

Passivhaus

Objektdokumentation



Die Freiburger Stadtbau GmbH hat ein für sein beispielhaftes Wohnkonzept mehrfach ausgezeichnetes Wohngebäude mit 47 Wohneinheiten errichtet.



Foto: Stephan Baumann

Verantwortlicher Passivhausplaner:
Dipl.-Ing. (FH) Robert Krauthausen

Das Projekt Haslacher-/Uferstraße in Freiburg im Breisgau ist das erste zertifizierte Passivhaus-Neubauprojekt der Freiburger Stadtbau. Der L-förmige Geschosswohnungsbau ist Teil eines Miet- und Eigentumsprojekts, bei dem es mehrere technische Herausforderungen gab.

Besonderheiten: Hohe Schallschutzanforderungen gegen Außenlärm, Photovoltaikanlage 42 kW_{peak}, Nahwärmeanschluss $f_p=0,00$ aus Biogas-BHKW, Solarkollektoren

Weitere Informationen unter:

http://www.passivhausprojekte.de/#d_1389

<http://www.freiburger-stadtbau.de/aktuelles/meldung/artikel/vorzeigeprojekt-der-fsb-wurde-in-berlin-ausgezeichnet.html>

U-Wert Außenwände:	0,119 – 0,185 W/(m ² K)	PHPP-Jahres-Heizwärmebedarf:	15 kWh/(m²a)
U-Wert Flachdächer:	0,106 – 0,125 W/(m ² K)	PHPP-Jahres-	
U-Wert Fenster:	im Mittel 0,83 W/(m ² K)	Primärenergiebedarf:	106 kWh/(m ² a)
U-Werte Kellerwände:	0,119 u. 0,145 W/(m ² K)	Wärmerückgewinnung:	83 %
U-Wert Bodenplatte:	0,290 W/(m ² K)	Drucktest n ₅₀ :	0,27 h ⁻¹
U-Werte Geschossdecken:	0,110 u. 0,186 W/(m ² K)		

1. Kurzbeschreibung der Bauaufgabe

Passivhaus Wohnanlage Haslacher-/Uferstraße

Der Neubau der winkelförmigen Wohnanlage mit 47 Wohneinheiten mit 4-5 Geschossen, 2 Treppenhäusern und Laubengangschließungen bildet gemeinsam mit einem Bestandsgebäude einen großzügigen lärmgeschützten Innenhof. Alle Wohnungen orientieren sich zum ruhigen Innenhof Richtung Osten oder nach Süden zur Haslacher Straße.

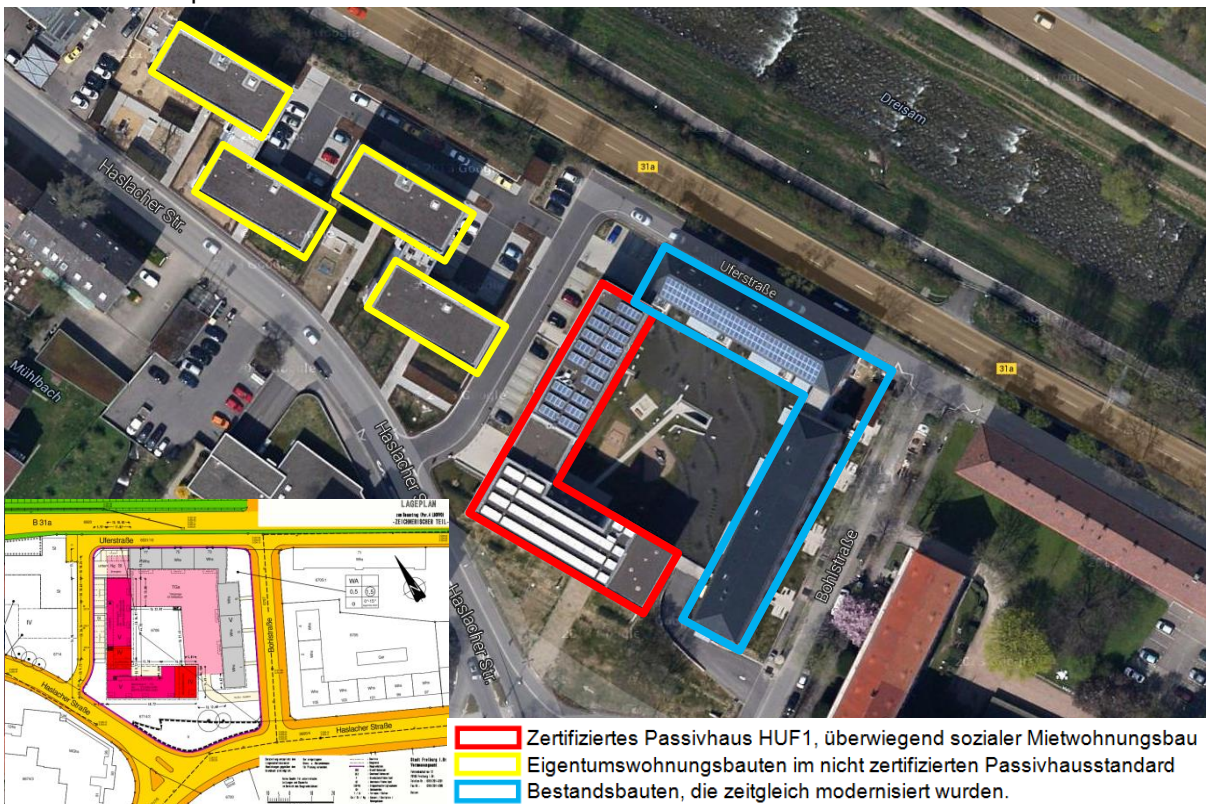
Ursprünglich von den Architekten als KfW-Effizienzhaus 55 entworfen, wurde per Gemeinderatsbeschluss entschieden, dass die städtische Wohnungsbaugesellschaft alle Neubauten – auch das vorliegende – als zertifizierte Passivhäuser herzustellen hat. Dadurch und wegen der vielen kleinen Wohnungen, die dem geforderten großen Anteil Sozialwohnungen geschuldet sind, war die Passivhausprojektierung bei diesem Bauvorhaben besonders anspruchsvoll.

Die Fassadengestaltung mit einer Vielzahl von Loggien lockert die Fassade auf und sorgt für Privatsphäre, schränkt aber auch erheblich die solaren Wärmegewinne ein bei gleichzeitiger Verschlechterung des Verhältnisses von Hüllfläche zu Gebäudevolumen (A/V_e).



Die überwiegend kleinen Wohneinheiten bewirken einen relativ hohen Luftwechsel, was die Lüftungswärmeverluste erhöht. Zur Kompensation wurde eine besonders effiziente Wärmerückgewinnung erforderlich.

Die direkte Nähe zur Schnellstraße B31a verursacht hohe Schallschutzanforderungen in der Fassade. Dies grenzte die Auswahl der Fenstergläser stark ein. Die Fensterkennwerte waren an den betroffenen Fassaden schlechter als für Passivhäuser üblich, da sich Wärmeschutz und Schallschutz hier teilweise widersprechen.



Luftbild (Quelle: google earth) und Lageplan vom Bereich Haslacher-/Uferstraße.

Für die „hohe Qualität und tragbaren Kosten im Wohnungsbau“ wurde das Projekt 2014 mit dem Deutschen Bauherrenpreis ausgezeichnet. Als weitere Auszeichnung wurde dem Projekt 2014 der Hugo-Häring-Preis vom Bund Deutscher Architekten Landesverband Baden-Württemberg verliehen.

2. Planungsteam

Bauherrin:	Freiburger Stadtbau
Architekten:	Melder & Binkert, Freiburg
Passivhausprojektierung:	Stahl+Weiß, Freiburg
Energiekonzept, therm. Bauphysik:	Stahl+Weiß, Freiburg
Schallschutz:	Dr.Müller, Durmersheim
Planung Heizung-Lüftung-Sanitär:	Solares Bauen, Freiburg
Tragwerksplanung:	Mohnke Bauingenieure, Freiburg
Elektroplanung:	Planungsbüro Schepperle, Lörrach
Garten- und Landschaftsplanung:	AG Freiraum, Freiburg
Passivhaus-Zertifizierung:	Passivhaus Dienstleistung GmbH, Darmstadt



Ansicht Westflügel kurz vor Fertigstellung des Rohbaus. Die Laubengänge sind mittig erkennbar.

3. Aufgabenbeschreibung

Die Passivhausprojektierung wurde bei diesem Bauvorhaben von Dipl.-Ing. (FH) Robert Krauthausen durchgeführt. Im Wesentlichen wurden von ihm persönlich folgende Leistungen erbracht:

- Integration der Passivhauskriterien in den Planungsprozess, insbesondere bei der Umplanung vom KfW-Effizienzhaus zum Passivhaus
- Recherchieren, Aufzeigen und Diskutieren von Varianten zur Ermittlung der jeweils wirtschaftlichsten Teil-Maßnahme (bspw. wo mehr Wärmedämmung am effektivsten ist oder variieren der Fenstertypen bzgl. U_g - und g -Werte)
- Erstellung und ständige Fortschreibung des Bauteilkatalogs mit produktspezifischen Kennwerten
- Führung einer Chronik-Tabelle, in der Änderungen der Planung oder Ausführung und deren Auswirkungen auf die Passivhauskennwerte fortgeschrieben werden, so dass (Fehl-)Entwicklungen dokumentiert werden
- 2D- und 3D-Wärmebrückensimulationen und ggf. Optimierung der Konstruktionsdetails
- Mitwirkung bei Ausschreibung, Bestellung und Vergabe bei Wärmedämmung und Fenstergewerk
- Beratung/Einweisung der Fensterbauer bei der Umsetzung der luftdichten Gebäudehülle
- Baubegleitende Qualitätskontrollen auf der Baustelle für Wärmedämmung
- Baubegleitende Blower-Door-Tests zur Überprüfung der Luftdichtheit
- Abgleich der von den Fachplanern vorgesehenen Elemente mit den jeweiligen für das Erreichen des Passivhausstandards erforderlichen Kennwerten (Lüftung, Heizung, Beleuchtung)
- Archivierung der für die Passivhausprojektierung erforderlichen Nachweise/Dokumente

4. Fotos

Die Fassaden werden maßgeblich durch die Loggien beeinflusst. Die lebhaften Farbakzente der Jalousien und Vorhangfassaden, kombiniert mit den verschieden ausgebildeten Brüstungen der Loggien, lassen den großen Baukörper leichter und offener erscheinen. Der Durchgang zum Innenhof und das teilweise zurück versetzte Erdgeschoss im Bereich der Laubengänge unterstreichen diese Wirkung.



Südflügel straßenseitig



Südflügel hofseitig



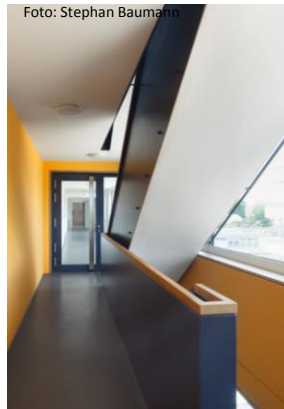
Westflügel hofseitig



Westflügel straßenseitig



Loggia mit Dielen und wertigen Trennwänden



Das Treppenhaus



Fassade und Dachkante

5. Schnittzeichnungen

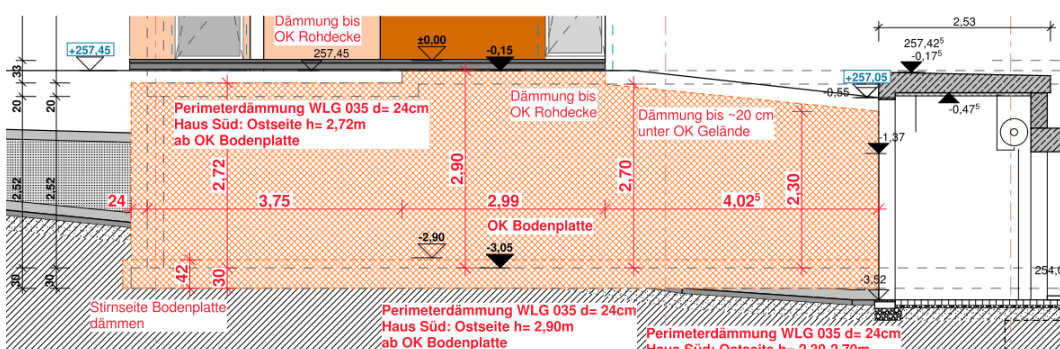
Das Gebäude ist komplett unterkellert. Da die Bodenplatte als lastabtragende Gründungsplatte ohne Bohrpfähle oder Streifenfundamente ausgeführt wurde, ist das Untergeschoss weitestgehend wärmebrückenfrei. Die Deklaration erdreichberührender Wärmedämmung ist seitens der Hersteller oft irreführend, was zu Fehlern bei Bestellung und Lieferung der Produkte führen kann. Die Wärmeleitfähigkeiten der Perimeterdämmung wurden deshalb bei Bestellung und Einbau sorgfältig überwacht.



Schnitt Westflügel und Ansicht Südflügel



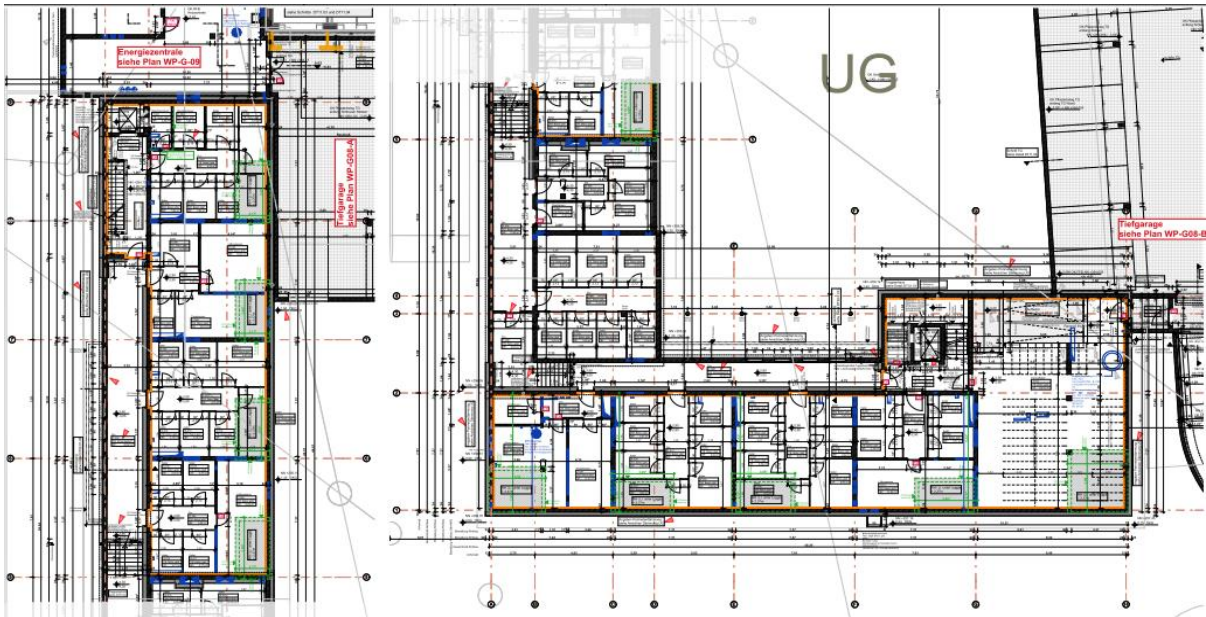
Schnitt Südflügel und Ansicht Westflügel



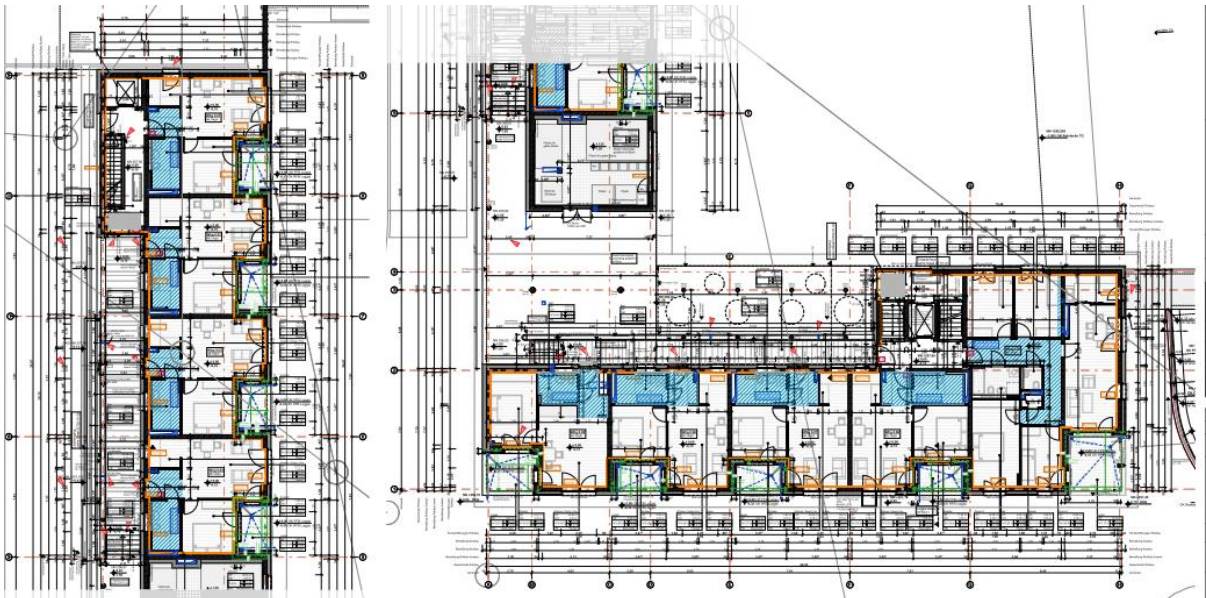
Schnitt/Ansicht durchs Untergeschoss zur Visualisierung der Einbaubereiche der Perimeterdämmung. Die genauen Produkteigenschaften bzgl. Druckfestigkeit und Wärmeleitfähigkeit wurden im Leistungsverzeichnis vorgegeben (hier mit WL 035 lediglich als Platzhalter markiert).

6. Grundrisse

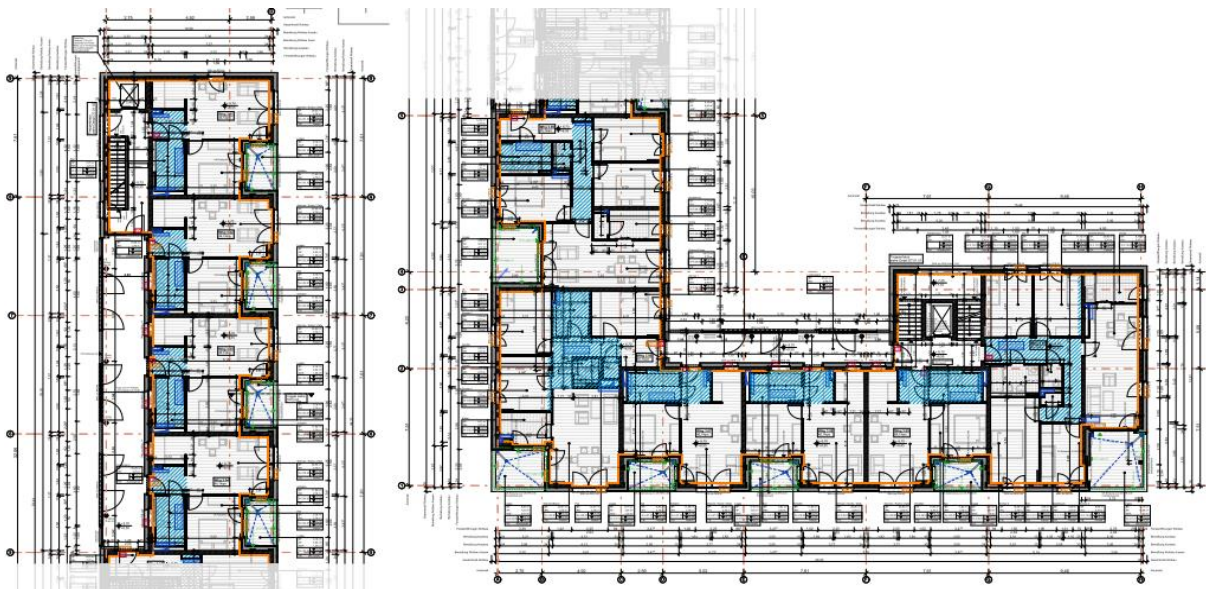
Wie oben bereits erwähnt, dominieren die kleinen Wohnungen in diesem Gebäude, was u.a. dem sozialen Wohnungsbau geschuldet ist. Der Müllraum neben dem Hofdurchgang liegt außerhalb der thermischen Hülle wie auch die Erschließungsgänge und Räume unter dem Hofdurchgang im UG.



Grundriss UG, geteilt in Westflügel (links) und Südflügel (rechts). Luftdichte Hülle orange markiert.



Grundriss EG, geteilt in Westflügel (links) und Südflügel (rechts). Luftdichte Hülle orange markiert.



Grundriss UG, geteilt in Westflügel (links) und Südflügel (rechts). Luftdichte Hülle orange markiert.

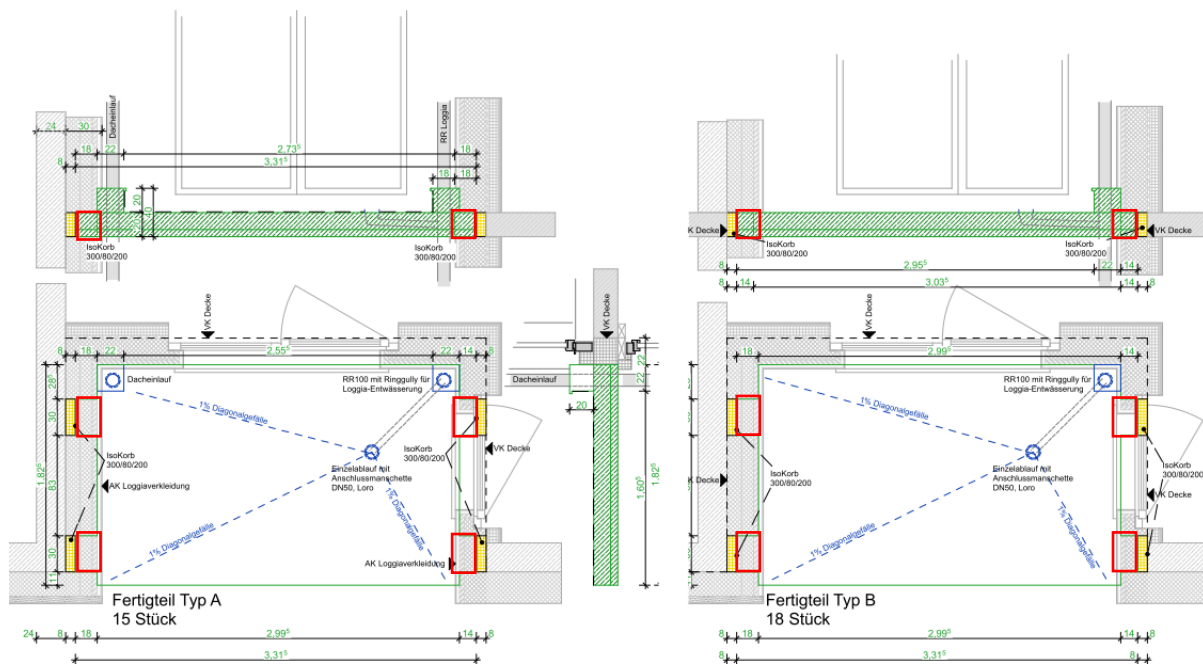
7. Konstruktionsdetails

Es erwies sich als besonders vorteilhaft, dass die Architekten als zertifizierte Passivhausplaner gelistet waren und somit während der Werkplanung und Bauleitung viel Verständnis und Gespür für die Notwendigkeiten von Optimierungen vorhanden war. So wurden gemeinsam verhältnismäßig kostengünstige Lösungen gefunden, die anschließend bei vielen Projekten wiederverwendet oder weiterentwickelt werden konnten.

7.1 Thermische Entkopplung der Loggiaplatten

Loggien bedeuten im Vergleich zu Balkonen zunächst eine Verlängerung der Wärmebrückenlänge, was rein geometrisch bedingt ist. Durch die Vielzahl der Loggien war es bei diesem Projekt besonders wichtig, hier eine möglichst kostengünstige und auf der Baustelle einfach umsetzbare Lösung zu finden. Gemeinsam mit dem Tragwerksplaner wurde ein System entwickelt, bei dem die Loggiaplatten nur noch punktuell aufgelagert werden. Das reduzierte die Länge der Wärmebrücke um ca. 75 %.

Die verbleibenden punktuellen Wärmebrücken wurden mit Isokörben thermisch entkoppelt. Hier stellte sich über Variationsberechnungen der Wärmebrückensimulationen heraus, dass es vorteilhafter ist, statt Schöck XT, also 120 mm dicken Isokörben, die dünneren Modelle mit nur 80 mm Dicke zu verwenden, wenn gleichzeitig mit der Loggia-Stahlbeton-Deckenplatte „Stege“ aus Stahlbeton ausgebildet werden, so dass die umliegende Fassadendämmung „ungestört“ an der Loggia-Platte vorbei gelegt werden kann (s. Abbildungen, dort rot markiert).

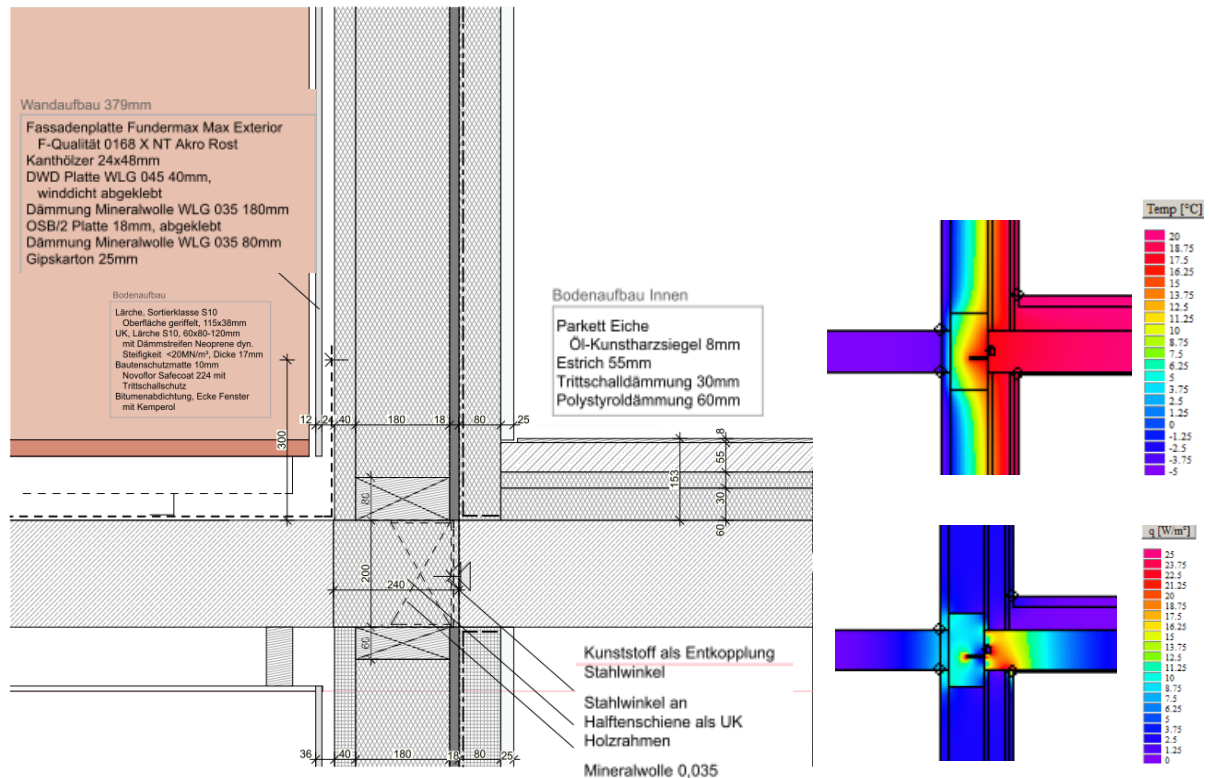


Thermische Entkopplung der Loggiaplatten über wenige punktuelle Isokörbe (jeweils oben Vertikal- und unten Horizontalschnitt). Unten: Foto von einem der beschriebenen Stahlbeton-Isokorb-Stege.



7.2 Wärmebrückenfreie Auflagerung der Holzständerwände im Loggiabereich

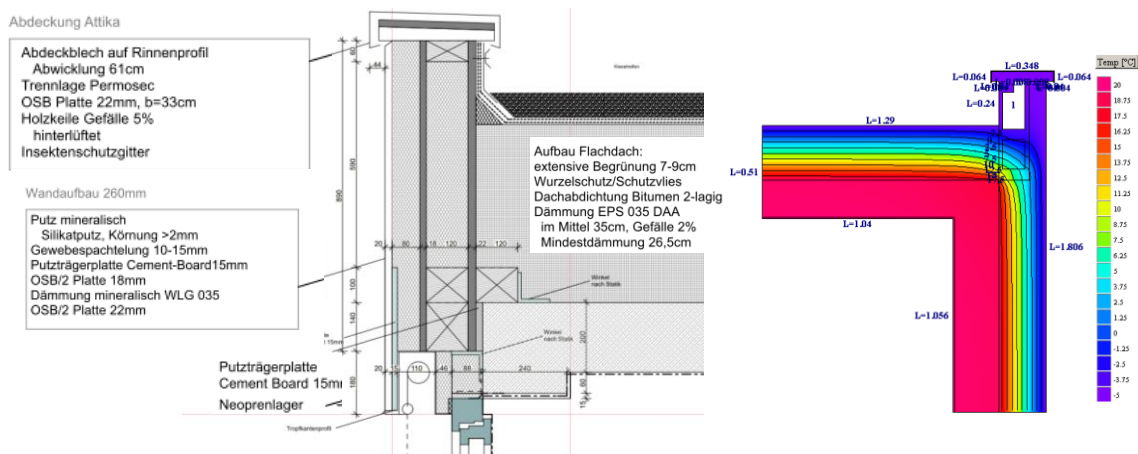
In den Loggien wurden bereichsweise Außenwände in Holzrahmenbauweise gebaut. Damit deren Auflagerung wärmebrückenfrei ausgeführt werden konnte, wurden beim Schalen im Stahlbeton Halfenschienen „versenkt“, an denen später Stahlwinkel als Unterkonstruktion für die Holzrahmen befestigt wurden. Diese konnten wiederum mit der Fassadendämmung überdämmt werden. Hier war die Technik aus 7.1 vorteilhaft, da wegen der ungestörten Fassaden-Dämmstoffdicke ausreichend Tiefe zur Überdämmung übrig blieb.



Vertikalschnitt: Auskragung Loggiaplatte mit ober- und unterseitigen Anschlüssen Holzbauwände.

7.3 Attikaaufkantung in Holzbauweise

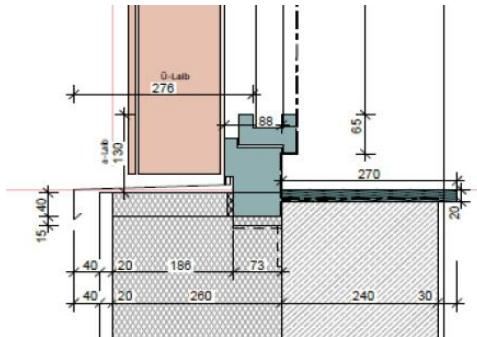
Die Kombination aus einer Attikaaufkantung in Holzbauweise und der für Passivhäuser typischen, dicken Dachdämmung führte zu einer wärmebrückenfreien Konstruktion ($\Psi = -0,025 \text{ W/m}^2\text{K}$). Aufgrund der Länge der Attika war dies für die Senkung des Kennwerts Heizwärme eine sehr wichtige Komponente, die sich auch praktisch gut umsetzen ließ, da wegen der Holzrahmenelemente aus 7.2 ohnehin Zimmerer auf der Baustelle waren, also kein neues Gewerk erforderlich wurde.



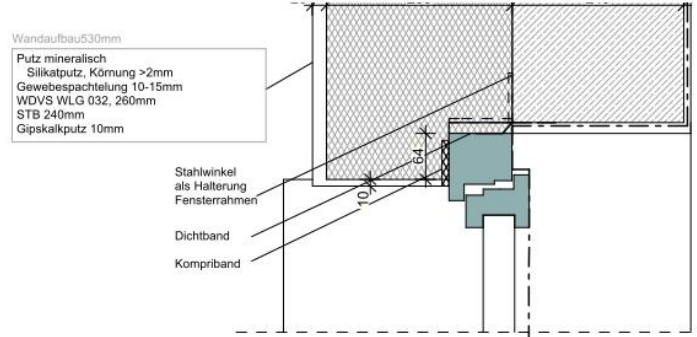
Attikaaufkantung in Holzbauweise mit Fenstersturz.

7.4 Fensteranschlüsse

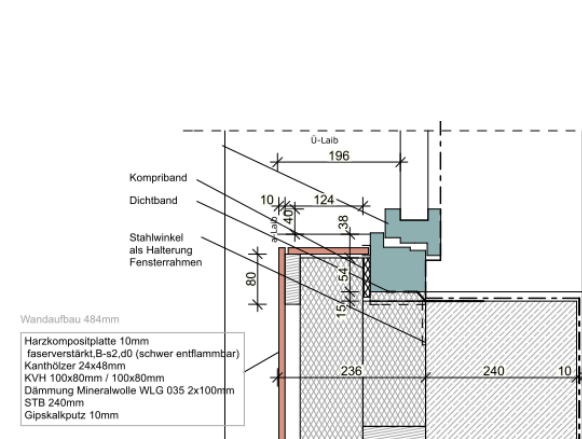
Um tiefe Leibungen zu vermeiden und somit die ohnehin für die solaren Wärmegewinne ungünstige Architektur zu kompensieren, wurden die Fenster vor die Wände montiert, also nicht in die Rohbauöffnungen. Dadurch, dass die Fensterrahmen nun in der Dämmebene eingebaut wurden, konnten die Wärmebrücken mit besonders niedrigen Psi-Werten bilanziert werden.



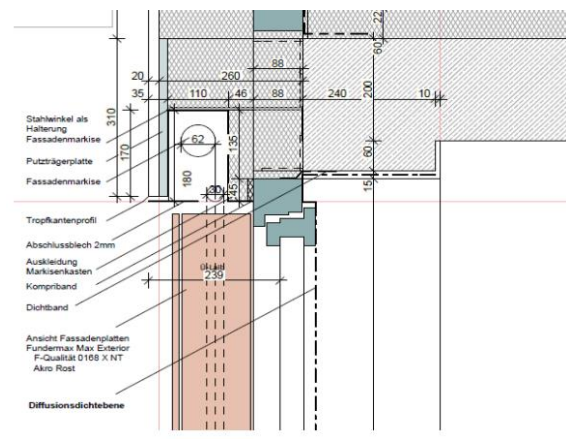
Fensterbrüstung



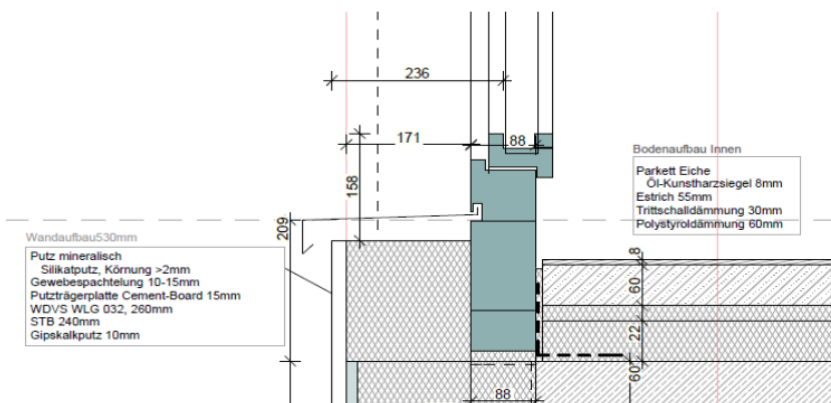
Fensterleibung verputzte Massivwand



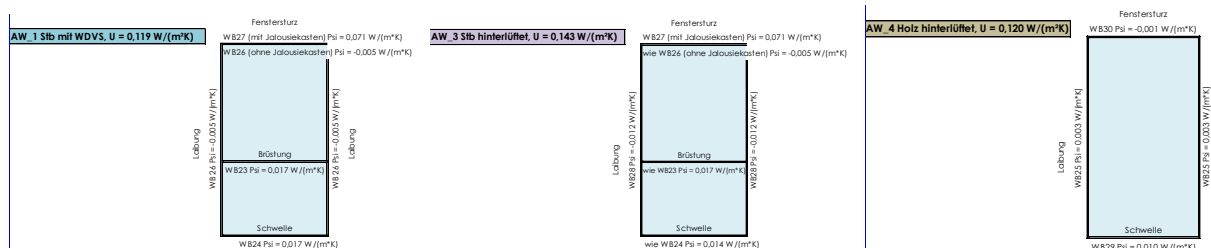
Fensterleibung hinterlüftete Massivwand



Fenstersturz Massivwand

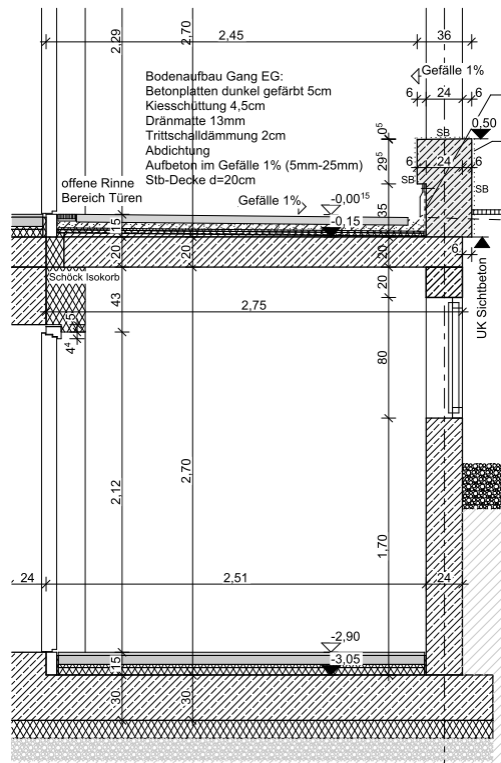


Fenstertürschwelle (Austritt Loggia)



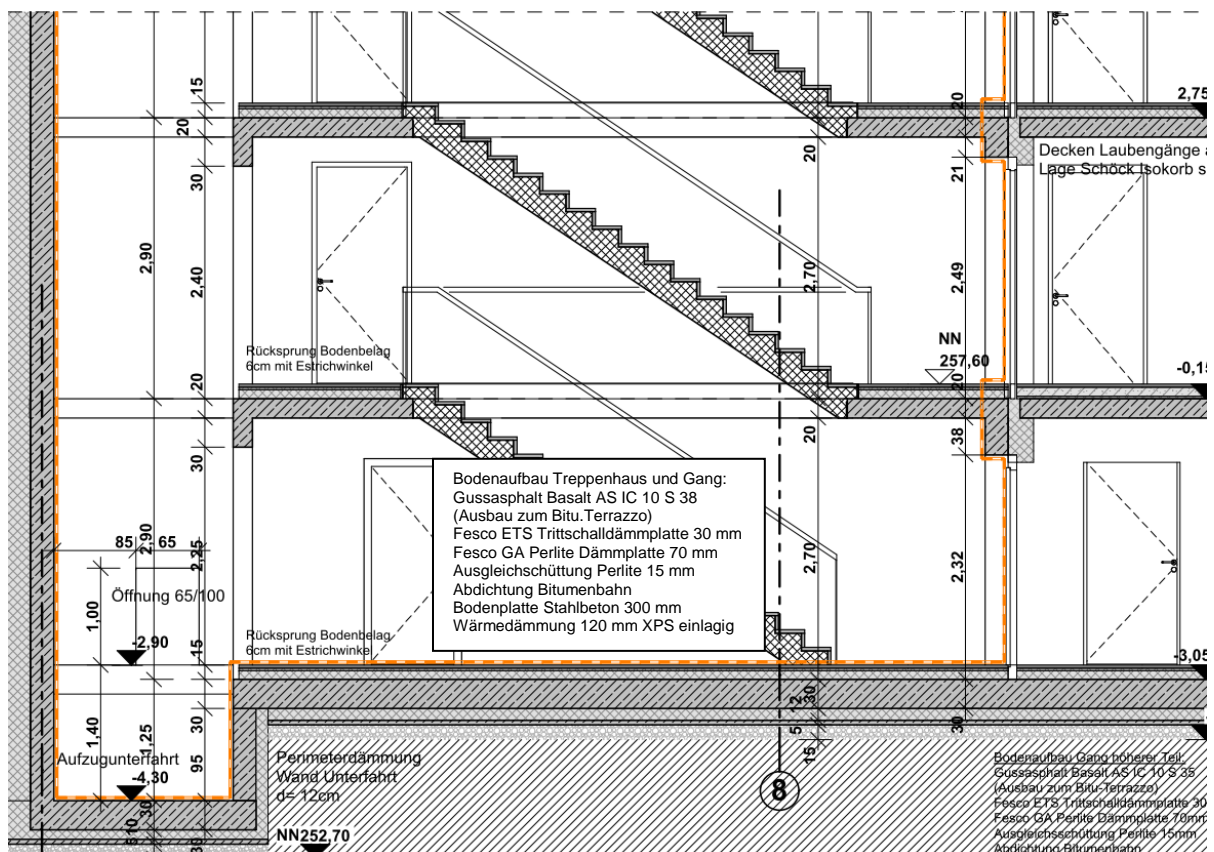
Übersichten über die Psi-Werte für Stahlbetonwände mit WDVS und hinterlüfteter Fassade sowie hinterlüftete Holzwände.

7.5 Thermische Entkopplung der Laubengänge



Vertikalschnitt durch einen Laubengang im UG. Die Decke ist über Isokörbe entkoppelt, die Bodenplatte hat ober- und unterseitig Verzögerungsdämmung.

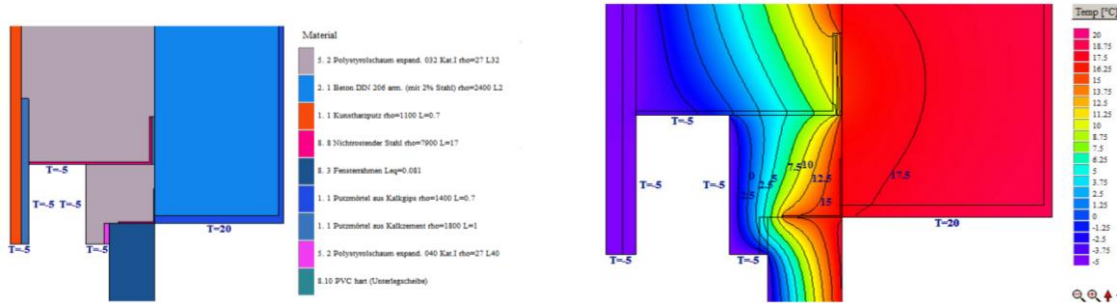
Foto von der thermisch entkoppelten Deckenplatte. Gut zu erkennen ist, dass ergänzend zum 80er Isokorb jeweils noch ein Stahlbeton-„Steg“ Betoniert wurde. Im Bereich der Türschwelle ist der Steg wegen der Auftrittlast breiter.



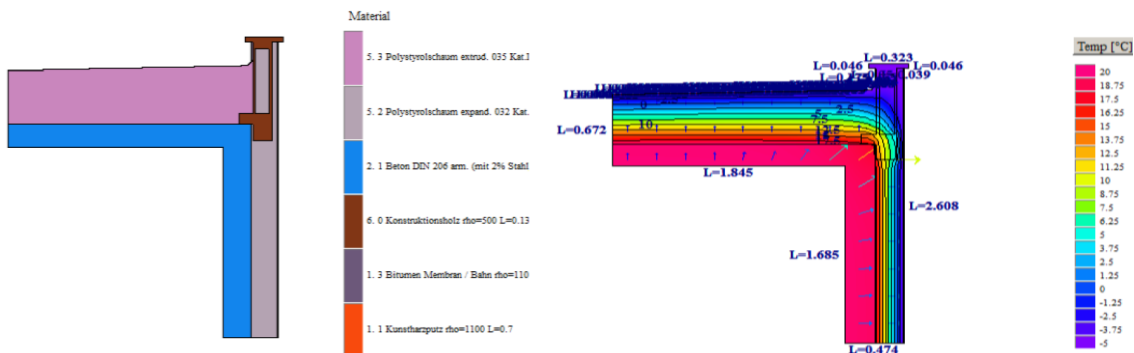
Schnitt durchs Treppenhaus, welches innerhalb der thermischen und luftdichten Gebäudehülle liegt. Die Bodenplatte wurde flächig gegründet und konnte somit wärmebrückenfrei wärmedämmend werden.

8. Wärmebrücken

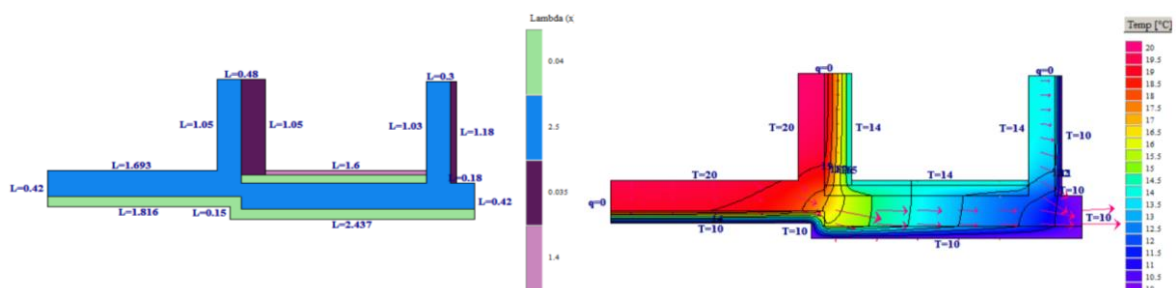
Durch die Plattengründung konnte das Gebäude im Untergeschoss weitestgehend wärmebrückenfrei gebaut werden. Wegen der Menge unterschiedlicher Bauteiltypen (15 Stück) und der damit verbundenen inhomogenen Hüllfläche, insbesondere im Bereich der Loggien und Laubengänge, wurden viele Wärmebrückenberechnungen erforderlich (ca. 40 Stück). Der Einfluss der Wärmebrücken auf die Transmissionswärmeverluste liegt bei ca. 0,04 W/(m²K) inkl. Fenstereinbau-Wärmebrücken. Der spezifische Transmissionswärmeverlustkoeffizient ist 0,27 W/(m²K).



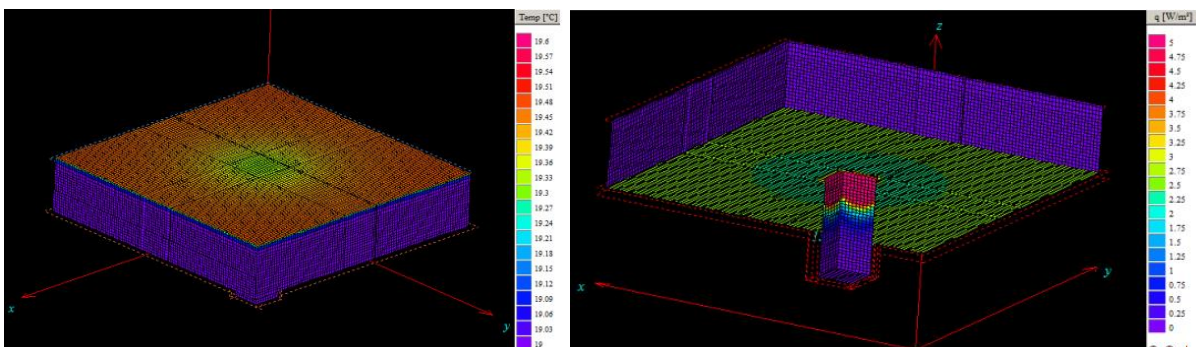
Wärmebrücke im Bereich der Raffstorekästen, hier inkl. Montagewinkel, $\Psi_{\text{gew.}} = 0,289 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$.



Wärmebrücke im Bereich der Attikaaufkantung, hier ohne Montagewinkel, $\Psi_{\text{gew.}} = -0,029 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$.



Wärmebrücke zwischen kalten Erschließungsgängen und „warmen“ Kellern, $\Psi_{\text{gew.}} = 0,051 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$.



3D-Wärmebrücke einer Stütze im Bereich des Durchgangs. Links Visualisierung mit Oberflächentemperaturen (19,0-19,6 °C), rechts mit Wärmeabfluss (0-5 W/m²), $\Psi_{\text{gew.}} = 0,431 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$.

9. Fensterkennwerte

Fensterrahmen

Rehau Geneo PHZ

PVC Rahmenprofile in unterschiedlichen Kombinationen, teils Festverglasung und optimierter Einbau

$U_f =$ im Mittel $0,95 \text{ W/(m}^2\text{K)}$

Verglasungen

unterschiedliche 3-fach Wärmeschutzverglasungen (u.a. VSG/ Schall- und Brandschutzverglasung)

Standardverglasung

Schallschutzverglasung

SGG Climatop Lux

SGG Climatop Planitherm Ultra N

4/16/4/18/4, Argon

6/14/4/12/4, Argon

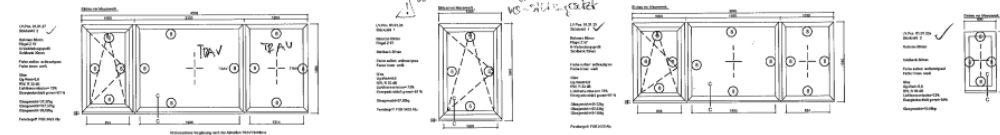
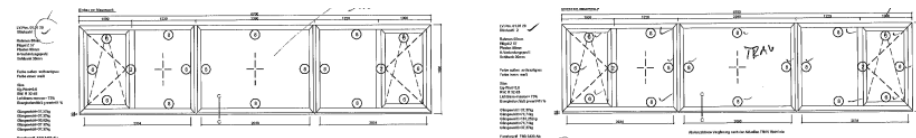
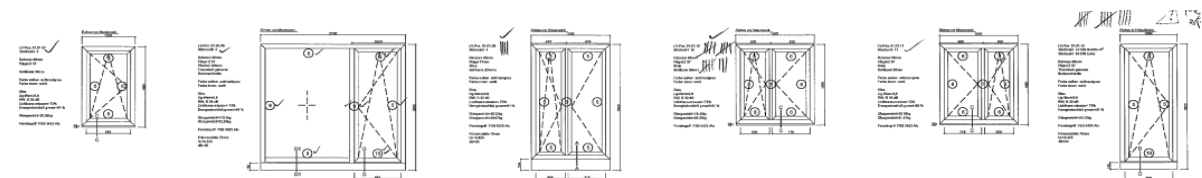
$U_g = 0,62 \text{ W/(m}^2\text{K)}$; $g = 62 \%$

$U_g = 0,68 \text{ W/(m}^2\text{K)}$; $g = 49 \%$

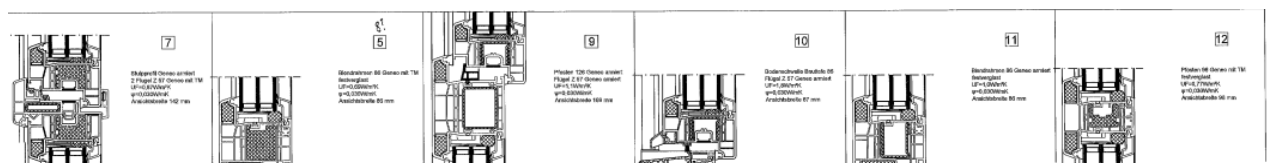
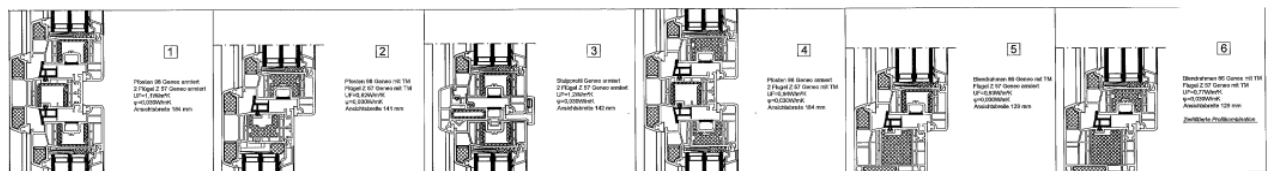
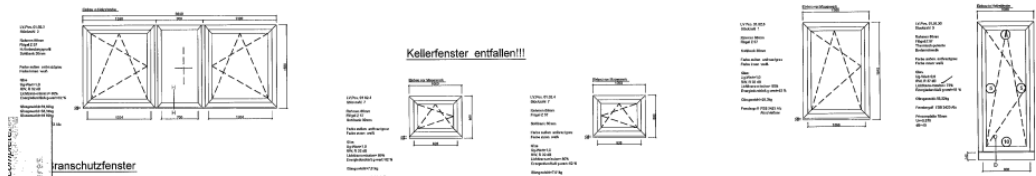
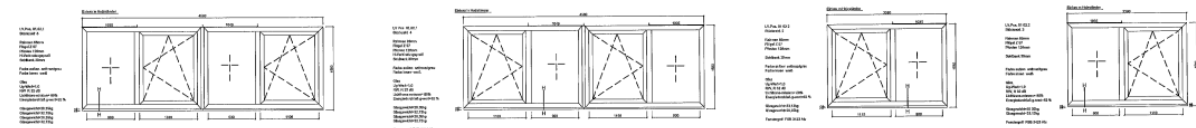
Eingangstüren

Wohnungseingangstüren (Laubengängerschließung)

Variotec, Vario VIP; $U_d = 0,66 \text{ W/(m}^2\text{K)}$

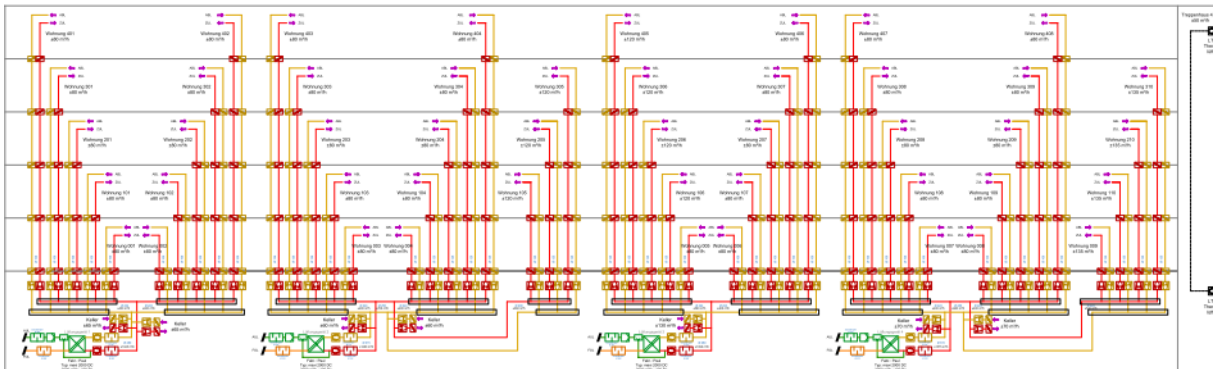


Kaltfassaden-Fenster



Auszug aus der Fensterplanung mit exakter Festlegung der jeweiligen Fensterelementkennwerte wie U_f , U_g , g , Ψ_g und der Schalldämm-Maße. Im Mittel wurde ein $U_w=0,83 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ inkl. Einbauwärmbrücken und thermisch verbesserter Rahmenaufdopplungen im Schwellen und Sturzbereich erzielt.

10. Lüftungs- und Heizungskonzept



Die kontrollierte Wohnraumlüftung erfolgt über vier Lüftungszentralen, die im UG angeordnet sind. Die Treppenhäuser werden separat mit kleinen Geräten versorgt.

Für die Wohnungen, die aufgrund der überwiegend kleinen Grundrisse teilweise mittlere Luftwechselraten über $0,5 \text{ h}^{-1}$ haben, wurden hocheffiziente Lüftungsgeräte des Typs Lüfta RTL Max-B mit 84 % Wärmebereitstellungsgrad und $0,45 \text{ W} \cdot \text{h} / \text{m}^3$ Elektroeffizienz verwendet. Die Treppenhäuser und Kellerräume haben einen Luftwechsel unter $0,1 \text{ h}^{-1}$ und werden mit LTM Thermo-Lüftern versorgt, die einen Wärmebereitstellungsgrad von 73 % haben.



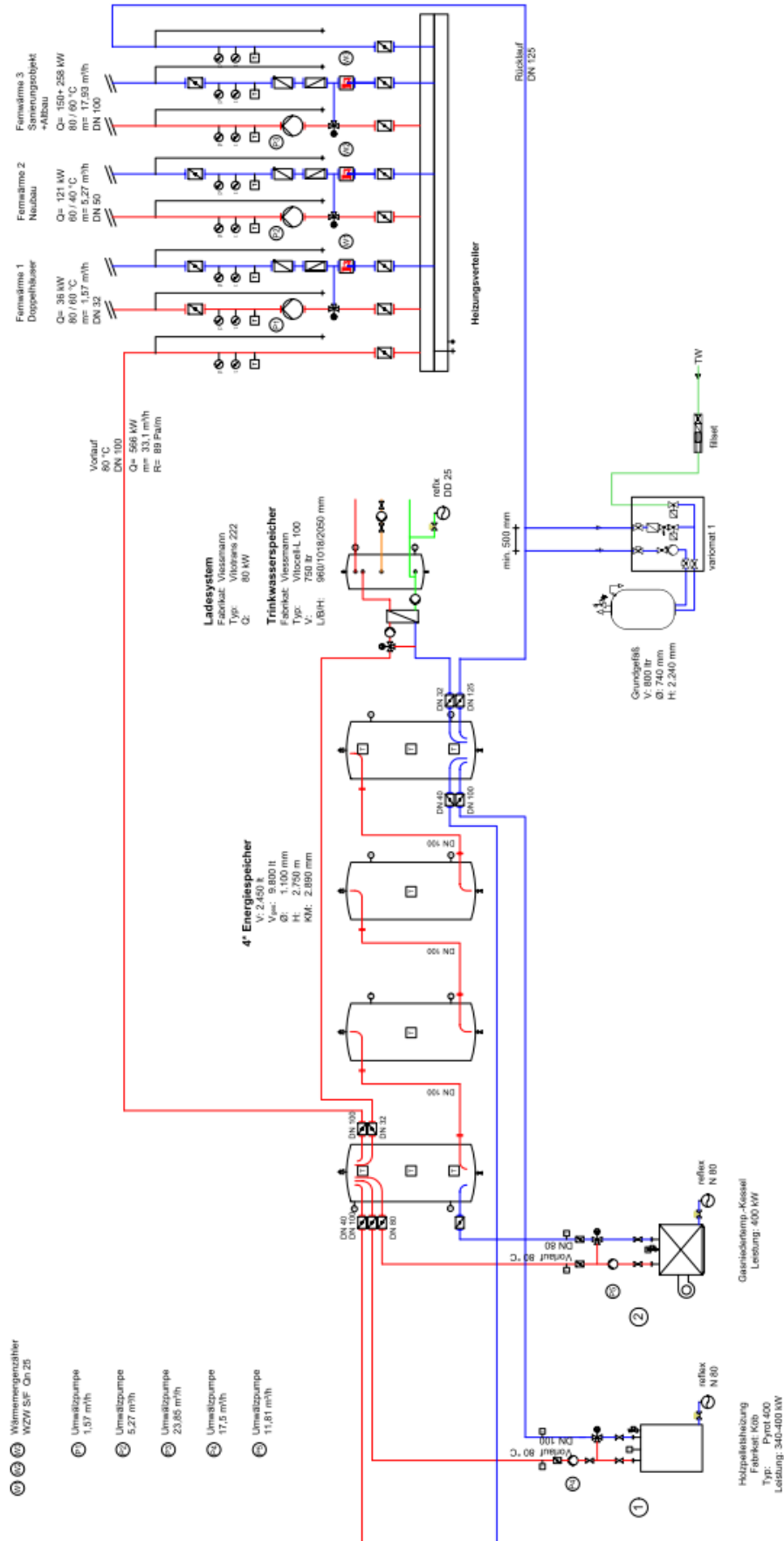
Innerhalb der Wohnungen erfolgte die Erschließung der Räume mit Heizungs- und Lüftungsleitungen über die Bäder/WCs und Flurbereiche. Die Zuluft wird über Weitwurfdüsen in die Aufenthaltsräume geblasen und in den Bädern/WCs abgesaugt.

Der Energiebedarf für Heizung und Warmwasser wird über Fernwärme aus einem Biogas-BHKW mit dem Primärenergiefaktor $f_p = 0,00$ nach AGFW und Solarthermie auf dem Dach gedeckt. In den Aufenthaltsräumen stehen einzelne Heizkörper. Das Warmwasser wird über Zirkulation- und Einzelleitungen verteilt (Schema siehe nächste Seite).

- ① Volumenwärmespeicher NZW SF DN 25
- ② Umwälzpumpe 1,57 m³/h
- ③ Umwälzpumpe 5,27 m³/h
- ④ Umwälzpumpe 23,85 m³/h
- ⑤ Umwälzpumpe 17,2 m³/h
- ⑥ Umwälzpumpe 11,81 m³/h

larmanlage 1
195 m²

Schichtlamoden
Solar
Verstärker
MAG



Vorlauf
80 °C
DN 100
Q= 568 kW
m= 33,1 m³/h
R= 89 Pa/m

Ladesystem
Fabrikat: Viessmann
Typ: Vitotrans 222
Q: 80 kW

Trinkwasserspeicher
Fabrikat: Viessmann
Typ: Vitocell-L 100
V: 750 ltr
L3/H: 960/1016/2050 mm

4* Energiespeicher
V: 2.450 l
V_{gel}: 9.800 l
Ø: 1.100 mm
H: 2.750 m
KM: 2.190 mm

Grundpfel
V: 800 ltr
Ø: 740 mm
H: 2.240 mm

Gasheizkessel
Fabrikat: Korb
Typ: Pyrot 400
Leistung: 400 kW

Holzpelletheizung
Fabrikat: Korb
Typ: Pyrot 400
Leistung: 340-400 kW

11. Qualitätssicherung auf der Baustelle



Mittels baubegleitender Qualitätssicherung wurden u.a. die Wärmedämmung der Aufzugunterfahrt und Kelleraußenwände hinsichtlich Dämmstoff- und Ausführungsqualität überprüft.



Baubegleitend wurden stichprobenhafte Blower-Door-Tests durchgeführt.



In den Loggien wird die Fassadendämmung „ungestört“ um die Stahlbeton-Stege montiert.



Inbesondere die Holzbauelemente im Bereich der Loggien wurden auf Luftdichtheit geprüft.



Die anderen Bereiche waren wegen der Stahlbeton-Konstruktion relativ einfach luftdicht herstellbar.

12. Gebäude-Kennwerte

Geschosswohnungsbau in überwiegend massiver Bauweise. 47 barrierefreie Wohnungen, darunter 36 Zweizimmerwohnungen, 43 Tiefgaragenstellplätze und 18 offene Stellplätze. Ein Teil der Stellplätze ist für das Nachbargebäude vorgesehen.

Baujahr:	2012
Anzahl Wohneinheiten:	47
Projektierte Personenzahl:	115
Energiebezugsfläche _{PHPP} :	3.056,7 m ²
Umbautes Volumen V _e :	13.530 m ³
Hüllfläche:	5.861 m ²
A/V:	0,43
Drucktestergebnis:	wegen Laubengangerschließung viele Teilmessungen; volumengewichtetes Endergebnis 0,27 h ⁻¹
Heizwärmebedarf _{PHPP} :	15 kWh/(m ² a)
Heizlast _{PHPP} :	11 W/m ²
Primärenergiebedarf _{PHPP} :	106 kWh/(m ² a)
Baukosten Kostengruppe 300 bis 400:	1.800 €/m ² Energiebezugsfläche nach PHPP
Baukosten Kostengruppe 200 bis 700:	2.322 €/m ² Energiebezugsfläche nach PHPP

13. Monitoring

Für Frühjahr 2015 ist nach dann drei Heizperioden im Gebäudebetrieb im Zusammenhang mit allen anderen Neubauten der Freiburger Stadtbau eine Auswertung der Energieverbrauchswerte für Heizung, Trinkwarmwasser und Ventilatorenergie geplant, die von Herrn Krauthausen geleitet werden soll. Bisher wurden lediglich überschlägig Verbrauchswerte mit den berechneten Werten abgeglichen.



14. Quellen

Alle architektonischen Zeichnungen: Melder & Binkert Generalplaner BDA

Alle Haustechnikpläne und -schemata: solares bauen GmbH

Alle Statikpläne: Mohnke Höss Bauingenieure