

Energetische Sanierung in München - Effizienzhausstandard EH 55



(Foto: RSV Architekten)

Steckbrief

Bauherr	WEG Mooswiesenstraße 3-11c
Entwurf und Projektleitung	RSV Architekten Part. mbB, Gröbenzell
Tragwerksplanung	Dr.Siebert und Partner, München
Grundstücksfläche	16.834 m ²
Wohnfläche	9.323 m ²
Bruttogrundfläche	18.823 m ²
Bruttorauminhalt	49.410 m ³
Gesamtbaukosten (brutto)	11,5 Mio. € (KG 300,400) 1,5 Mio. € (KG 200,700)
Bauzeit	08/2020 bis 07/2024

Projektbeschreibung

Die Wohnanlage bestehend aus 13 Einzelgebäuden wurde 1972 in teilvorgefertigter Bauweise errichtet. Bereits wenige Jahre nach Fertigstellung mussten die Fassaden aufgrund bauphysikalischer Probleme mit einer außen angebrachten Mineralwollendämmung in der Stärke von 4 cm ertüchtigt werden. Die Dämmung wurde durch eine hinterlüftete Verkleidung aus asbesthaltigen Faserzementplatten vor Witterungseinflüssen geschützt.

Die Holz-Unterkonstruktion der hinterlüfteten Verkleidung war aufgrund von Feuchteschäden partiell nicht mehr in der Lage die Befestigung der vorgehängten Faserzementplatten sicher zu gewährleisten, sodass ab 2018 Sicherungsmaßnahmen gegen das Herabfallen der Platten getroffen werden mussten und eine Generalsanierung der Fassaden in Angriff genommen wurde.

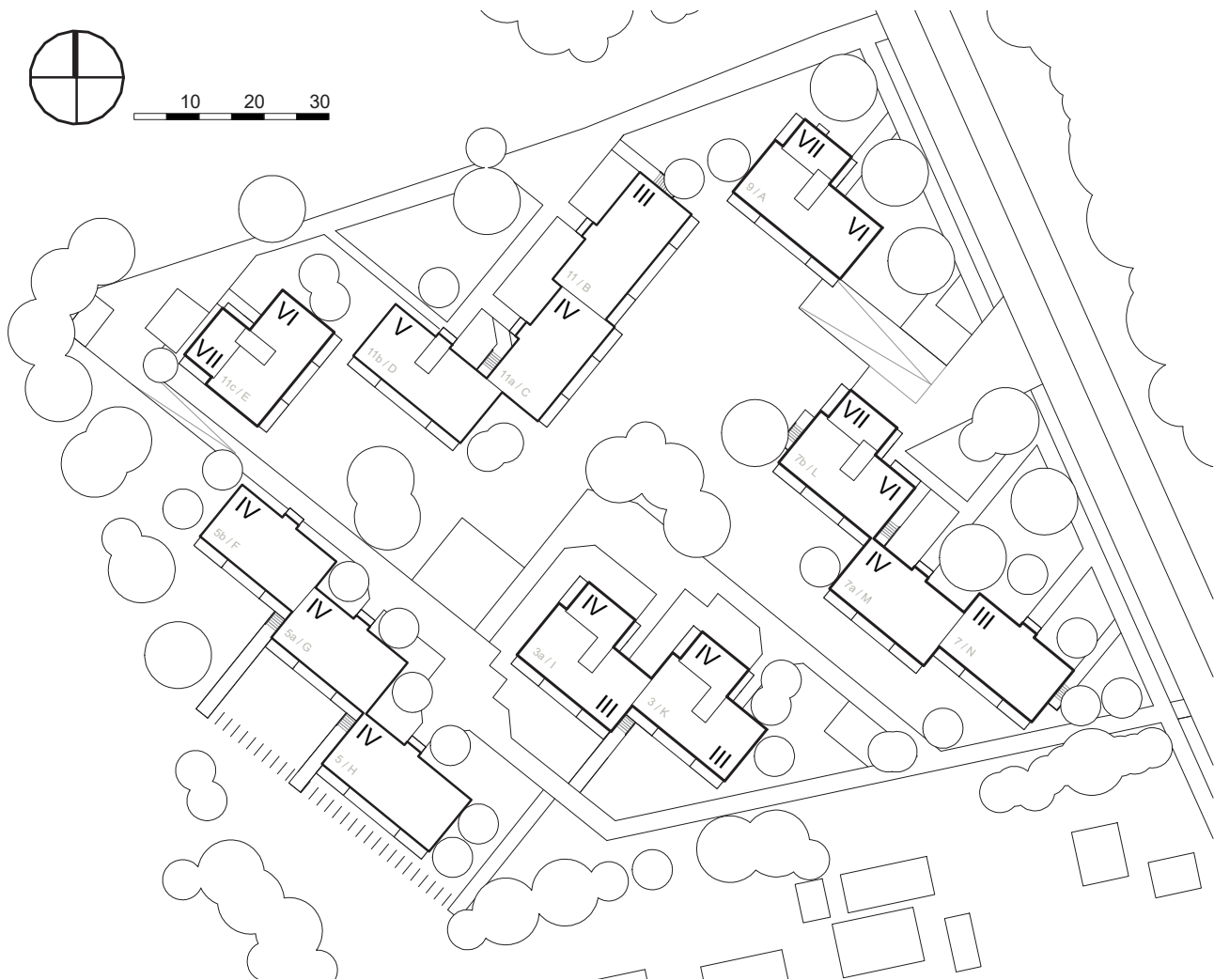


Bild 1: Lageplan der Wohnanlage

Konstruktions- und Maßnahmenbeschreibung

Bei einer Sanierung müssen die Vorschriften der zum Zeitpunkt der Planung geltenden Vorgaben eingehalten werden. In diesem Fall galt die Energieeinsparverordnung (EnEV 2020). Die neue opake Fassade muss im Falle einer Sanierung mindestens einen U-Wert von $0,28 \text{ W/m}^2\text{K}$ einhalten, was mit 16 cm Mineralwolldämmung (WLG 032) erreicht werden kann. Für diese „Reparaturmaßnahme“ können jedoch keine Fördermittel beantragt werden.

Bei der Planung einer Fassadensanierung stellt sich zwangsläufig die Frage, ob dabei auch die Fenster und die Heizung erneuert werden sollten.

Im Rahmen einer Energieberatung, unter Berücksichtigung von Fördermitteln, hat die WEG beschlossen, eine Gesamtsanierung zum Effizienzhaus 55 (EH 55) durchzuführen, weil aufgrund der hohen Förderung über die KfW und die Stadt München 38 % der eingesetzten Mittel über die Förderung bezahlt wurden. Insgesamt gesehen war die Sanierung zum EH 55 günstiger als die reine Erneuerung der opaken Fassade. Neben der Sanierung der Fassade, der Fenster und der Kellerdecken wurde auch die Anlagentechnik zukunftsfähig gestaltet (s. Anlagentechnik). Die Flachdächer wurden bereits 2010 saniert, sodass hier kein Handlungsbedarf bestand.

Energetische Aufwertung der Gebäudehülle

Die konstruktive Ertüchtigung der Fassade wurde in handwerklicher Form vorgenommen. Eine Sanierung mit vorgefertigten, vorgesetzten geschosshohen Elementen wurde untersucht, aber aus Kostengründen verworfen. Konstruktiv und gestalterisch gesehen orientiert sich die Maßnahme an den strukturellen Gegebenheiten des Bestandes.

Wesentliches Merkmal ist die gesonderte Behandlung der Balkon und der opaken Flächen der Fassade. Durch präzise Trennung der beiden Flächen war es möglich, den Bauablauf zu optimieren, weil der Austausch der Balkonfassaden unabhängig von der Sanierung der anderen Fassaden erfolgen konnte. Die konsequente Umsetzung dieses Prinzips führt auch zu einer veränderten Gestalt der Gebäude nach der Sanierung.

In einem ersten Schritt wurde die 1980 aufgebrachte hinterlüftete Fassade komplett entfernt, sodass die ursprüngliche Sichtbetonkonstruktion wieder freigelegt wurde. Danach erfolgte der Fensteraustausch (Holz-Alu-Fenster), wobei die neuen Fenster auf die Rohbaufassade aufgesetzt wurden. Danach wurden die alten Fenster ersetzt und in einem Zug eine vorgefertigte innere Laibungsverkleidung aufgebracht. Dadurch wurde die Belästigung der Bewohner auf ein Mindestmaß reduziert. Im Zuge des Fens-

teraustausches wurden alle Fenster mit elektrischen Rollläden ausgestattet, was aufgrund der neuen Lage der Fenster vor der Fassade unproblematisch möglich war. Die nutzerunabhängige Feuchteschutzlüftung wurde in Verbindung mit der Abluft der innenliegenden Bäder durch feuchtegesteuerte in den Fensterrahmen integrierte Abluftelemente der Fa. Aereco normgerecht realisiert.

Die Fassade selbst wurde mit 30 cm Wärmedämmung aus Mineralwolle gedämmt und mit einer hinterlüfteten Fassade aus Trapezblech vor der Witterung geschützt.

Die Besonderheit bei dieser Maßnahme besteht darin, dass die Fassade ohne Wärmebrückenzuschlag konstruiert werden konnte. Möglich ist dies durch punktuell angebrachte Verankerungsdübel „Isolink“ von Schöck.

Die nicht tragenden Balkonelemente wurden komplett ausgetauscht und durch neue Elemente ersetzt. Die neuen Elemente besitzen einen U_w -Wert von $0,70 \text{ W/m}^2\text{K}$. Dieser Wert wurde erreicht, weil die geschlossenen Brüstungen mit 4 cm starken Vakuumdämmpaneelen ausgeführt wurden.



Bild 2: Eingangssituation von Haus 11a und 11b



Bild 3: Begrünter Innenhof der Wohnanlage

Kreislaufgerecht konstruieren

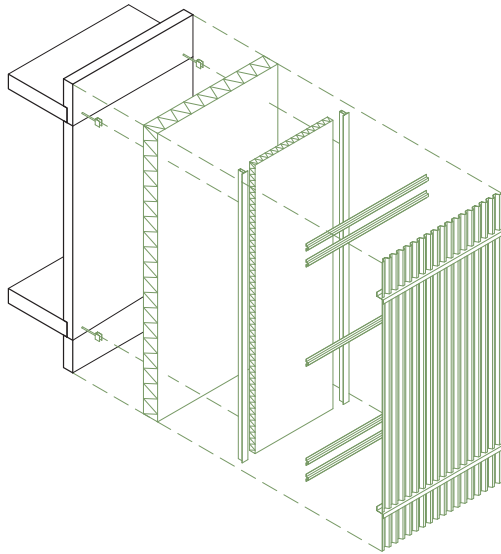


Bild 4: Konstruktionsprinzip für die Trapezblechfassade

Das Grundprinzip einer material- und kreislaufgerechten Konstruktion besteht zunächst darin, eine bauliche Aufgabe mit möglichst minimalem Mitteleinsatz zu lösen und diesen Mitteleinsatz so zu koordinieren, dass alle eingesetzten Baustoffe lösbar gefügt und sortenrein wieder verwendet oder entsorgt werden können. Auf Basis dieser Grundüberlegungen gibt es keine Alternative zur vorgehängten hinterlüfteten Fassade.

Das Grundproblem bei dieser Fassadensanierung bestand in der beschränkten Lastaufnahme der vorgehängten Betonfertigteile. Die Herstellung dieser Fassade musste mit „leichten“ Materialien erfolgen, da die Lasten nur in die Geschossdecken eingeleitet werden konnten und deren Aufnahmefähigkeit begrenzt war.

Zur Wahl als „Wetterhaut“ standen zahlreiche Baustoffe. Aufgrund des geringen Gewichtes verbunden mit der statischen Leistungsfähigkeit aufgrund der Profilierung (Spannweite) kam letztlich das im Wohnungsbau unübliche Material Aluminiumblech in der Stärke von 0,9 mm ($3,8 \text{ kg/m}^2$) in Frage (s. Tab. 1). Eine Wahlmöglichkeit bestand nur darin, ob ein Wellblech oder ein Trapezblech zur Ausführung kommt.



Bild 5: Einbau der Fassadenhalter

Die Befestigung der vorgehängten Konstruktion erfolgt wärmebrückenfrei mit den Haltern „ISO-LINK“ der Firma Schöck jeweils mittig in den Geschossdecken. Die Eindringtiefe beträgt lediglich 4 cm.

Der Abstand der Tragelemente sowie die Ausbildung der darauf angebrachten horizontalen Profile zur Aufnahme des Trapezbleches basieren auf einer individuell berechneten Fassadenstatik, deren oberste Zielsetzung darin bestand, mit möglichst geringem Materialaufwand bzw. Gewicht die neue Hülle umzusetzen.

Von Geschossdecke zu Geschossdecke spannt ein individuell gefertigtes, spezifisch auf die

Tab 1: Vergleich von Materialien als „Wetterhaut“

Gewichtvergleich „Wetterhaut“		
Material	Stärke mm	Gewicht kg/m^2
Trapezblech	0,9	3,8
Holz	24,0	12,0
Alucubond	4,0	7,6
Faserzement	10,0	16,0
HPL-Platten	6,0	8,5
Fassadenziegel	30,0	42,0

Anforderungen konfiguriertes bzw. stranggepresstes T-Rohrprofil. Dessen Spannweite beträgt 2,62⁵ m. Auf die vertikale Unterkonstruktion wurden wiederum horizontale Tragprofile montiert. Diese bilden den Befestigungsuntergrund für das Trapezblech. Nur das geringe Gewicht und die spezifische Profilierung des Trapezprofils ermöglichen, im Vergleich zu anderen Materialien, die Reduktion der Unterkonstruktion auf ein Minimum und eine Reduktion der Halterungen/ Bohrungen, die zur Befestigung im Bestand erforderlich sind.

Insgesamt wurden die baulichen Maßnahmen so konstruiert, dass alle Bauteile lösbar gefügt sind und bei Ausbau auch weiter genutzt werden können. Der ökologische Fußabdruck der für die Sanierung verwendeten Baumaterialien beträgt $2,05 \text{ kg CO}_2/\text{m}^2_{\text{NGF}} \cdot \text{a}$ (s. Tab. 4).

Ein besonderer Vorteil der verwendeten Baustof-

fe besteht darin, dass alle Materialien im Sinne des UP-cyclings nach dem Ab- oder Ausbau wieder verwendet werden können.

Das gilt insbesondere für die Trapezbleche, deren Merkmal gerade in ihrer flexiblen sowohl vertikalen wie auch horizontalen Fügung besteht, sowie auch für die zweilagig ausgeführte Dämmung aus Mineralwolle. Auch die Unterkonstruktion kann für andere konstruktive Aufgaben direkt wiederverwendet werden.

Gerade darin besteht ein qualitativer Unterschied zu dem Baustoff Holz, der in der Regel nur im Rahmen eines Down-cyclings wiederverwendet werden kann und deshalb qualitativ gesehen im Sinne der Kreislaufwirtschaft, gerade im Vergleich zu den gewählten Blechbauteilen, schlechter abschneidet.

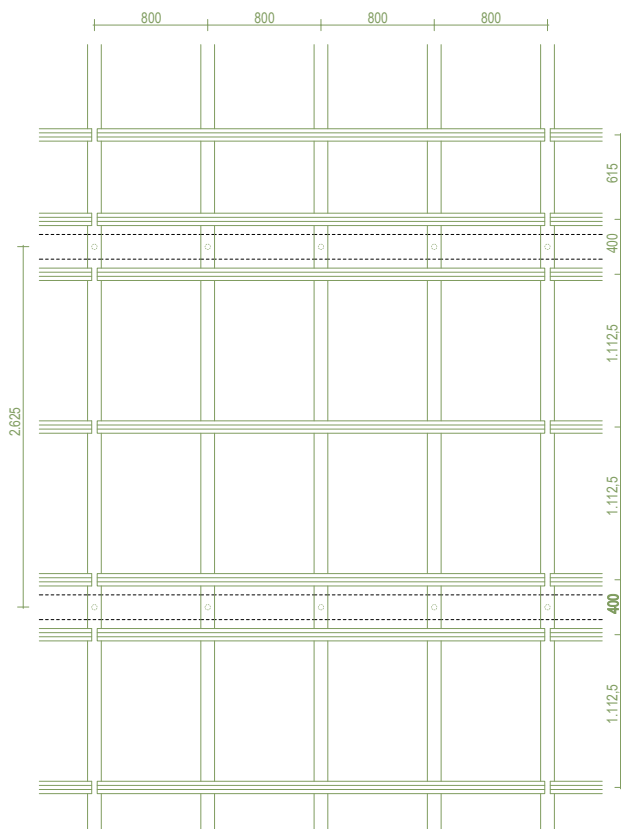


Bild 6: Prinzipskizze Tragsystem

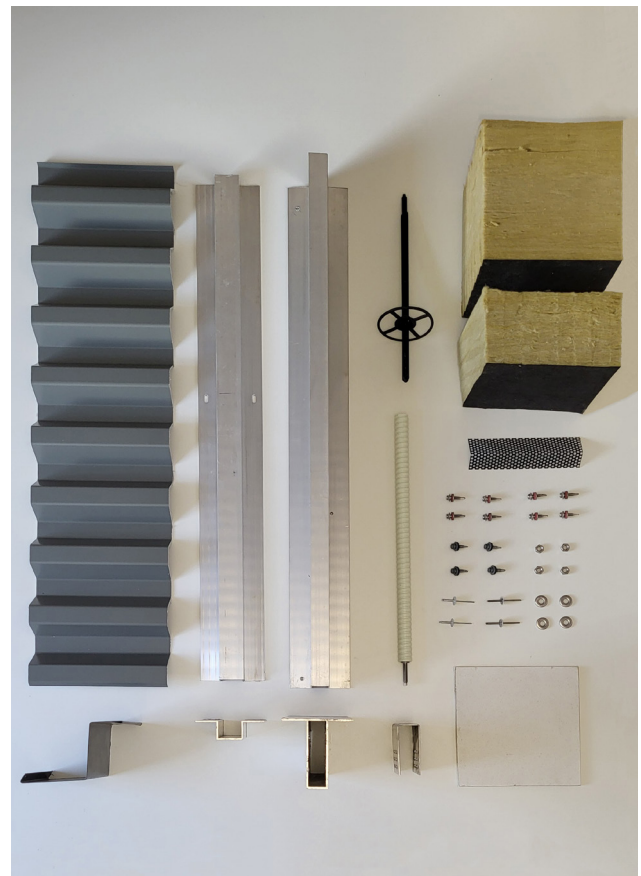
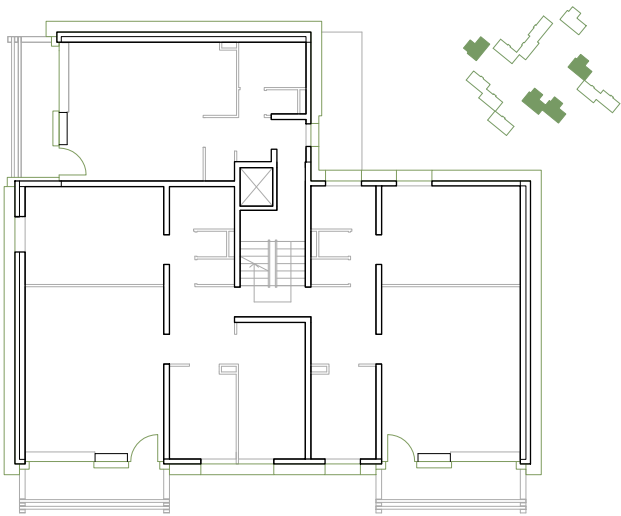
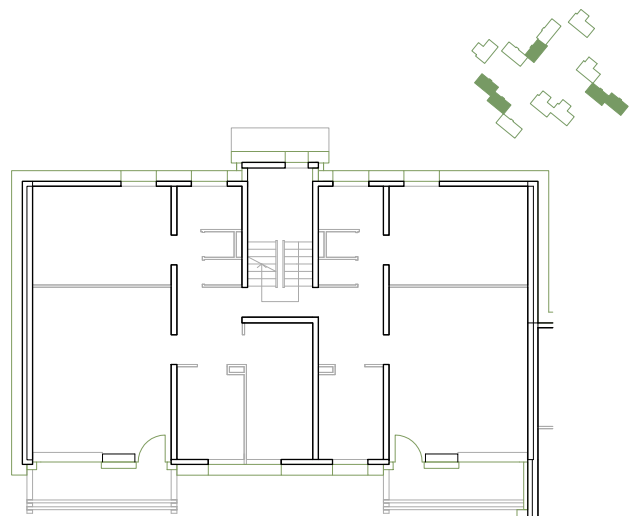
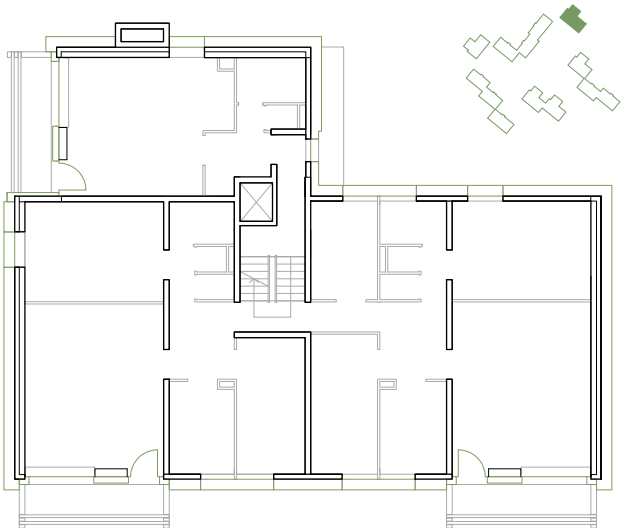
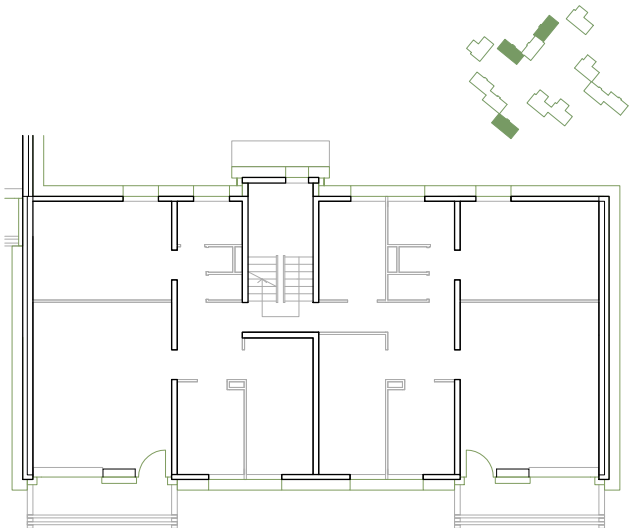
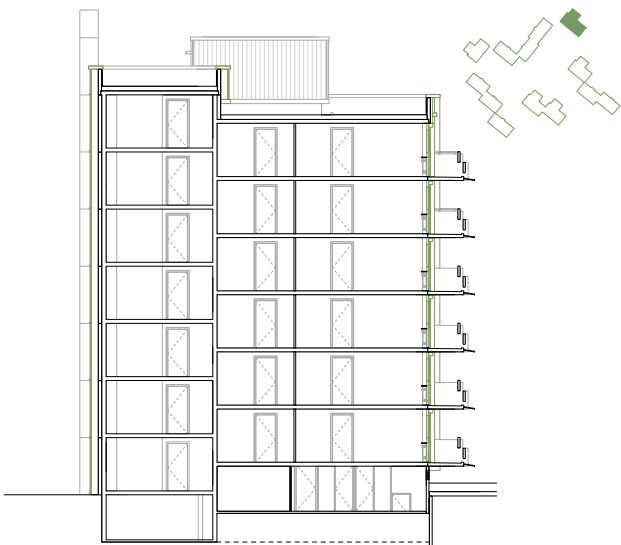
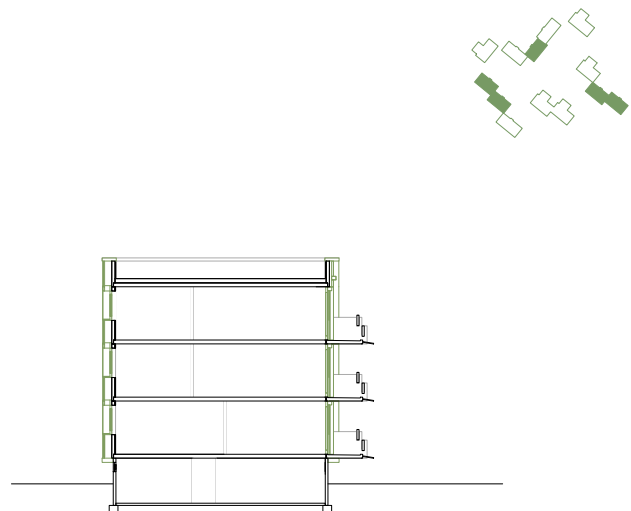


Bild 7: Verwendete Materialien

**Bild 8:** Grundriss Gebäude Typ 1**Bild 11:** Grundriss Gebäude Typ 2**Bild 9:** Grundriss Gebäude Typ 1a**Bild 12:** Grundriss Gebäude Typ 2a**Bild 10:** Schnitt Gebäude Typ 1a**Bild 13:** Schnitt Gebäude Typ 2

Wandaufbau nicht tragend (Längsseite)

- 1 Trockenputz 22,5 mm
- 2 Bestand Wärmedämmung 20 mm
- 3 Bestand Fertigteil Beton 130 mm
- 4 Wärmedämmung Mineralwolle WLG 032, nicht brennbar A1, 200 mm / Schöck Isolink 200 mm
- 5 Wärmedämmung Mineralwolle WLG 032, nicht brennbar A1, 100 mm / Aufnahme Adapter mit Kasten T-Profil
- 6 Windsperre diffusionsoffen, Anschluss an bestehende Windsperre
- 7 Hutprofil Aluminium 30 mm
- 8 Trapezprofil, Aluminium, 40-100, pulverbeschichtet

Kennwerte

Bauphysikalische Kennwerte
Wandaufbau nicht tragend

U_{Bestand}	=	0,53	W/(m²K)
$U_{\text{neu, saniert}}$	=	0,10	W/(m²K)

Fensteraufbau

- 10 Elektr. Alu-Vorbauplatten mit integrierten Insektenschutzgitter
- 11 Aluminium-Holz-Fenster, Aluminium Oberfläche RAL 9016, Holzrahmen Oberfläche Fichte RAL 9010 passiver Fensterlüfter Aereco ZFH-V 5-35, 3-fach Wärmeschutz-Isolierglasscheibe

Kennwerte

Bauphysikalische Kennwerte
Fenster

U_{Bestand}	=	1,60	W/(m²K)
$U_{\text{W, neu}}$	=	0,75	W/(m²K)
U_{g}	=	0,50	W/(m²K)
TL	=	74	%
g	=	53	%

Scheibenaufbau 4/18/4/18/4

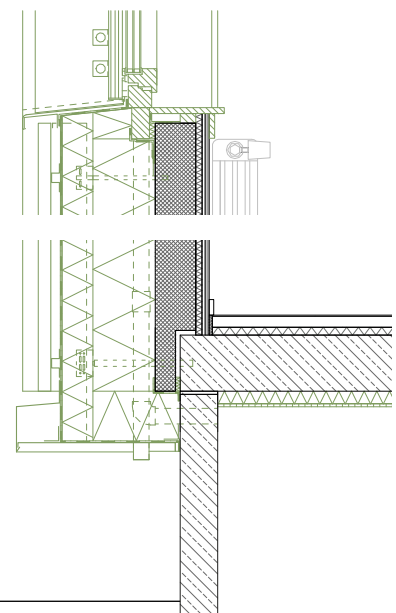
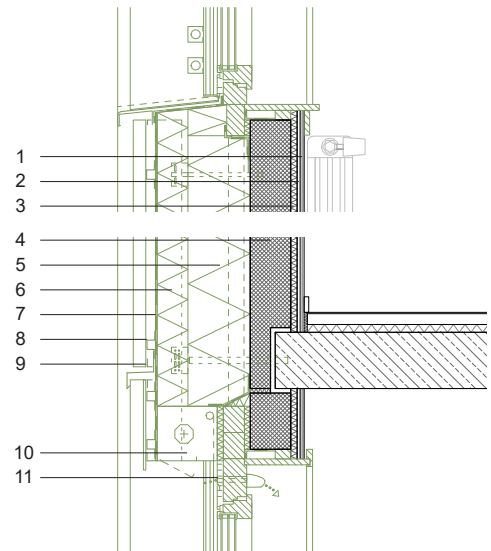
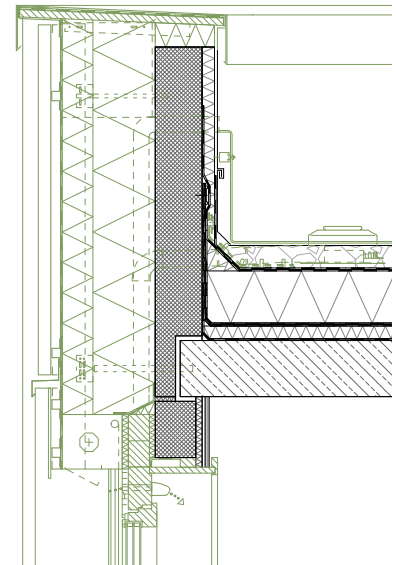


Bild 14: Fassadenschnitt durch nicht tragende Wand

Wandaufbau tragend (Stirnseite)

- 1 Trockenputz 22,5 mm
- 2 Bestand Wärmedämmung 20 mm
- 3 Bestand Stahlbeton 200 mm
- 4 Bestand Wärmedämmung 25 mm
- 5 Bestand Hinterlüftung
- 6 Bestand Fertigteil Beton 100 mm
- 7 Wärmedämmung Mineralwolle WLG 032, nicht brennbar A1, 200 mm / Schöck Isolink 200 mm
- 8 Wärmedämmung Mineralwolle WLG 032, nicht brennbar A1, 100 mm / Aufnahme Adapter mit Kasten T-Profil
- 9 Windsperre diffusionsoffen, Anschluss an bestehende Windsperre
- 10 Hutprofil Aluminium 30 mm
- 11 Trapezprofil, Aluminium, 40-100, pulverbeschichtet

Kennwerte

Bauphysikalische Kennwerte
Wandaufbau tragend

$$\begin{array}{lcl} U_{\text{Bestand}} & = & 1,16 \quad \text{W}/(\text{m}^2\text{K}) \\ U_{\text{neu, saniert}} & = & 0,10 \quad \text{W}/(\text{m}^2\text{K}) \end{array}$$

Fensteraufbau

- 12 Elektr. Alu-Vorbauprolläden mit integrierten Insektenschutzgitter
- 13 Aluminium-Holz-Fenster, Aluminium Oberfläche RAL 9016, Holzrahmen Oberfläche Fichte RAL 9010 passiver Fensterlüfter Aereco ZFH-V 5-35, 3-fach Wärmeschutz-Isolierglasscheibe

Kennwerte

Bauphysikalische Kennwerte
Fenster

$$\begin{array}{lcl} U_{\text{Bestand}} & = & 1,60 \quad \text{W}/(\text{m}^2\text{K}) \\ U_{\text{W, neu}} & = & 0,75 \quad \text{W}/(\text{m}^2\text{K}) \\ U_{\text{g}} & = & 0,50 \quad \text{W}/(\text{m}^2\text{K}) \\ TL & = & 74 \quad \% \\ g & = & 53 \quad \% \end{array}$$

Scheibenaufbau 4/18/4/18/4

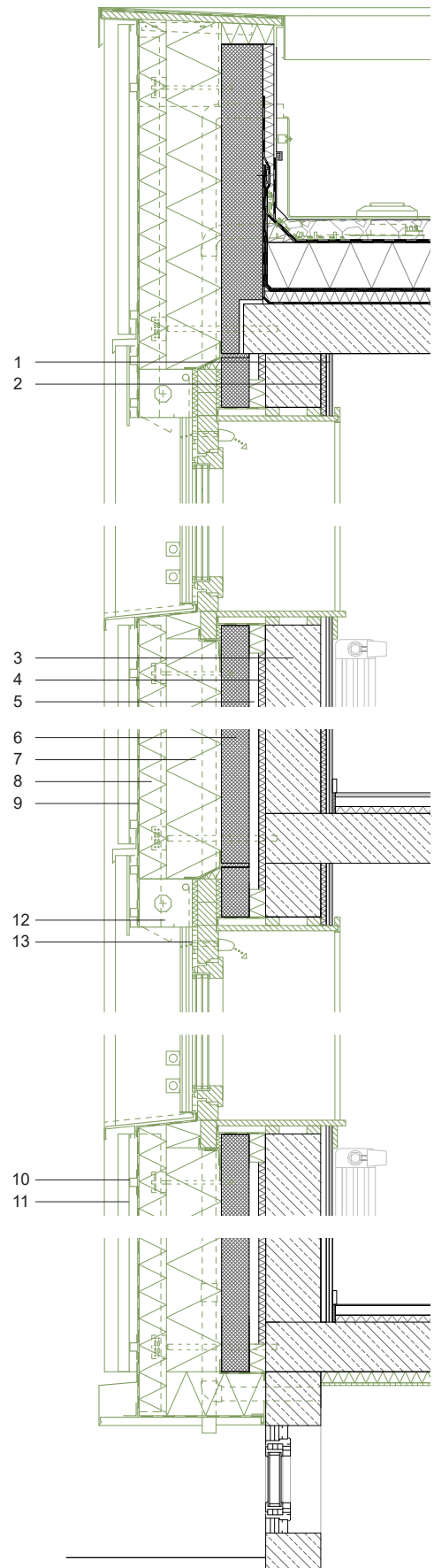


Bild 15: Fassadenschnitt durch tragende Wand

Wandaufbau Balkonelemente

- 1 Bestand Fertigteil Beton 150 mm
- 2 Wärmedämmung Mineralwolle WLG 032, nicht brennbar A1, 160 mm / Wandhalter mit Thermostopp 160 mm
- 3 Windsperre diffusionsoffen mit Anschluss an bestehende Windsperre
- 4 T-Profil 60x60x4 mm / Hinterlüftungsebene 20 mm
- 5 Faserzementplatte 8 mm
- 6 Vorbaumarkise

Kennwerte

Bauphysikalische Kennwerte
Wandaufbau tragend, Balkon

U_{Bestand}	=	0,63	W/(m²K)
$U_{\text{neu, saniert}}$	=	0,25	W/(m²K)

Balkonfensteraufbau

- 1 Elektr. Alu-Vorbaurolladen mit integrierten Insektenschutzgitter
- 2 Aluminium-Holz-Fenster, Aluminium Oberfläche RAL 9016, Holzrahmen Oberfläche Fichte RAL 9010 passiver Fensterlüfter Aereco ZFH-V 5-35, 3-fach Wärmeschutz-Isolierglasscheibe
- 3 Vacuumisulationspaneel, 40 mm, innenseitig HPL-Platte weiß, außenseitig Faserzementplatte (8 mm) flächenbündig zu Kämpfer
- 4 Sockelblech, Aluminium, pulverbeschichtet 1,5 mm
- 5 Keilleiste Hartkunststoff
- 6 Flüssigdichtstoff
- 7 Bestand Fertigteil Beton 180 mm

Kennwerte

Bauphysikalische Kennwerte
Balkonfensterelement

U_{Bestand}	=	1,60	W/(m²K)
$U_{\text{W, neu}}$	=	0,70	W/(m²K)
U_{g}	=	0,50	W/(m²K)
U_{p}	=	0,31	W/(m²K)
TL	=	74	%
g	=	53	%

Scheibenaufbau 4/18/4/18/4

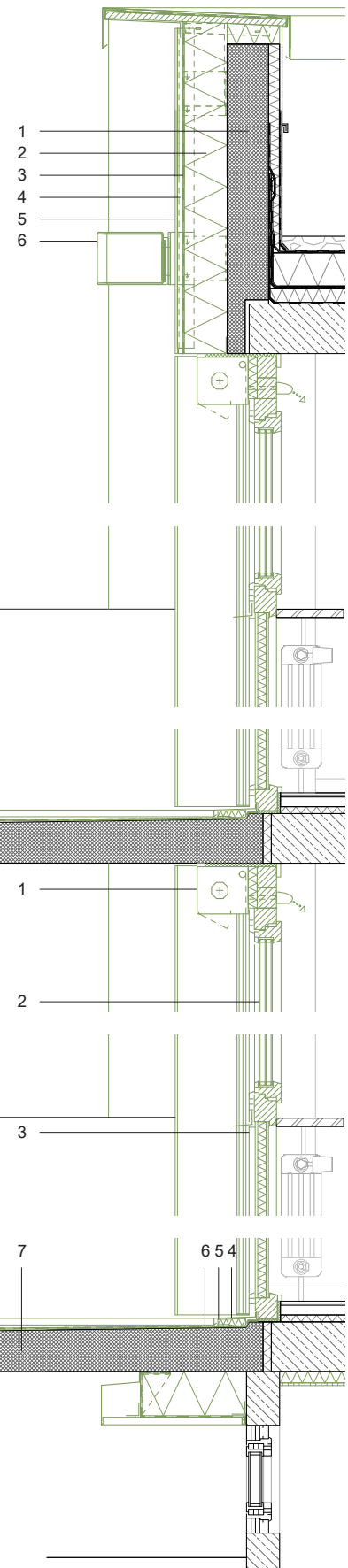


Bild 16: Fassadenschnitt durch Balkone

Gebäudetechnik

Die bisher mit Öl betriebene Nahwärmeversorgung wurde durch eine Grundwasserwärmepumpe mit einem Gas-Brennwertkessel als Back-Up für Notfälle modernisiert. Die Wärmeverteilung wurde, wo immer es möglich war, gedämmt.

Das bereits vorhandene Konzept der Nahwärmeversorgung ist in diesem Fall besonders effizient, weil von Anfang an die Wärmeerzeugung für Warmwasser dezentral über Durchlauferhitzer in den einzelnen Wohnungen erfolgt.

Der Endenergiebedarf für Heizen von ca. 900.000 kWh/Jahr, der bisher durch fossile Verbrennung (ca. 90.000 l Öl) gedeckt wurde, führte zu einem CO₂-Ausstoß von 267.000 kg im Jahr.

Durch die Dämmmaßnahmen an der Gebäudehülle wurde der Endenergiebedarf für die Gebäudeheizung um ca. 600.000 kWh im Jahr reduziert, sodass nur noch ca. 290.000 kWh Endenergie durch die neue Heizanlage gedeckt werden muss. Die Endenergie für die Heizung wird weitgehend regenerativ gedeckt:

Bei einem Wirkungsgrad der Wärmepumpe von COP 4 (mit 1 kWh Strom werden 4 kWh Energie aus der Umwelt/ Grundwasser gewonnen) werden folglich lediglich ca. 75.000 kWh Strom benötigt, d.h. ca. 75 % der Energie (ca. 215.000 kWh) wird regenerativ gedeckt. Der

CO₂-Ausstoß konnte somit um 231.000 kg auf ca. 36.000 kg im Jahr reduziert werden.

Etwa 680 m² Photovoltaik wurden auf den bereits 2010 sanierten Flachdächern aufgebracht. Diese PV-Fläche erzeugt ca. 100.000 kWh Strom. Davon werden ca. 30% direkt genutzt und 70% ins Netz eingespeist.

Im Moment liegen die Kosten von Strom mit 0,20 €/kWh noch doppelt so hoch wie eine mit Öl erzeugte kWh. Diese Differenz wird sich aber durch die zunehmende CO₂-Abgabe auf fossile Brennstoffe künftig deutlich reduzieren. Trotz dieser Differenz ist die Wärmeerzeugung, bezogen auf die Endenergie je Kilowattstunde auch durch die Nutzung regenerativer Energie deutlich günstiger als vor der Sanierung.

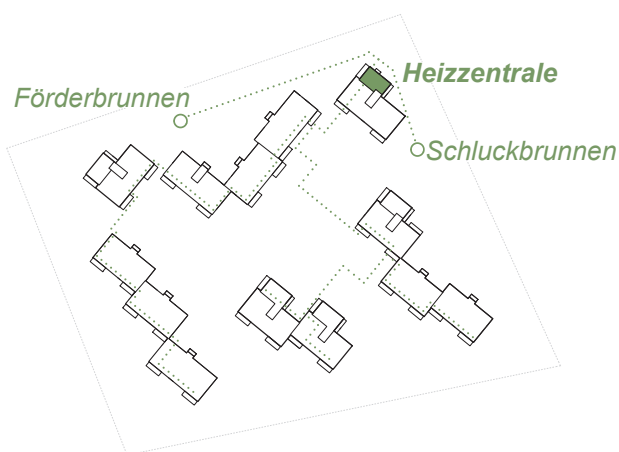


Bild 17: Verteilungsschema der sanierten Wohnanlage

Tab. 2 Übersicht der haustechnischen Anlagen

Heizsystem	Grundwasser Wärmepumpe
System der Trinkwassererwärmung	Dezentrale elektrische Durchlauferhitzer(Bestand)
System der Stromgewinnung	680 m ² Photovoltaik (Contracting)
System der Regenwassernutzung	Versickerung
System der Gebäudelüftung	Nutzerunabhängige Feuchteschutzlüftung
System der Gebäudeautomation	Keine

Bauphysikalische Beschreibung

Eine sorgfältige bauphysikalische Bestandsaufnahme und entsprechende, darauf aufbauende Zielsetzungen sind wesentliche Grundlagen einer nachhaltigen energieeffizienten Sanierung. Im Rahmen der Bestandsaufnahme wurden mittels Thermographie und Blower-Door-Messungen baukonstruktive Schwachstellen erfasst. Besonders sorgfältig wurde die energetische Qualität der Fenster (U_g -Wert) mittels Laser ermittelt, um festzustellen, welche Fenster zwischenzeitlich erneuert wurden bzw. um die

Notwendigkeit der Erneuerung der Fenster dokumentieren zu können.

Die energetische Sanierung selbst wurde immer synchron begleitet durch Wärmebrückensimulationen, um die gerade bei Bestandsgebäude jeweils spezifischen Anschlussbedingungen möglichst wärmebrückenfrei entwickeln zu können. Diese Vorgehensweise führte dazu dass der individuell ermittelte Wärmebrückenzuschlag lediglich 0,02 – 0,03 W/m²K beträgt.

Tab. 3 Kenndaten

Gebäudekennwerte Gesamtanlage		
Baujahr	1972 / 1980 (Sanierung)	
Sanierung und Erweiterung	2020-2024	
Anzahl Nutzeinheiten	138	
Anzahl Personen	312	
wärmeübertragende Umfassungsfläche A	15.990 m²	
beheiztes Bauwerksvolumen V _e	34.700 m³	
Innentemperatur	21 °C	
interne Wärmequellen	3,8 W/m²	
A/V _e -Verhältnis	0,32 m ⁻¹	
Gebäudenutzfläche A _N	11.100 m²	
Nachtabsenkung	ja (6 Stunden)	
Ergebnis Blower Door Test	1,4 h ⁻¹	
Wärmebrückenfaktor	0,02 - 0,03 W/(m²K)	
Berechnungsgrößen		
Jahres-Primärenergiebedarf, zulässig (Mittelwert)	Q ^{II} _{P, zulässig}	107 kWh/(m²a)
Jahres-Primärenergiebedarf, vorhanden (Mittelwert)	Q ^{II} _P	29,8 kWh/(m²a)
Anlagenaufwandskennzahl	e _p	0,53
spezifischer Transmissionswärmeverlust, zulässig	H ^I _{T, zulässig}	0,70 W/(m²K)
spezifischer Transmissionswärmeverlust, vorhanden	H ^I _T	0,30-0,35 W/(m²K)
Jahres-Endenergiebedarf, gesamt	Q _{h,f}	420.000 kWh/a
Jahres-Endenergiebedarf, Heizwärme (Hilfsenergie)	Q _{h,f (Strom)}	75.000 kWh/a
Jahres-Endenergiebedarf, Reg. Energie	Q _{h,f (reg. E.)}	215.000 kWh/a
Jahres-Endenergiebedarf, Trinkwassererwärmung	Q _{w,f}	125.000 kWh/a
Jahres-Endenergiebedarf, Lüftung (Ventilator)	Q _{rv,f}	5.000 kWh/a

Verbesserung der Nutzungssituation

Die Fassadensanierung hat die Nutzungssituation in mehrfacher Hinsicht verbessert:

Durch die energetischen Maßnahmen wird die Behaglichkeit verbessert, weil durch die Wärmedämmung die Wandoberflächentemperatur deutlich höher liegt als vor der Sanierung.

Damit zusammen hängt auch die Beseitigung möglicher Schwachstellen (z.B. im Sockelbereich), sodass im Zusammenspiel mit der nutzerunabhängigen Lüftung eine Schimmelbildung nicht mehr möglich ist.

Ebenso von Vorteil ist die Halbierung der Heizkosten und die insgesamt zukunftsfähige Anlagentechnik (65 % regenerativer Anteil).

Durch die Photovoltaikanlage, die im Contracting-Modell errichtet wurde, haben die Bewohner die Möglichkeit Strom zu einem deutlich vergünstigten Preis zu beziehen.

Die neu gestalteten Eingangsbereiche tragen zu einer positiven „Adressbildung“ bei und unterstützen auch die soziale Funktion die genau dieser Bereich hat.



Bild 18: Bestandssituation Haus 7 b



Bild 20: Sanierter Zustand Haus 7b



Bild 19: Eingang von Haus 11 (Bestand)



Bild 21: Sanierter Eingang von Haus 11, mit Projektteam

Treibhausgasbilanz

Eine Bilanzierung der mit einer Maßnahme verbundenen Ausstoßes von Treibhausgasen erfolgt nach definierten Regeln im Rahmen des Qualitätssiegels Nachhaltige Gebäude (QNG). Betrachtet werden dabei die folgende Module:

- Mit den Modulen A1-A3 (Gewinnung und Verarbeitung der Rohstoffe), B4 (Austauschzyklen im Rahmen des festgelegten Betrachtungszeitraumes von 50 Jahren), C3 (Abfallbeseitigung) und C4 (Entsorgung) wird die stoffliche Bilanz beschrieben.

- Mit den Modulen B 6.1 (CO₂-Ausstoß im Zusammenhang mit der Konditionierung des Gebäudes) und B 6.3 (Berücksichtigung des Haushaltsstromes) wird die für die Nutzung benötigte zugeführte Energie hinsichtlich des CO₂-Ausstoßes bewertet.

Zusammen bilden die beiden Gruppen die Treibhausgasbilanz des Gebäudes. Die CO₂-Belastung wird immer auf den Quadratmeter Nettogrundfläche nach DIN 277. Kellerräume und die anteilige Fläche der Tiefgarage werden demnach bei der Bilanz einbezogen. Die energetische Bilanz ist stattdessen auf die beheizte Nettogrundrissfläche bezogen, so dass für die Addition die Bezugsfläche angepasst werden muss.

Im Falle von Neubauten oder Komplettmodernisierungen müssen im Standard „Plus“ der Wert von 24 kg CO₂/m²_{NGF} und im Standard „Premium“ den Wert von 20 kgCO₂/m²_{NGF} unterschritten werden. Eine klassische Bilanzierung kommt im vorliegenden Fall nicht in Frage, da es sich nicht um eine Komplettmodernisierung handelt. Hierfür müsste das Gebäude nach der Sanierung weitestgehend die Eigenschaften eines Neubaus aufweisen, lediglich der Rohbau wird weiter genutzt.

Im Folgenden wird die exemplarische Bilanzierung eines typischen Gebäudes der Wohnanlage erläutert. Es wird auch ein Bezug zu den Werten der QNG Komplettmodernisierung hergestellt.

Lebenszyklusphasen	Herstellung			Errichtung		Betrieb und Nutzung							Rückbau, Abfallbehandlung und Entsorgung		Vorteile & Belastungen außerhalb Systemgrenze																						
Modulgruppen	A 1-3			A 4-5		B 1-7							C 1-4		D																						
	Rohstoffbeschaffung			Transport		Produktion		Transport		Errichtung / Einbau		Nutzung		Instandhaltung		Instandsetzung/Reparaturen		Austausch		Modernisierung		Energieverbrauch im Betrieb		Wasserverbrauch im Betrieb		Rückbau / Abriss		Transport		Abfallbehandlung		Entsorgung		Recyclingpotenzial		Effekte exportierter Energie	
Module	A1	A2	A3	A4	A5	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	C1	C2	C3	C4	D1	D2																			

Bild 22: Darstellung der Lebenszyklusphasen gemäß DIN EN 15643: 2021-12

Die Bilanzierung wird in „gebäudebezogene Anteile“ (Baustoffe und Anlagentechnik) und „betriebs- und nutzungsbedingte Anteile (Energiebedarf)“ aufgeteilt. Die nachfolgenden Werte beruhen auf Daten aus der Ökobau.dat und aus Umweltproduktdeklarationen (EPDs).

Systemgrenze der Bilanzierung:

Bilanziertes Gebäude: Haus 11c

Betrachtungszeitraum: 50 Jahre

Bezugsfläche NGF: 1.976 m²



Bild 23: Haus 11c

Tab. 4: Bilanz für Gebäudebezogene Anteile für neue Materialien (Module A1-A3, B4, C3, C4), GWP_{gesamt} bezieht sich 50 Jahre

Gebäudebezogener Anteile - Bauteile							
Material	Menge	Einheit	Austausch in 50a	GWP kg CO ₂ / Einheit	GWP kg CO ₂ gesamt	GWP kg CO ₂ / a	GWP kg CO ₂ / m ² _{NGF} a
BAUTEILE							
Rückverankerung	1.628	kg	---	3,4	5.579,2	111,6	0,06
Isolink	6	kg	---	2,9	18,5	0,4	0,00
Tragprofil vertikal	1.370	m	---	38,1	52.128,5	1.042,6	0,53
Tragprofil horizontal	1.385	m	---	9,8	13.573,0	271,5	0,14
Dämmung	990	m²	1	43,4	42.966,0	859,3	0,43
Trapezblech	1.300	m²	---	25,4	33.020,0	660,4	0,33
Equitoneplatten	60	m²	---	11,5	690,4	13,8	0,01
Fenster 1 flg.	24	Stck.	1	339,6	8.150,4	163,0	0,08
Fenster 2 flg.	6	Stck.	1	621,6	3.729,6	74,6	0,04
Balkonelement	19	Stck.	1	996,2	18.929,6	378,6	0,19
Sonnenschutz	175	m²	1	63,1	22.094,4	441,9	0,22
Kellerdeckendämmung	180	m²	---	10,8	1.944,0	38,9	0,02
Gesamt 1							2,05
ANLAGENTECHNIK (anteilig für Haus 11c)							
Grundinstallation	vorhanden						
Wärmepumpe	1	Stck.	2	289,6	868,8	17,4	0,01
Rohrleitung WP	1	Stck.	---	174,8	174,8	3,5	0,00
Kältemittel R410A	4,3	kg	2		17.543,8	350,9	0,18
Pufferspeicher	56	kg	2	4,7	793,0	15,9	0,01
Gas Brennwert-Kessel	1	Stck.	2	1.316,8	3.950,4	79,0	0,04
Photovoltaik (30% Eigennutzung)	17	m²	1	308,8	10.468,3	209,4	0,11
Gesamt 2							0,35
Gebäudebezogener Anteile - GESAMT							
GESAMT 1+2							2,40

Sanierung einer Wohnanlage in München - EH55 (2024)

Bezieht man den berechneten Endenergiebedarf (Bilanzierung nach GEG für Strom- und Erdgasbedarf) auf die NGF, so liegt der CO₂-Aufstoß bei 8,71 kg CO₂/m²_{NGF}*a. Für den Haushaltsstrom (Endenergie) werden im vorliegenden Fall weitere 7,19 kg CO₂/m²_{NGF}*a angerechnet. Die Eigennutzung des mit der Photovoltaikanlage produzierten Stroms darf als Abzug bilanziert werden.

In der Gesamtbilanz von stofflicher und energetischer CO₂-Belastung ergibt sich demnach ein Wert von **15,99 kg CO₂/m²_{NGF}*a**. Vergleicht man den erreichten Wert mit dem Zielwert für QNG Premium (20 kg CO₂/m²_{NGF}*a) muss berücksich-

tigt werden, dass in vorliegendem Fall nicht alle Bauteile im Sinne einer Komplettmodernisierung angerechnet wurden (z.B. Bäder, Innenausbau, Dachdämmung, Heizleitungen). Auch unter der Berücksichtigung dieser Aspekte dürfte der o.g. Zielwert erreicht werden.

Das Ergebnis lässt sich als „Größenordnung“ auf die Gesamtanlage übertragen, der alle Gebäude in gleicher Weise saniert wurden.

Tab. 5: Bilanz für Nutzungs- u. betriebsbedingte Anteile (Modul B6) , GWP_{gesamt} bezieht sich auf 50 Jahre

Betriebs- und nutzungsbedingte Anteile							
Energieträger	Menge pro Jahr	Einheit		GWP kg CO ₂ / kWh	GWP kg CO ₂ gesamt	GWP kg CO ₂ / a	GWP kg CO ₂ / m ² _{NGF} a
Endenergie (Strom)	32.340	kWh		0,532	860.244	17.205	8,71
Endenergie (Gas) (Back-Up für Notfälle)	225	kWh		0,237	2.666	53	0,03
Haushaltsstrom	26.700	kWh		0,532	710.220	14.204	7,19
Abzug PV-Strom (30% Eigennutzanteil)	-8.694	kWh		0,532	-231.260	-4.625	-2,34
Betriebs- und nutzungsbedingter Anteil - GESAMT							
Gesamt 3							13,59

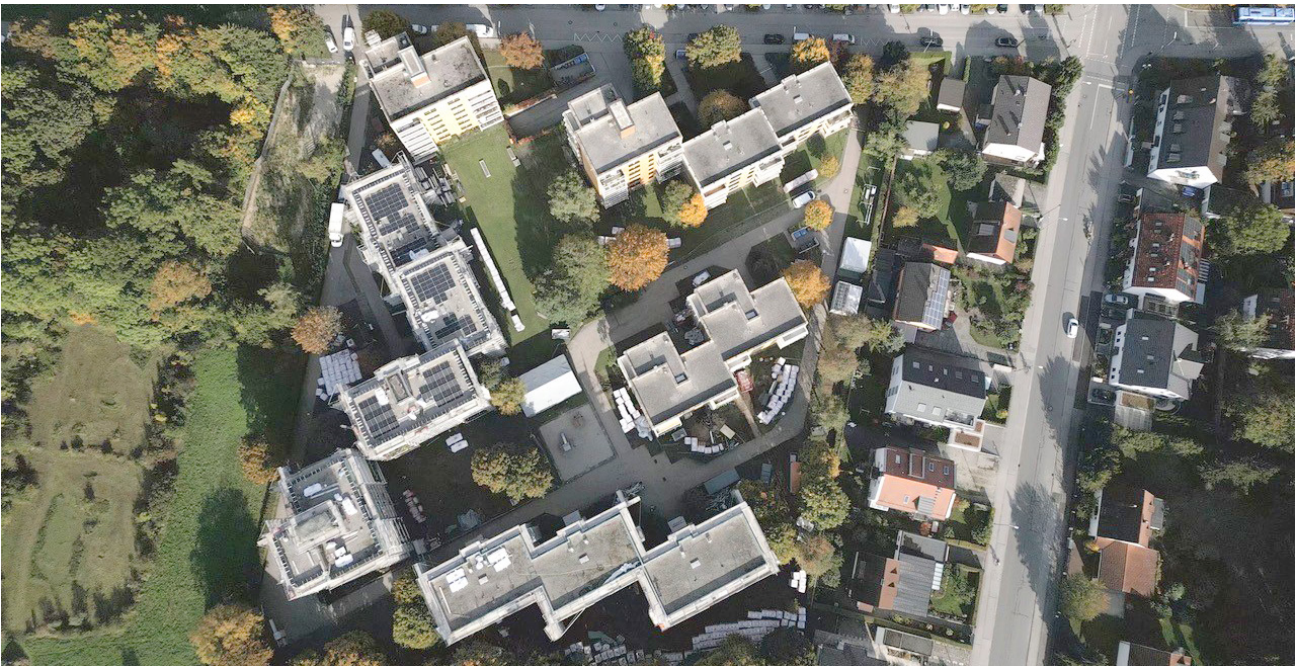


Bild 24: Dachaufsicht Zwischenstand der Sanierung, teilweise bereits mit Photovoltaik

Fazit

Eine energetische Sanierung macht immer dann Sinn, wenn sowieso eine Instandhaltungsmaßnahme ansteht. Dies kann eine Maßnahme an der Gebäudehülle oder im Bereich der Anlagentechnik sein. Diese Einzelmaßnahme sollte jedoch immer in einen größeren Zusammenhang gestellt werden. Vor Umsetzung einer einzelnen Maßnahme ist es deshalb erforderlich einen so genannten Sanierungsfahrplan aufzustellen, der die Einzelmaßnahme in eine energetische Gesamtkonzeption einbindet. Nur dann können Synergieeffekte im Bereich der Kosten und der Bauabwicklung erreicht werden.

Genau diese Synergieeffekte durch ein kontrolliertes geplantes Vorgehen sind Voraussetzung dafür, dass auch die Außenwirkung bzw. die Gestalt des Gebäudes kontrolliert entwickelt werden kann. Im vorliegenden Fall war die notwendige Fassadensanierung der Auslöser, dass sich die WEG zusammen mit den Architekten über

ein energetisches Gesamtkonzept und dessen Umsetzung Gedanken gemacht hat. Nicht zuletzt die hohen Fördermittel führten dazu, dass die WEG sich entschieden hat, die Maßnahmen nicht schrittweise, sondern in einem Zuge durchzuführen.

Ohne Fördermittel wäre aus Liquiditätsgründen nur eine lang dauernde und mit Mehrkosten verbundene schrittweise Sanierung möglich gewesen. Ökonomisch gesehen lohnen sich energetische Sanierungsmaßnahmen immer. Einerseits durch reduzierte Energiekosten, die allerdings nur den Mieter entlasten – andererseits durch eine deutliche Wertsteigerung der Immobilie, die das Gebäude durch ein hochwertiges „energetische Up-date“ erfährt.

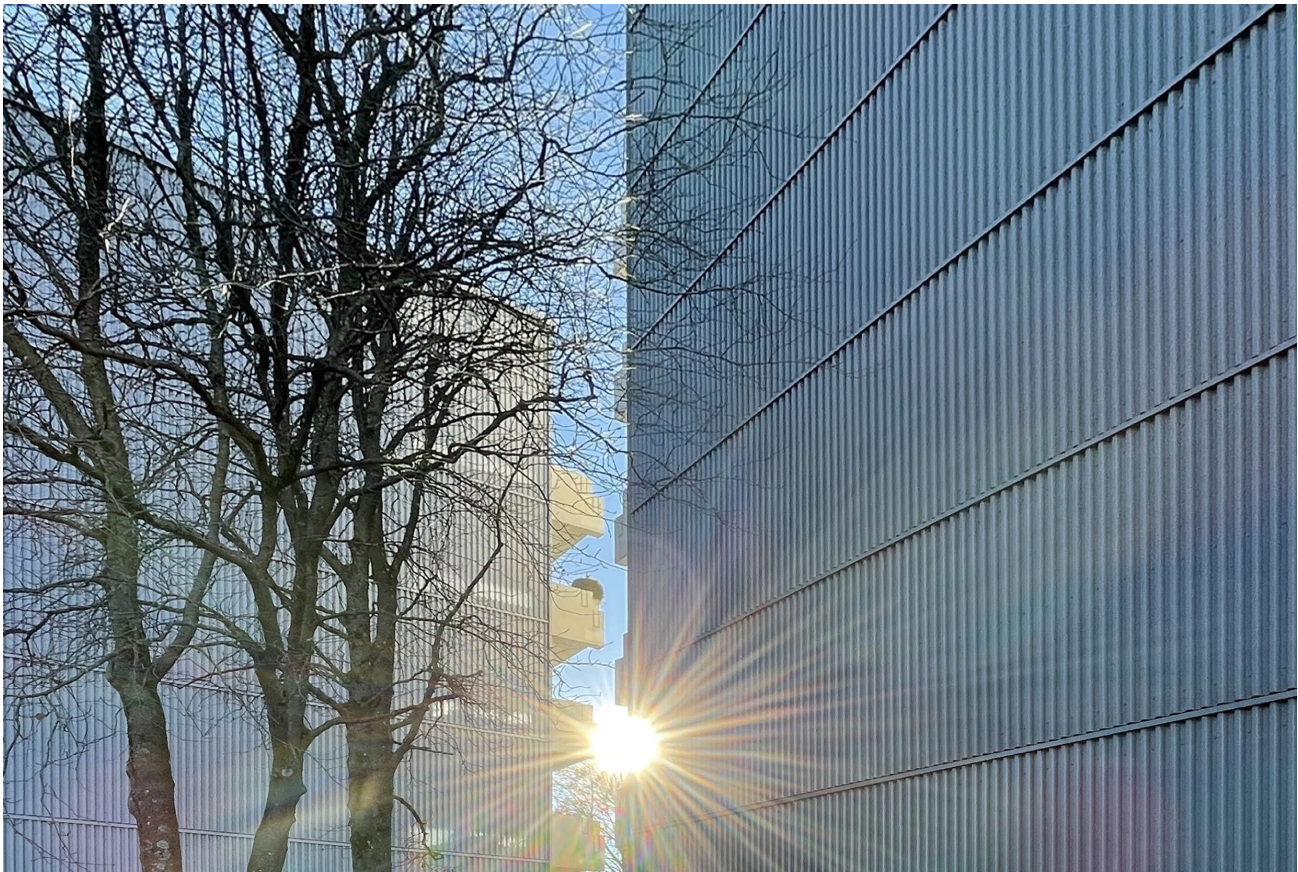


Bild 25: Blick durch die Anlage

Projektbeteiligte

Planung	RSV ARCHITEKTEN Partnerschaft mbB Graßlfingerstraße 26, 82194 Gröbenzell buero@rsv-architekten.de, www.rsv-architekten.de
Mitarbeiter am Projekt RSV	- Prof. Clemens Richarz - Medin Verem - Anne-Catherine Emmel - Marc Seidl - Dennis Roithmeier
Bauherr	Wohnungseigentümer- gemeinschaft (WEG) Mooswiesenstraße 3 – 11 c vertreten durch Hausgrund GmbH Meggendorferstraße 66, 80993 München www.hausgrund-muenchen.de
Energetischer Nachweis	RSV ARCHITEKTEN Partnerschaft mbB
Tragwerks- planung	Dr. Siebert und Partner Gothelfstraße 24 81677 München www.ing.siebert.de
ELT Planung	Paul und Michael Riemhofer Dachauer Str. 433 80992 München www.ib-riemhofer.de/
HLS Planung	Scheel Ingenieure GmbH Marienplatz 2 86316 Friedberg www.scheel-ingenieure.de
Brandschutz	bauart - Beratende Ingenieure Englschalkinger Str. 14 81925 München www.bauart-ingenieure.de
Landschafts- architekt	STADT RAUM PLANUNG Altostrasse 15 81245 München www.stadt-raum-planung.de
Sigeko	Markus Behr, Architekt Sperlingweg 1 82223 Eichenau info@m-behr