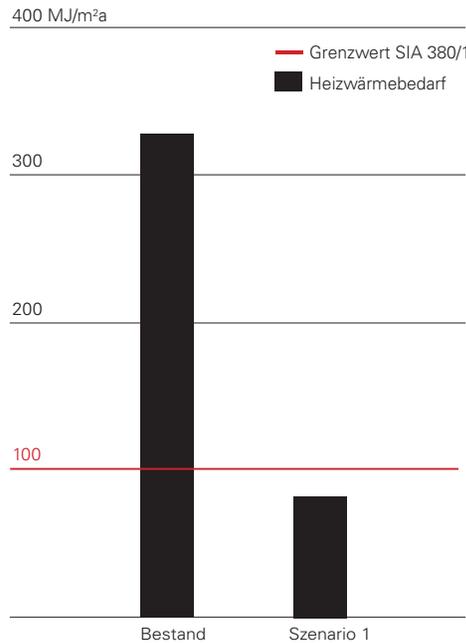
**Gesamtkosten (inkl. MwSt.):**  
Szenario 1: 3'266'000 CHF

**Kosten / m² EBF (inkl. MwSt.):**  
Szenario 1: 925 CHF

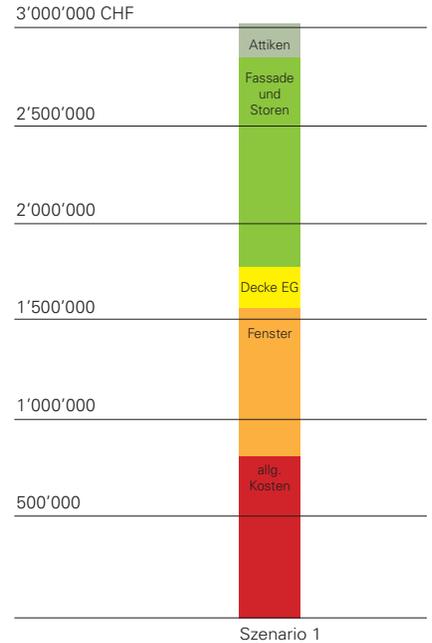
**Kosten / m² Bauteil (inkl. MwSt.):**  
Dach: -  
Fassade und Fenster: 1'430 CHF  
Decken gegen unbeheizt: 570 CHF

## SANIERUNGSSZENARIO

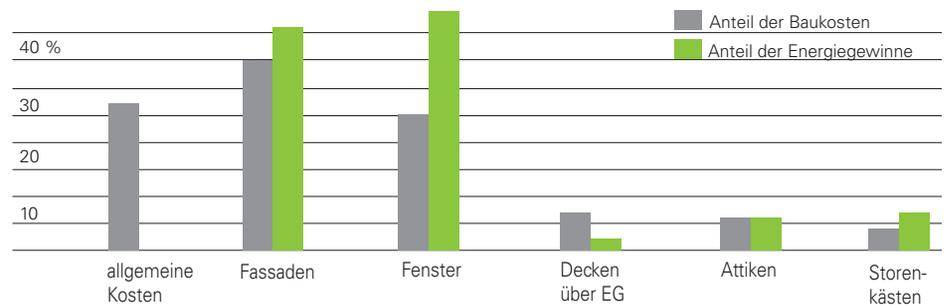
**Szenario 1:** Es umfasst die Innendämmung der beiden Fassaden mit gedämmten Holzrahmenelementen, die unterseitige Dämmung der Erdgeschossdecke, den Ersatz der Bestandsfenster, die unterseitige Dämmung der Decken im Bereich der Attikaterrassen sowie verschiedene Randdämmstreifen, um den SIA 380/1 Grenzwert zu erreichen. Der Energiegewinn liegt bei 242.9 MJ/m², dies entspricht 75%.



Grafische Darstellung des Heizwärmebedarfs des Bestands und der verschiedenen Szenarien.



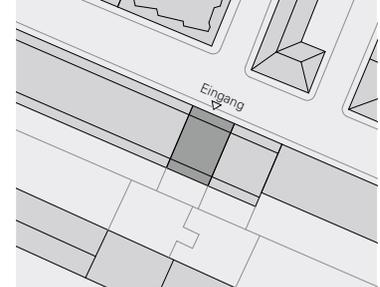
Grafische Darstellung der Baukosten aufgeschlüsselt nach Bauteilen.



Grafische Darstellung der anteiligen Kosten und energetischen Gewinne der einzelnen Massnahmen.

## SCHLUSSFOLGERUNG

Die komplexe Formensprache der Fassade verlangt einen Eingriff von innen. Dies führt zu vergleichsweise hohen Sanierungskosten. Die Kosten für die vorgefertigten, gedämmten Holzrahmenelemente entsprechen den Kosten des Fensterersatzes. Kosten und Energiegewinn sind für beide Massnahmen vergleichbar und keine der Massnahmen genügt einzeln um den SIA 380/1 Grenzwert zu erreichen. Der Eingriff von innen erfordert eine besonders detaillierte und sorgfältige Planung, da die Sanierung im bewohnten Zustand stattfindet. Die Vorfertigung der Holzrahmenelemente im Werk ist hier besonders sinnvoll, da die Eingriffsdauer vor Ort minimiert werden kann. Ein besonderes Augenmerk sollte hierbei auf die detaillierte Planung und Optimierung des Systems anhand eines Prototyps vor Baubeginn gelegt werden.



Lageplan 1: 2'000

0 15 120

## CHARAKTERISTIKEN

Das Mehrfamilienhaus befindet sich im Stadtzentrum von Genf. Es ist Teil einer städtischen Blockrandbebauung und grenzt unmittelbar an ein Hotel und ein Wohngebäude an. Die Strassenfassade (Nord) und die Hoffassade (Süd) sind identisch. Das Gebäude gliedert sich in ein Untergeschoss, ein Erdgeschoss, 6 Vollgeschosse und ein rückversetztes Attikageschoss. Die beiden Brandwände, eine tragende Querwand und die Erschliessungskerne aus Stahlbeton tragen die Stahlbetondecken. Die nichttragenden Fassaden bestehen aus einer vorgehängten Aluminiumfassade mit Fenstern und emaillierten Glaselementen im Brüstungsbereich (geringfügig gedämmte Sandwichelemente). Brüstungselemente aus strukturiertem Glas ermöglichen die vollständige Öffnung der Fenstertüren in einigen Zimmern. Ein regelmässiges Raster aus lackiertem Aluminiumblech gliedert die Fassade, integriert die orientierbaren Lamellenraffstore und verdeckt die Deckenstirn (horizontal) sowie die Fallrohre (vertikal). Dach und Attikageschoss bestehen aus Stahlbeton. Im Erdgeschoss befinden sich Gemeinschaftsräume sowie ein Restaurant. Die geschlossenen Bereiche der Sockelfassade bestehen aus zum Teil gerundetem, strukturiertem Ort beton. Das Gebäude wurde nie saniert und repräsentiert mit seiner vorgehängten Aluminiumfassade charakteristische Bauten der 1960-80 Jahre.

Baujahr	1980
Bebaute Fläche [m <sup>2</sup> ]	306
Wohnungsanzahl	14
Energiebezugsfläche (EBF) [m <sup>2</sup> ]	1'421
Gebäudehüllfläche [m <sup>2</sup> ]	896
Formfaktor	0.78
Mittlerer Energieverbrauch [kWh/a]	341'507
Heizwärmebedarf «erhoben» [MJ/m <sup>2</sup> ]	595
Heizwärmebedarf «errechnet» [MJ/m <sup>2</sup> ]	402
Wärmeerzeugung	Gasheizung
Wärmeverteilung	Radiatoren mit Thermostatventilen



- Dach**  
Flachdach
- Attika**  
rückversetzt, Beton
- Seitenwände**  
Stahlbeton
- Aussenliegender Lamellenraffstore**
- Fassade**  
lackiertes Aluminiumblech
- Fassaden**  
Vorhangfassade Aluminium, Brüstung emailliertes Glas
- Fenster**  
Holzmetallfenster, Doppelverglasung
- Geschossdecke**  
Stahlbeton
- Sockel**  
Ortbeton, strukturiert
- Kellerdecke**  
Stahlbeton

Ausschnitt der Nordfassade.



## SANIERUNGSSDETAILS - SZENARIO 2

**A** Das Dach des Gebäudes, sowie das Hofdach über dem Restaurant werden aufgrund des Erhaltungszustands und der geringen Bestandsdämmung vollständig saniert. Ein neuer Dachaufbau aus Wärmedämmung und Dachabdichtung wird auf die provisorische Abdichtung (die als Dampfsperre dient) des Gebäudes aufgebracht. Die bestehende Kieseindeckung wird als neue Dacheindeckung wiederverwendet.

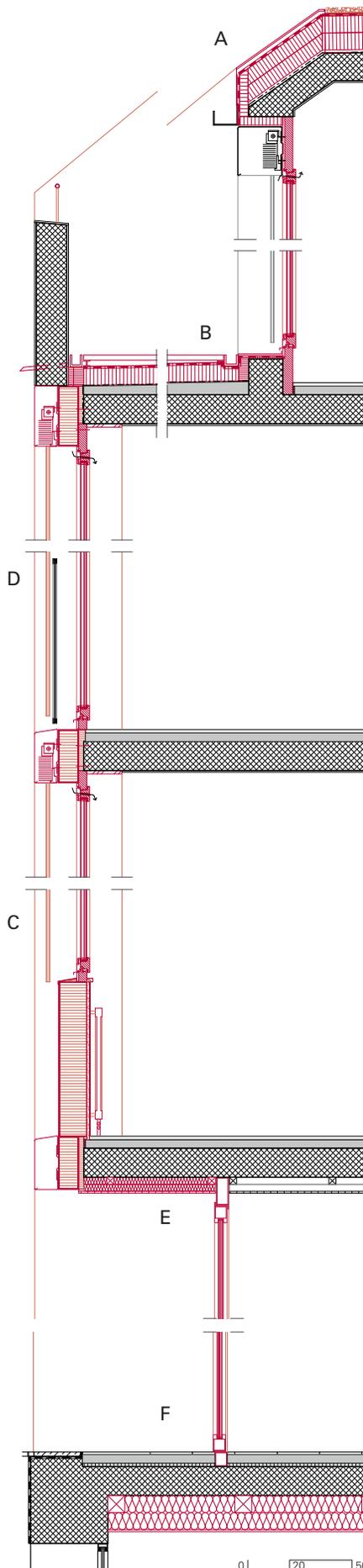
**B** Die Attikaterassen werden ebenfalls umfassend saniert. Ein neuer Aufbau aus Wärmedämmung und Abdichtung wird aufgebracht. Die Betonplatten werden gereinigt und mitsamt der Unterkonstruktion wiederverwendet.

**C** Die identischen Nord- und Südfassaden werden vollständig abgebaut und durch eine neue Fassade ersetzt. Die Proportionen der verglasten und opaken Flächen werden beibehalten. Die verglasten Bereiche bestehen aus Holzmetallfenstern mit Dreifachverglasung, die Brüstungselemente aus Sandwichelementen mit emaillierter Glasverkleidung, einer gedämmten Metallkassette und einer innenliegenden Gipsplatte. Eine mit thermolackiertem Aluminiumblech verkleidete Dämmschicht an der Deckenstirn garantiert die Kontinuität des Dämmperimeters und integriert die neuen, orientierbaren Lamellenraffstoren.

**D** Die Fenstertüren werden nach dem untenstehenden Prinzip (E) getauscht. Die Glaseländer können erhalten bleiben.

**E** Im Erdgeschoss werden die verglasten Elemente wie Vitrinen und Fenstertüren durch Holzmetallrahmen mit Dreifachisolierverglasung ersetzt. Die geschlossenen Flächen (strukturierte Betonwände) erhalten eine Innendämmung. Die Decke der rückspringenden Erdgeschossfassade wird unterseitig gedämmt (Eingänge).

**F** Die Decke über dem Untergeschoss wird unterseitig gedämmt und die Neben- und Kellerräume aus dem beheizten Volumen ausgenommen.



### Dach

- .Kies 30 mm
- .Sand 20 mm
- .mehrlagige Abdichtung
- .extrudierte Polystyrolämmung,  $\lambda = 0.036 \text{ W/mK}$ , 200 mm
- .Dampfsperre
- .Stahlbetondecke 170 mm
- .abgehängte Gipskartondecke 25 mm

### Attikaterassen

- .Betonplatten auf Unterkonstruktion 30 mm
- .mehrlagige Abdichtung
- .extrudierte Polystyrolämmung,  $\lambda = 0.036 \text{ W/mK}$ , 110 mm
- .Dampfsperre
- .Zementunterlagsboden im Gefälle 50-80 mm
- .Stahlbetondecke 170 mm
- .Innenputz 10 mm

### Deckenstirn

- .Lamellenstorenkasten, 130 mm
- .Mineralwollämmung hinter Storenkasten,  $\lambda = 0.04 \text{ W/mK}$ , 90 mm
- .Mineralwollämmung hinter Fassadenhalterung,  $\lambda = 0.04 \text{ W/mK}$ , 60 mm
- .Stahlbetondecke

### Brüstung Vorhangfassade

- .Glas emailliert, 5 mm
- .Metallkassette mit Mineralwolle,  $\lambda = 0.04 \text{ W/mK}$ , 160 mm
- .Gipsplatte 20 mm
- .Heizkörper

### Dach Geschäfte

- .Kies 30 mm
- .Sand 20 mm
- .mehrlagige Abdichtung
- .extrudierte Polystyrolämmung,  $\lambda = 0.036 \text{ W/mK}$ , 250 mm
- .Dampfsperre
- .Stahlbetondecke 170 mm
- .abgehängte Gipskartondecke 100 mm

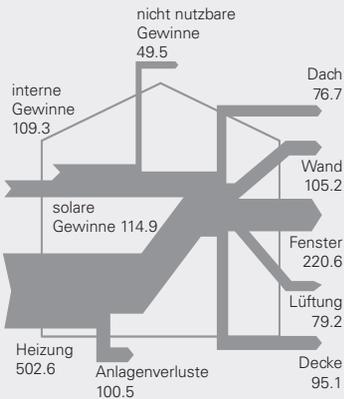
### Erdgeschossfassade

- .Strukturierter Ortbeton 200 mm
- .Mineralwolle, horizontale Lattung,  $\lambda = 0.04 \text{ W/mK}$ , 40 mm
- .Mineralwolle, vertikale Lattung,  $\lambda = 0.04 \text{ W/mK}$ , 40 mm
- .Dampfbremse
- .Dreischichtplatte 30 mm

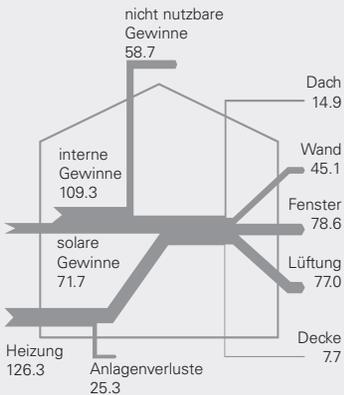
### Decke über Untergeschoss

- .Fliesen, geklebt, 20 mm
- .Zementunterlagsboden, 50 mm
- .Trittschalldämmung, 30 mm
- .Stahlbetondecke 170 mm
- .Holzwollämmplatte 50 mm
- .Mineralwolle,  $\lambda = 0.04 \text{ W/mK}$ , 200 mm
- .Putz 10 mm

Fassadenschnitt der Strassenfassade mit Sanierungsvorschlägen des 2. Szenarios.

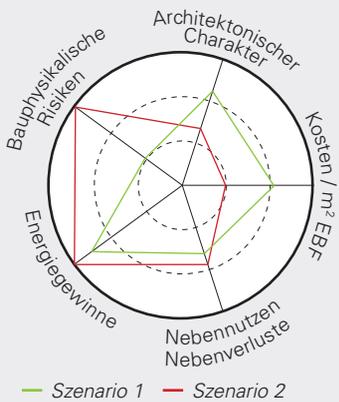


**BESTAND Sankey-Diagramm in [MJ/m<sup>2</sup>]. Der SIA 380/1 Grenzwert liegt bei 121.7 MJ/m<sup>2</sup> und der Heizwärmebedarf bei 402.1 MJ/m<sup>2</sup>.**



**SZENARIO 2 Sankey-Diagramm in [MJ/m<sup>2</sup>]. Der SIA 380/1 Grenzwert liegt bei 121.7 MJ/m<sup>2</sup> und der Heizwärmebedarf bei 101.1 MJ/m<sup>2</sup>.**

**Anteilige Verluste über Wärmebrücken: 9.7 % (ohne Berücksichtigung der Lüftungsverluste).**



**BEWERTUNG der Szenarien. Ein optimales Ergebnis weist einen ausenliegenden Kreis ohne wesentliche Schwachpunkte auf.**

**Gesamtkosten (inkl. MwSt.):**  
Szenario 1: 1'070'500 CHF  
Szenario 2: 1'593'500 CHF

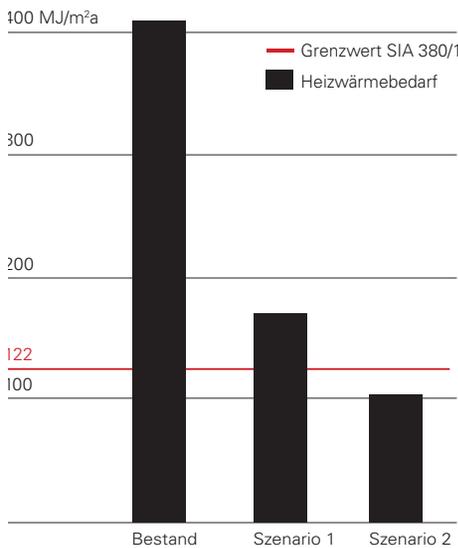
**Kosten / m<sup>2</sup> EBF (inkl. MwSt.):**  
Szenario 1: 755 CHF  
Szenario 2: 1'085 CHF

**Kosten / m<sup>2</sup> Bauteil (inkl. MwSt.):**  
Dach: 955 CHF  
Fassaden und Fenster:  
Szenario 1: 725 CHF  
Szenario 2: 1'560 CHF  
Decke über unbeheizt: 380 CHF

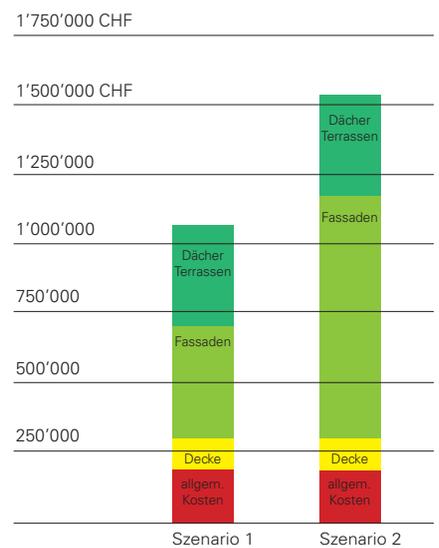
## SANIERUNGSSZENARIEN

**Szenario 1:** Es umfasst die Dämmung der Hauptfassaden von innen, den Austausch der Fenstergläser, die Dämmung der Terrassen und Dächer, die Innendämmung der Erdgeschossfassade sowie die Dämmung der Untergeschossdecke. Der Energiegewinn liegt bei 234 MJ/m<sup>2</sup>. Dies entspricht 58%, bei 67% der Gesamtinvestitionskosten des zweiten Szenarios.

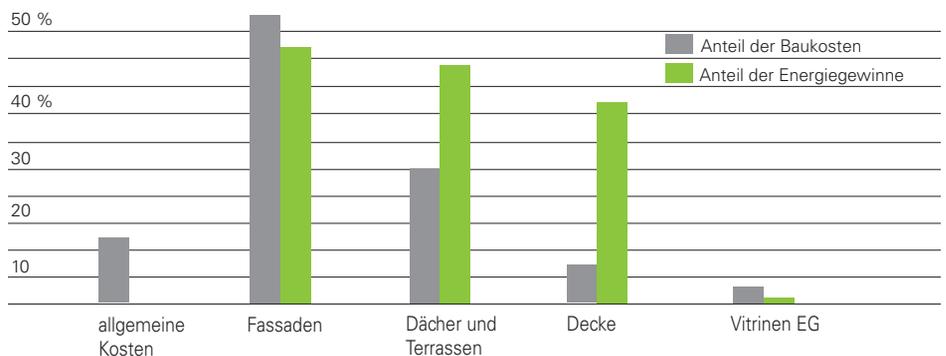
**Szenario 2:** Die Massnahmen des 1. Szenarios werden bis auf die Fassaden beibehalten. Die Hauptfassaden werden jedoch komplett ersetzt. Dieses Szenario erreicht den vorgegebenen SIA 380/1 Grenzwert. Der Energiegewinn liegt bei 301 MJ/m<sup>2</sup>, dies entspricht 74%.



Grafische Darstellung des Heizwärmebedarfs des Bestands und der verschiedenen Szenarien.



Grafische Darstellung der Baukosten aufgeschlüsselt nach Bauteilen.



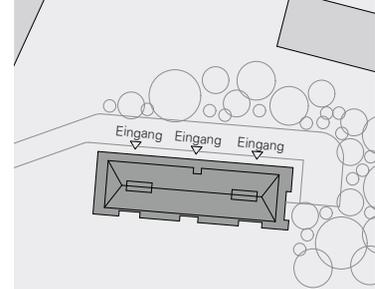
Grafische Darstellung der anteiligen Kosten und energetischen Gewinne der einzelnen Massnahmen für das Szenario 2.

## SCHLUSSFOLGERUNG

Die Energiebilanz der Bestandsbauweise ist schlecht: dünne Bauteilschichten, geringe Wärmespeicherfähigkeit der Fassaden, ungenügende Luftdichtigkeit. Die gesamte Fassade zu ersetzen, erscheint die sinnvollste Strategie, da diese durch Vorfertigung schnell und einfach umgesetzt werden kann. Die gewählte Strategie wahrt den Charakter der Bestandsfassade, indem sich die neue Fassade in allen charakteristischen Elementen am Bestand orientiert (Gliederung, Materialien, architektonische Details). Die grössere Dämmstärke im Brüstungsbereich verändert das Fassadenrelief nur geringfügig. Die Dämmung der Untergeschossdecke ist im Kosten-Nutzen-Vergleich besonders interessant, während der Aufwand für Terrassen und Dächer höher ist. Das Gebäude steht stellvertretend für eine weitere Thematik der energetischen Sanierung des Genfer Gebäudeparks: Bürogebäude mit Vorhangfassaden dieser Bauepoche gibt es sehr viele.

## CHARAKTERISTIKEN

Das Mehrfamilienhaus befindet sich in einem Wohnviertel am Rande des Genfer Stadtzentrums, unweit eines Grüngürtels und Flusses. Das freistehende 45 m lange und 17 m breite Gebäude ist gezeichnet durch zahlreiche auskragende Elemente (Balkone, Erker). Über einer Parkgarage befinden sich sechs Wohngeschosse sowie ein rückversetztes Attikageschoss, das sich in seinem architektonischen Ausdruck stark unterscheidet. Im Süden, Osten und Westen beleben grosszügige, gut genutzte Balkone mit komplexen Formen die Fassade. Das Tragwerk besteht aus tragenden Betonaussenwänden, Betontrennwänden, vertikalen Erschliessungskernen und Stahlbetondecken. Das Gebäude ist in gutem Zustand und weist nur geringe Alterungserscheinungen auf. Die tragenden Aussenwände sind aussenseitig gedämmt und mit Betonfertigteilplatten verkleidet. Das gedämmte Dach ist mit Kupferblech gedeckt. Fenster und Brüstungselemente sind aus Glas mit thermolackierten Aluminiumrahmen. Der architektonische Ausdruck und die gewählten Materialien sind charakteristisch für Wohngebäude der 1980er Jahre.



Lageplan 1: 2'000

0 15 120

<b>Baujahr</b>	1988
<b>Bebaute Fläche [m<sup>2</sup>]</b>	890
<b>Wohnungsanzahl</b>	58
<b>Energiebezugsfläche (EBF) [m<sup>2</sup>]</b>	5'215
<b>Gebäudehüllfläche [m<sup>2</sup>]</b>	3'600
<b>Formfaktor</b>	0.84
<b>Mittlerer Energieverbrauch [kWh/a]</b>	752'312
<b>Heizwärmebedarf «erhoben» [MJ/m<sup>2</sup>]</b>	341
<b>Heizwärmebedarf «errechnet» [MJ/m<sup>2</sup>]</b>	317
<b>Wärmeezeugung</b>	Gasheizung
<b>Wärmeverteilung</b>	Radiatoren mit Thermostatventilen



### Dach

Walmdach, Kupfereindeckung  
**Attikageschoss**  
 rückversetzt, Kupferfassade

### Aussenbereich

Balkon, durchgehende Betondecke,  
 Stahlglasgeländer

### Aussenwand

gefärbtes Betonfertigteil, Zwischen-  
 dämmung, tragende Stahlbetonwand

### Rollstoren

mit innenliegendem Storenkasten

### Fenster

Holzmetallrahmen,  
 Doppelverglasung

### Geschossdecke

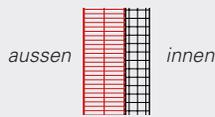
Stahlbeton

### Kellerdecke

Stahlbeton

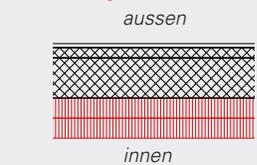
*Ausschnitt der Westfassade.*

**Brüstung Loggia Süd**  
U Bestand: - W/m<sup>2</sup>K  
U Sanierung: 0.17 W/m<sup>2</sup>K



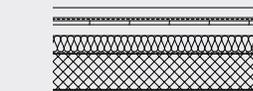
- . Dämmung 200 mm
- . Dampfbremse
- . Betonfertigteilelement 120 mm

**Erdgeschossdecke**  
U Bestand: 2.18 W/m<sup>2</sup>K  
U Sanierung: 0.17 W/m<sup>2</sup>K



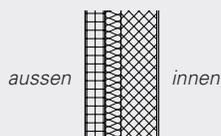
- . Fliesen auf Unterlagsboden
- . Stahlbetondecke
- . Dämmung 200 mm

**Dach**  
U gemessen: 0.41 W/m<sup>2</sup>K  
U Bestand: 0.39 W/m<sup>2</sup>K



- . Kupfereindeckung
- . Holzschalung auf Unterkonstruktion
- . Dämmung
- . Stahlbetondecke

**Aussenwand**  
U gemessen: 0.43 W/m<sup>2</sup>K  
U Bestand: 0.43 W/m<sup>2</sup>K



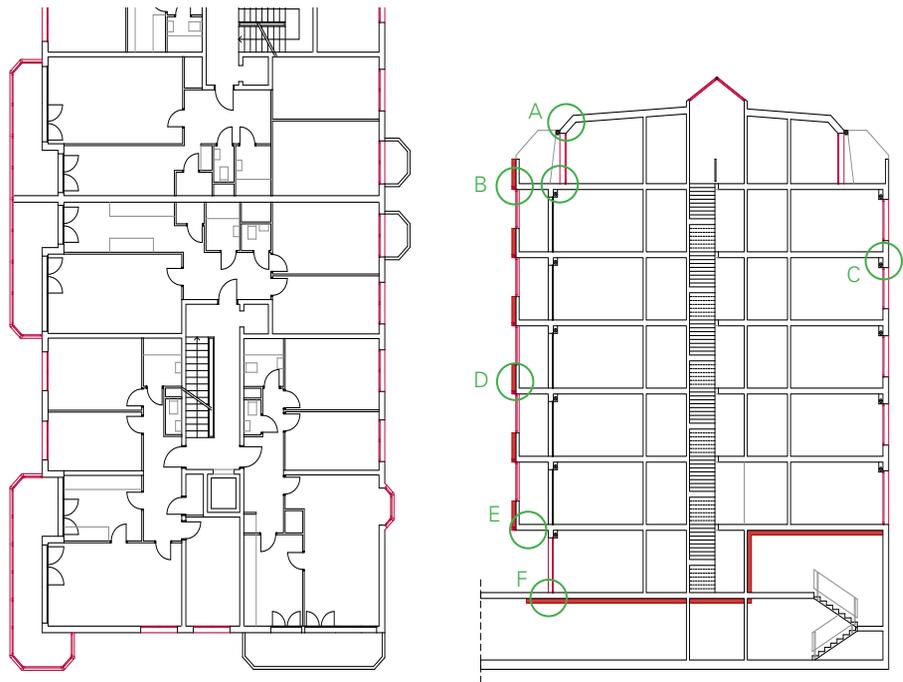
- . Betonfertigteilelement
- . Dämmung
- . Stahlbetonwand

**Fenster**  
Ug Bestand: 3 W/m<sup>2</sup>K  
Uf Bestand: 1.9 W/m<sup>2</sup>K  
g Bestand: 0.75  
Ug Sanierung: 0.6 W/m<sup>2</sup>K  
Uf Sanierung: 1.1 W/m<sup>2</sup>K  
g Sanierung: 0.45

- . Holzmetallrahmen
- . Doppelisolierverglasung
- . Holzmetallrahmen
- . Dreifachisolierverglasung

## SANIERUNGSSTRATEGIE - SZENARIO 2

Die gewählte Sanierungsstrategie schliesst die grossen Balkone der Südfassade mit einer grosszügigen Verglasung. Dieser Eingriff vergrössert die Energiebezugsfläche des Gebäudes. Die Fenster ohne Balkone sowie jene der Nord-, Ost- und Westseite werden ersetzt. Der Boden der Wohngeschosse wird unterseitig gedämmt. Das gedämmte Dach, mit seiner hochwertigen Kupfereindeckung in gutem Zustand, wird nicht saniert. Lediglich Lichtkuppeln und Glasdächer werden gegen energieeffizientere Elemente getauscht.



Schematischer Grundriss und Schnitt. In rot die sanierten Bauteile der Gebäudehülle des Sanierungsszenarios 2. In grün wesentliche Gebäudedetails.

## SANIERUNGSEINGRIFFE

**Südfassade:** Die Balkone der Südfassade werden mit grossen Glasschiebefenstern geschlossen und in die Energiebezugsfläche integriert. Die geschlossenen Brüstungs- und Deckenelemente erhalten eine Aussendämmung, um die Wärmebrücken der Balkondecken zu beheben.



Balkon, Südfassade

**Untergeschoss:** Das Erdgeschoss befindet sich zur Hälfte im Erdreich. Im Norden befinden sich Wohnungen, im Norden unbeheizte Nebenräume. Das Untergeschoss ist unbeheizt. Unbeheizte und beheizte Räume werden konsequent durch eine Wärmedämmung getrennt, um die Kontinuität der thermischen Gebäudehülle sicherzustellen.



Untergeschoss

**Attikageschoss und Dach:** Im Attikageschoss werden lediglich die bestehenden Fenster durch neue Holzmetallfenster mit Dreifachisolierverglasung ersetzt. Das Dach weist kaum Alterungserscheinungen auf und wird nicht saniert. Die Glasdächer werden gegen energieeffizientere Elemente getauscht.



Dach

## SANIERUNGSDetails - SZENARIO 2

**A** Das Dach und die Dachterrassen werden aufgrund des guten Zustands und der Dauerhaftigkeit der Bestandsmaterialien nicht saniert. Auch aus wirtschaftlicher Sicht steht der finanzielle Aufwand für die Sanierung dieser Bauteile in keinem Verhältnis zum erwarteten Energiegewinn.

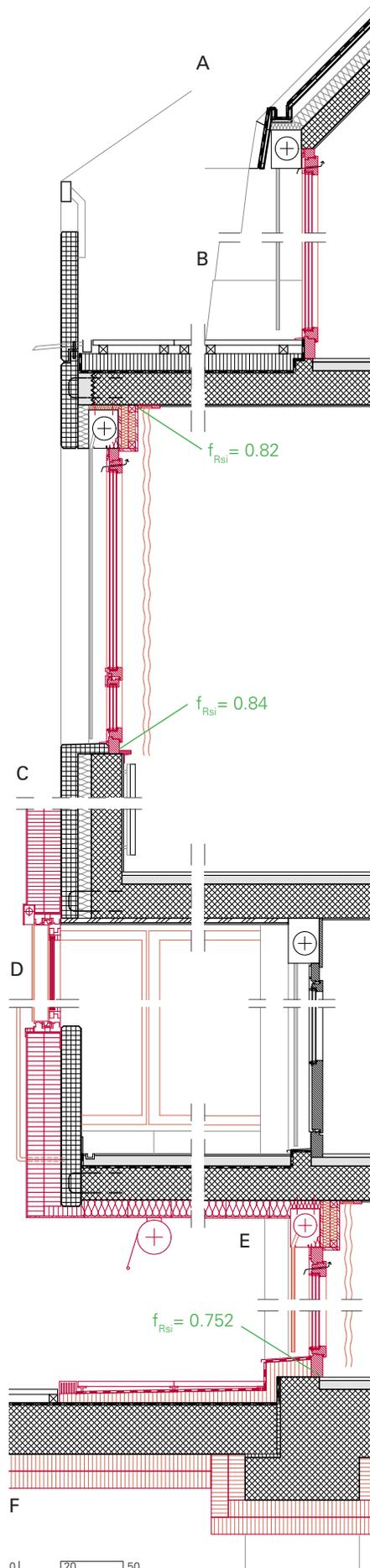
**B** Im Attikabereich werden die Bestandsfenster gegen neue Holzmetallfenster mit Dreifachisolierverglasung getauscht. Im Rahmen integrierte Fensterlüfter garantieren einen kontrollierten Luftwechsel durch die neue, dichte Gebäudehülle.

**C** In den Normalgeschossen werden alle Fenster der Ost-, Nord- und Westfassaden sowie die Fenster der Südfassade ohne Balkon durch neue Holzmetallfenster mit Dreifachisolierverglasung ersetzt. Die Storenkästen werden erhalten, ober- und innen-seitig gedämmt und mit einer Holzplatte verkleidet. Ein im Rahmen integrierter Fensterlüfter garantiert einen kontrollierten Luftwechsel durch die neue, dichte Gebäudehülle.

**D** Auf der Südfassade wird die Wohnfläche durch das Schliessen der Balkone erweitert. Die Betonfertigteilbrüstungen werden in der Kontinuität der neuen Glasfenster von aussen gedämmt. Die Bestandsfenster zwischen Wohnung und Wintergarten bleiben erhalten und bilden eine thermische Pufferzone. Die bestehenden Stoffmarkisen werden durch vertikale, in die Fassade integrierte Stoffstoren ersetzt.

**E** Im Gartenbereich werden die Erdgeschossfenster durch Holzmetallfenster mit Dreifachisolierverglasung ersetzt. Die Decke der Balkone wird mit Mineralwolle gedämmt und verkleidet.

**F** Nebenräume und Keller werden aus dem beheizten Volumen ausgenommen. Die Kellerdecke wird unterseitig gedämmt. Die rationelle Haustechnikführung mit Distanz zur Kellerdecke ermöglicht das einfache Anbringen der neuen Wärmedämmung.



### Dach

- .Kupfereindeckung
- .Holzschalung 20 mm
- .Lattung (Hinterlüftung) 60 mm
- .Mineralwolldämmung,  $\lambda = 0.055 \text{ W/mK}$ , 80 mm
- .Dampfsperre
- .Stahlbetondecke 180 mm
- .Innenanstrich 10 mm

### Terrassen

- .Betonplatten 30 mm
- .Unterkonstruktion 40 mm
- .Polyurethandämmung,  $\lambda = 0.029 \text{ W/mK}$ , 100 mm
- .Bitumenabdichtung
- .Stahlbetondecke 200 mm
- .Innenputz 10 mm

### Storenkästen

- .Betonfertigteilerelement 100 mm
- .Mineralwolldämmung,  $\lambda = 0.04 \text{ W/mK}$ , 80 mm
- .Rollstore 180 mm
- .Holzplatte, 20 mm
- .Mineralwolldämmung,  $\lambda = 0.04 \text{ W/mK}$ , 40 mm
- .Dampfbremse
- .Mineralwolldämmung,  $\lambda = 0.04 \text{ W/mK}$ , 40 mm
- .Holzverkleidung 20 mm

### Brüstung Normalgeschoss

- .Betonfertigteilerelement 100 mm
- .Mineralwolldämmung,  $\lambda = 0.04 \text{ W/mK}$ , 80 mm
- .Stahlbeton 180 mm
- .Innenputz 10 mm
- .Heizkörper

### Brüstung Loggia Süden

- .mineralischer Aussenputz
- .expandierte Polystyrolämmung,  $\lambda = 0.036 \text{ W/mK}$ , 20 mm
- .Dampfbremse
- .Betonfertigteilerelement 100 mm

### Balkondecke erstes Geschoss

- .Fliesen geklebt 10 mm
- .Zementunterlagsboden 60 mm
- .Abdichtung
- .Stahlbetondecke 200 mm
- .Mineralwolldämmung,  $\lambda = 0.04 \text{ W/mK}$ , 100 mm
- .Verkleidung 10 mm

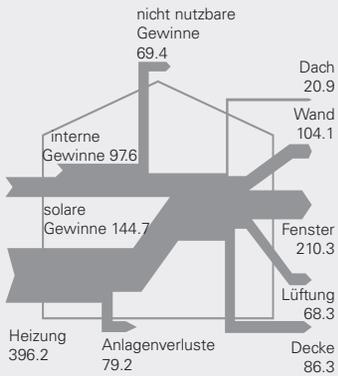
### Untergeschossdecke

- .Fliesen, geklebt 10 mm
- .Zementunterlagsboden 60 mm
- .Stahlbetondecke 200 mm
- .expandierte Polystyrolämmung,  $\lambda = 0.036 \text{ W/mK}$ , 200 mm

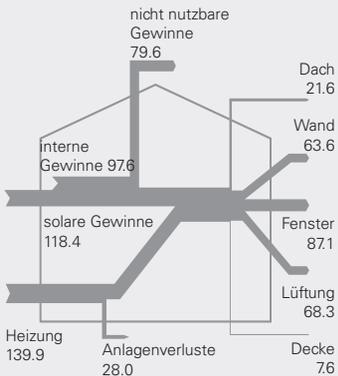
### Untergeschossdecke, Aussenbereich

- .Betonplatten 30 mm
- .Unterkonstruktion 40 mm
- .Polyurethandämmung,  $\lambda = 0.036 \text{ W/mK}$ , 70-50 mm
- .Bitumenabdichtung (Dampfsperre)
- .Stahlbetondecke 200 mm
- .expandierte Polystyrolämmung,  $\lambda = 0.036 \text{ W/mK}$ , 200 mm

Ausschnitte der Nord- und Südfassade mit Sanierungsvorschlägen.

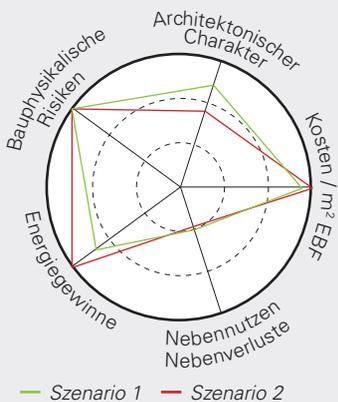


**BESTAND Sankey-Diagramm in [MJ/m²].** Der SIA 380/1 Grenzwert liegt bei 116.1 MJ/m² und der Heizwärmebedarf bei 3170 MJ/m².



**SZENARIO 2 Sankey-Diagramm in [MJ/m²].** Der SIA 380/1 Grenzwert liegt bei 116.1 MJ/m² und der Heizwärmebedarf bei 111.9 MJ/m².

Anteilige Verluste über Wärmebrücken: 18.2 % (ohne Berücksichtigung der Lüftungsverluste).



**BEWERTUNG der Szenarien.** Ein optimales Ergebnis weist einen ausenliegenden Kreis ohne wesentliche Schwachpunkte auf.

**Gesamtkosten (inkl. MwSt.):**  
Szenario 1: 3'033'000 CHF  
Szenario 2: 2'708'000 CHF

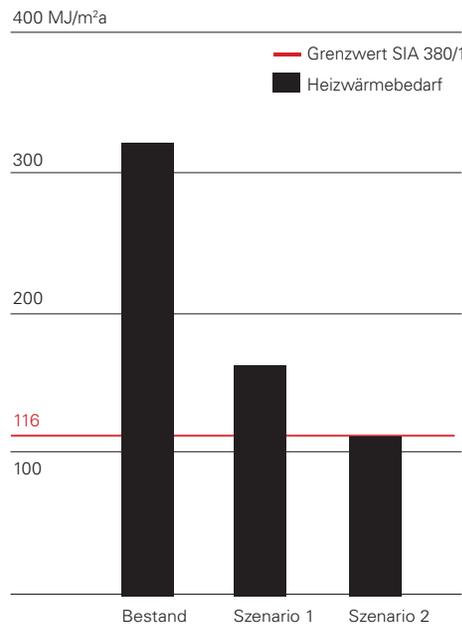
**Kosten / m² EBF (inkl. MwSt.):**  
Szenario 1: 580 CHF  
Szenario 2: 520 CHF

**Kosten / m² Bauteil (inkl. MwSt.):**  
Dach: -  
Fassaden und Fenster:  
Szenario 1: 685 CHF  
Szenario 2: 580 CHF  
Decken gegen unbeheizt: 325 CHF

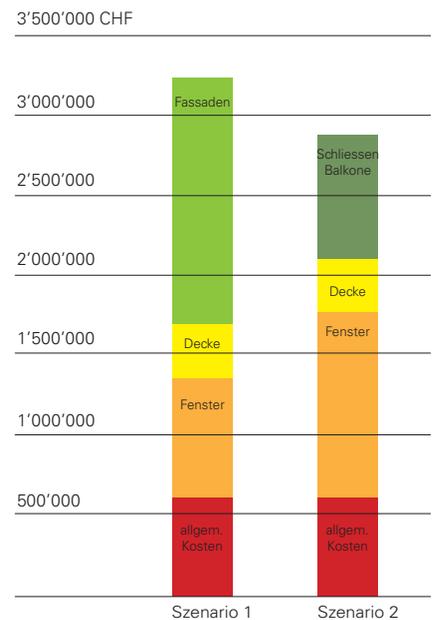
## SANIERUNGSSZENARIEN

**Szenario 1:** Es umfasst den Austausch der Fenstergläser durch neue Doppelisoler-gläser, eine Innendämmung der Fassaden und die Dämmung der Untergeschoss-decke. Der Energiegewinn liegt bei 156 MJ/m². Dies entspricht 49% bei 112% der Investitionskosten des 2. Szenarios. Die Baukosten sind hoch und die Ausführung komplex.

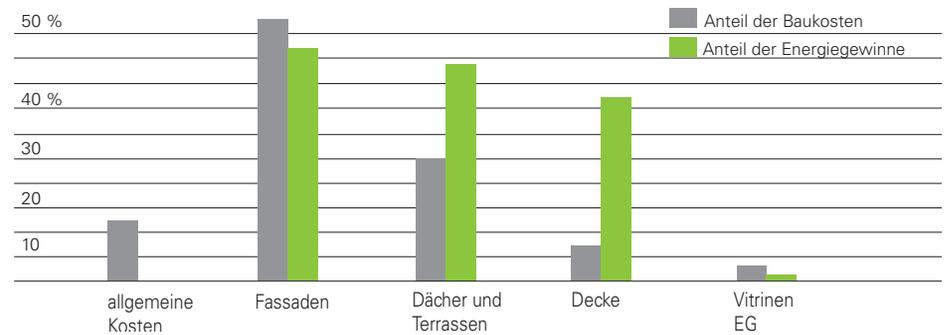
**Szenario 2:** Es umfasst das Schliessen der Südbalkone, den Ersatz aller anderen Fenster sowie die Dämmung der Decken und Wände gegen unbeheizte Kellerräume. Das Szenario erreicht den SIA 380-1 Grenzwert bei einem Energiegewinn von 205 MJ/m². Dies entspricht einer Energie-einsparung von 65%.



Grafische Darstellung des Heizwärmebedarfs des Bestands und der verschiedenen Szenarien.



Grafische Darstellung der Baukosten aufgeschlüsselt nach Bauteilen.



Grafische Darstellung der anteiligen Kosten und energetischen Gewinne der einzelnen Massnahmen für das Szenario 2.

## SCHLUSSFOLGERUNG

Die grossen, auskragenden Balkone mit ihren Wärmebrücken und ihrer komplexen Geometrie erschweren das einfache Aufbringen einer Aussenwärmedämmung. Zudem weisen die qualitätvollen Betonfertigteilefassaden eine hohe Dauerhaftigkeit auf. Die vorgeschlagene Sanierungsstrategie verändert zumindest an der Südfassade massgeblich das Erscheinungsbild des Gebäudes, hat jedoch den Vorteil, die dauerhaften Bestandsmaterialien in einer anspruchsvollen Umgebung zu erhalten (Feuchtigkeit, Wald etc.). Der für das Erreichen des SIA-Grenzwerts notwendige Ersatz der Bestandsfenster ist aufgrund des guten Erhaltungszustands und der hohen Restlebensdauer der Fenster diskutabel. Vor allem, weil dieser Eingriff den hauptsächlichen Kostenfaktor der vorgeschlagenen Massnahmen darstellt. Andere, wesentlich kostengünstigere Massnahmen, wie die Dämmung der Untergeschossdecke, tragen massgeblich zur Verbesserung der Energieeffizienz des Gebäudes bei.