

# Neubau von Mehrfamilienhäusern in unterschiedlichen Holzkonstruktionen und ganzheitlichem Energiekonzept

Abschlussbericht, gefördert unter dem

**AZ: 34282/01-25**

von der Deutschen Bundesstiftung Umwelt

Bewilligungsempfänger:

Evangelische Stiftung Pflege Schönau

Herr Strugalla

Zähringerstr. 18

69115 Heidelberg



Verfasser:

Evangelische Stiftung Pflege Schönau (Bauherr)

Transsolar Energietechnik GmbH (Energiekonzeption)

TRANSPLAN Technik-Bauplanung GmbH (HLSE Planung)

Element A Architekten (Projektsteuerung)

Partner und Partner Architekten (Architekt)

Beyer Weitbrecht Stotz + Partner (Architekt)

Hermann Kaufmann + Partner ZT GmbH (Architekt)

roedig . schop architekten (Architekt)

merz kley partner GmbH (Tragwerk)

CAPE Architekten und Beratende Ingenieure PartGmbB (Bauphysik)

Stuttgart, den 4. März 2021

\*Die in diesem Bericht gewählte männliche Form bezieht sich immer zugleich auf weibliche und männliche Personen.



# 1 Projektkennblatt

der

## Deutschen Bundesstiftung Umwelt

Az	<b>34282/01-25</b>	Referat	Fördersumme
<b>Antragstitel</b>	<b>Neubau von Mehrfamilienhäusern in unterschiedlichen Holzkonstruktionen und ganzheitlichem Energiekonzept</b>		
<b>Stichworte</b>	Holzbau, nachhaltiges Energiekonzept,		
Laufzeit	Projektbeginn	Projektende	Projektphase(n)
Zwischenberichte	keine		
<b>Bewilligungsempfänger</b>	Evangelische Stiftung Pflege Schönau Zähringerstr. 18 69115 Heidelberg	Tel	06221-9109-0
		Fax	06221-9109-60
		Projektleitung	Herr Strugalla
		Bearbeiter	Herr Schade
<b>Kooperationspartner</b>	Transsolar Energietechnik GmbH Partner und Partner Architekten (Architekt) Beyer Weitbrecht Stotz + Partner (Architekt) Hermann Kaufmann + Partner ZT GmbH (Architekt) roedig. schop architekten (Architekt)		

### ***Zielsetzung und Anlass des Vorhabens***

Die Evangelische Stiftung Pflege Schönau hat sich als Stiftung der Evangelischen Landeskirche in Baden zum Ziel gesetzt, bezahlbaren Wohnraum mit hoher Wohnqualität und nachhaltiger, ökologischer Gebäudetechnik umzusetzen. Ziel ist Wohngebäude in Holzbauweise zu errichten, ein Rohstoff aus den eigenen Forstbetrieben, der die Möglichkeit bietet, ökologisch wertiges Bauen mit hoher Wohnbehaglichkeit zu verbinden.

Im vorliegenden Projekt sollte durch die Auswahl unterschiedlicher Holzbautechniken Erfahrung im Holzbau gesammelt und die verschiedenen Konstruktionsarten projektbegleitend hinsichtlich Nachhaltigkeit, technischer Umsetzbarkeit und Wohnbehaglichkeit verglichen werden.

Passend zur Nachhaltigkeit der Baukonstruktion sollte versucht werden, auch bei der Gebäudetechnik auf nachhaltige Systeme mit erneuerbaren Energien zu setzen.

### ***Darstellung der Arbeitsschritte und der angewandten Methoden***

Zur Ideenfindung wurde im Jahr 2017 ein Workshop abgehalten, zu dem neben vier namhaften Architekturbüros mit langer Holzbauerfahrung das Planungsbüro Transsolar für die Konzeption einer nachhaltigen Gebäudetechnik eingeladen waren.

In diesem Workshop wurden unterschiedliche Konzepte für den Holzbau sowie für die Gebäudetechnik untersucht. Jedes Büro hat das eigene Konzept hinsichtlich Nachhaltigkeit bewertet. Dabei wurde Wert darauf gelegt, dass die individuellen Schwerpunkte der Planer in den vier Gebäuden herausgearbeitet wurden, um im weiteren Projektverlauf Erfahrungswerte aus unterschiedlichen Schwerpunktsetzungen zu erhalten.

Parallel zu den Konzepten für den Holzbau wurden verschiedene Konzepte für die Anlagentechnik simuliert, um die Möglichkeiten der Wärmeerzeugung für Heizung und Brauchwasser bezüglich CO<sub>2</sub>-Ausstoß und Primärenergiebedarf zu bewerten.

Im zweiten Schritt wurden die entstandenen Konzepte hinsichtlich baurechtlicher und wirtschaftlicher Aspekte beleuchtet. Bereits in der frühen Projektphase fanden Vorstellungen des Projekts im Gemeinderat und technischen Ausschuss der Gemeinde Brühl statt, um eine frühe Akzeptanz des Bauvorhabens sicher zu stellen.

In einer dritten Phase wurden weitere Fachplaner hinzugezogen, um die gefundenen Ansätze hinsichtlich bauphysikalischer und statischer Fragestellungen zu optimieren. Ebenso wurde Kontakt zu Holzbaufirmen aufgenommen, um die gewählten Konstruktionen frühzeitig in ihrer Umsetzbarkeit zu prüfen und holzbauspezifische Gesichtspunkte richtig bewerten zu können.

In jeder Phase musste die Wirtschaftlichkeit der gefundenen Lösungen hinterfragt werden, um die tatsächliche Umsetzung nicht zu gefährden.

## ***Ergebnisse und Diskussion***

Im Projektverlauf kristallisierten sich folgende Schwerpunkte für die weitere Diskussion heraus:

### 1. Holzbau im Miet-Wohnungsbau

Der Holzbau bietet für die Wohnbehaglichkeit zunächst erhebliche Vorteile für den Wohnungsbau. Bei der Ausarbeitung ergeben sich im Detail allerdings konstruktionsbedingt spezifische Herausforderungen.

So ist im Holzbau insbesondere der einzuhaltende Schallschutz zu beachten. Dort wo massive Baustoffe allein durch ihr Eigengewicht den geforderten Schallschutz leicht erreichen, muss im Holzbau jede Konstruktion individuell geprüft und optimiert werden. Bereits in der Vorentwurfsphase ist mit einem hohen Detaillierungsgrad zu arbeiten. Für eine optimierte Planung sind die gewählten Holzbausysteme früh festzulegen, sodass eine marktoffene Planung mit dem gewünschten Wettbewerb schwierig durchzuführen ist.

### 2. Vermeidung "Grauer Energien"

Die Entscheidung, Wohngebäude in Holzbauweise zu errichten, hat zum Ziel, auf ökologische Baustoffe zu setzen und die Verwendung "grauer Energie" bei der Wahl der Baustoffe zu minimieren. Für die Wohngeschosse bieten sich dabei viele gute Möglichkeiten.

Viel schwieriger war es, passende Konzepte für den ruhenden Verkehr zu finden, um den Bau einer Tiefgarage zu vermeiden und damit das ökologische Konzept zu konterkarieren. Ein Gegenkonzept mit innovativen Mobilitätskonzepten war politisch nicht durchsetzbar.

### 3. Erneuerbare Energien für die Wärmeversorgung

Neben dem Holzbau sollte in diesem Projekt auch die Wärmeversorgung nachhaltigen Konzepten folgen.

Da neben dem Primärenergiebedarf auch der CO<sub>2</sub>-Ausstoß bewertet wurde, fiel die Entscheidung auf die Ausführung einer Geothermie-Anlage für die Wärmeversorgung.

Die Investitionskosten hierfür sind für den Bauherren allerdings erheblich und können im Mietwohnungsbau nicht über den niedrigeren Energieverbrauch im Betrieb refinanziert werden.

Das Konzept konnte letztlich nur umgesetzt werden, indem Investition und Betrieb der Anlage an einen Contractor untervergeben wurde.

### 4. Photovoltaik-Anlage

Bei Neubau von Wohngebäuden bietet sich die Ausführung einer Photovoltaik-Anlage an. Der gewonnene Strom kann für den Betrieb der Wärmepumpen verwendet werden, schwieriger ist die Verwendung des Stroms als Nutzerstrom für die Bewohner. Hier ergeben sich rechtliche Schwierigkeiten, da der Mieter prinzipiell frei in der Wahl seines Stromanbieters ist und nicht jeder Vermieter die rechtlichen Voraussetzungen besitzt, Mieterstrommodelle zu betreiben. Auf dieser Grundlage sind die Investitionen für die PV-Anlage nicht wirtschaftlich finanzierbar.

Zur Umsetzung wurde auch bei diesem Thema der Umweg über einen Contractor gewählt, der als Stromanbieter Mieterstrommodelle problemlos umsetzen kann.

### 5. Wirtschaftliche Umsetzung

Die Konzepte für den Holzbau und die nachhaltige Energieversorgung mussten in allen Zwischenständen wirtschaftlich nachjustiert werden.

Die Lage des Grundstücks und das Selbstverständnis des Bauherren erlauben keine allzu hohen Wohnungsmieten, sodass bei jedem Planungsschritt die Gesamtkosten im Blick gehalten werden mussten.

In der Summe sind die Baukosten im Holzbau noch höher als in vergleichbaren konventionellen Bauweisen, auch die nachhaltige Gebäudetechnik zieht höhere Investitionskosten nach sich.

### **Öffentlichkeitsarbeit und Präsentation**

Die Evangelische Stiftung Pflege Schönau als Bauherr hat zu jedem Zeitpunkt Wert darauf gelegt, dass die Projektstände in entsprechenden Präsentationen bei der örtlichen Gemeindeverwaltung und dem Gemeinderat vorgestellt werden, um eine hohe Akzeptanz des Projektes zu erzielen.

Zudem wurden Zwischenberichte der lokalen Presse zur Verfügung gestellt, die immer wieder zu positiven Resonanzen geführt haben.

### **Fazit**

Zusammenfassend kann festgestellt werden, dass es mit zielgerichteter Planung durchaus möglich ist, Geschosswohnungsbau für Mietwohnungen in nachhaltiger Holzbauweise wirtschaftlich zu errichten. Für weitere Projekte wäre eine Weiterentwicklung zu marktoffener Planung wünschenswert, um die Baukosten zu senken.

Bei der nachhaltigen Gebäudetechnik fehlen zum Teil rechtliche Rahmenbedingungen, um die höheren Investitionskosten sinnvoll refinanzieren zu können. Es bleibt sonst zu befürchten, dass ähnliche Konzepte experimentellen Projekten vorbehalten bleiben und nicht in der Breite des Bauens ankommen werden.

## Inhaltsverzeichnis

1	Projektkennblatt.....	2
2	Zusammenfassung .....	13
3	Ausgangslage.....	14
4	Ziele der Untersuchung .....	17
4.1	Architektonische Qualität.....	18
4.2	Gesellschaftliche Ziele.....	18
4.3	Ökologische Ziele/.....	19
4.4	Energetische Ziele.....	19
4.5	Ökonomische Ziel:.....	20
5	Vorgehen und Verfahren .....	21
5.1	Phase 1: Workshop und Vorentwurf.....	21
5.2	Phase 2: Entwurfsplanung + Vorgriff auf die Werkplanung.....	23
5.3	Weiteres Vorgehen.....	29
6	Baukörper .....	33
6.1	Partner und Partner Architekten .....	33
6.1.1	Architektonisches Konzept .....	33
6.1.2	Ökologisches Konzept.....	36
6.1.3	Planerische Umsetzung.....	38
6.1.4	Resüme und Bewertung der Ergebnisse.....	39
6.2	BEYER WEITBRECHT STORZ + PARTNER .....	42
6.2.1	Architektonisches Konzept .....	42
6.2.2	Ökologisches Konzept -HOLZBAU.....	44
6.2.3	Planerische Umsetzung.....	45
6.2.4	Resüme und Bewertung der Ergebnisse.....	50
6.3	Hermann Kaufmann + Partner ZT GmbH.....	51
6.3.1	Architektonisches Konzept .....	51
6.3.2	Ökologisches Konzept -HOLZBAU.....	52
6.3.3	Planerische Umsetzung.....	54

	Brettstapeldecken statt Brettsperrholzplatten .....	56
	Entwicklung und Optimierung der Holzkonstruktion und des Tragwerks .....	58
6.3.4	Resümee und Bewertung der Ergebnisse .....	62
6.4	Roedig . Schop Architekten .....	63
6.4.1	Architektonisches Konzept / Raumkonzept .....	63
6.4.2	Ökologisches Konzept -HOLZBAU.....	65
6.4.3	Planerische Umsetzung.....	66
6.4.4	Resümee und Bewertung der Ergebnisse .....	71
7	Bauphysik .....	73
7.1	Thermische Bauphysik .....	73
7.2	Schallschutz .....	74
8	Thermische Simulationen & Energiekonzept.....	77
8.1	Klimaanalyse Standort Brühl (BW).....	77
8.2	Definition Komfortbereich .....	81
8.3	Allgemeine Randbedinugen .....	82
8.4	Thermische Simulation Partner & Partner .....	83
8.4.1	Simulation Fassade .....	83
8.4.2	Empfehlung Fassade.....	86
8.4.3	Simulation Raum Süd-Ost.....	87
8.5	Thermische Simulation Beyer Weitbrecht Storz + Partner .....	90
8.6	Thermische Simulation Hermann Kaufmann + Partner ZT GmbH.....	92
8.7	Thermische Simulation roedig.schop Architekten .....	94
8.8	Variantevergleich.....	96
8.9	Fazit Wohnungen .....	97
9	Untersuchung und Optimierung Tageslicht und Sonnenschutz .....	98
9.1	Randbedingungen Tageslichtbetrachtung in Wohnräumen .....	98
9.2	Maßnahmen Tageslicht und Lage Sonnenschutz .....	99
9.3	Tageslichtbetrachtung Partner & Partner .....	99
9.4	Tageslichtbetrachtung Beyer Weitbrecht Storz + Partner .....	100

9.5	Tageslichtbetrachtung Hermann Kaufmann + Partner ZT GmbH .....	100
9.6	Tageslichtbetrachtung roedig.schop Architekten.....	101
10	PV- Potential Dach .....	102
11	Die Wahl des Heizsystems.....	105
11.1	Randbedingungen .....	105
11.2	Primärenergiebedarf.....	106
12	Geothermie.....	107
13	Zentrale und dezentrale Energiesysteme.....	110
13.1	Unterschied zwischen dezentraler und zentraler Wärmeversorgung .....	110
13.2	Unterschied zwischen dezentraler und zentraler TWW-Versorgung.....	111
13.3	Vor- und Nachteile von dezentralen und zentralen Systemen .....	111
14	Variantenuntersuchung verschiedener Energiesysteme .....	112
14.1	Randbedingungen .....	112
14.2	Vergleich der unterschiedlichen Varianten.....	114
14.3	Bewertung und Fazit zur Wahl des Versorgungskonzepts.....	115
14.4	Fazit Versorgungsvarianten.....	116
14.5	Technik.....	117
15	Fazit.....	118



## Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Infrastruktur_ Daten aus dem LUBW .....	16
Abbildung 2: Luftaufnahme Planungsgebiet.....	16
Abbildung 3: Konzept Wohnungsmix und Bauvolumen .....	33
Abbildung 4: Grundriss Regelgeschoss Grundriss Regelgeschoss + Ansicht Ost, von Albert-Einstein-Straße.....	34
Abbildung 5: Energiekonzept Raum und Fassade .....	35
Abbildung 6: Übersichtsplan Holzkonstruktion .....	36
Abbildung 7: Energiekonzept Raum und Fassade (ursprünglich) vgl. s. Abb.4 .....	40
Abbildung 8: Bodenaufbau mit Trockenestrich.....	41
Abbildung 9: Bodenaufbau mit Nassestrich .....	41
Abbildung 10: Grundriss Regelgeschoss .....	42
Abbildung 11: Ansicht Nord.....	43
Abbildung 12: Ansicht Süd .....	43
Abbildung 13: Außenwandaufbau .....	46
Abbildung 14: Außenwandaufbau und Sockel gegen Erdreich .....	47
Abbildung 15: Fenstereinbau .....	48
Abbildung 16: Deckenaufbau Holzbalkendecke mit entkoppelter unteren Balkenlage .....	48
Abbildung 17: Grundriss EG.....	51
Abbildung 18: Ansicht Ost Zugang von Albert-Einstein-Straße, Ansicht Nord Doppelparker	51
Abbildung 19: NUR-HOLZ rustikal mit verkreuzten Balkenlagen; hier: Nadelholz 6 cm, 3-lagig (links) NUR-HOLZ Buchenschraube (rechts) .....	55
Abbildung 20: Produktion der verschraubten NUR-HOLZ Elemente .....	55
Abbildung 21: Verbindung der Buchenschraube mit den Brettlagen.....	56
Abbildung 22: Brettstapeldecke: Verbindung der Bretter mit Vollgewindeschrauben aus Hartholz .....	57
Abbildung 23: Brettsperrholzdecke: mit Nut- und Feder, Verbindung mit Vollgewindeschrauben aus Hartholz .....	57
Abbildung 24: Konstruktionsaufbauten Zwischendecke und Außenwand.....	57
Abbildung 25: Statikplan Erdgeschoss.....	58
Abbildung 26: Statikplan Regelschnitt durch Wohnungstrennwand.....	58
Abbildung 27: Isometrie Geschossübergang mit Überzug .....	59
Abbildung 28: Querschnitt mit Doppelparker.....	60
Abbildung 29: Längsschnitt durch das Treppenhaus .....	61
Abbildung 30: Detail Überzug Vordach .....	61
Abbildung 31: Ansicht von der Albert-Einstein-Straße .....	63

Abbildung 32: Flexibilitätskonzept: Flex-Raum und Schaltwohnungen .....	64
Abbildung 33: Spielparkhof .....	64
Abbildung 34: Schnitt durch Treppenhaus .....	66
Abbildung 35: Fassadenschnitt durch Decke, Außenwand, Unterzug und Stütze .....	66
Abbildung 36: Tragwerksplan EG.....	67
Abbildung 37:Tragwerksplan 1.OG .....	67
Abbildung 38: Holzbalkendecke .....	68
Abbildung 39: Brettsperrholzdecke .....	68
Abbildung 40: Außenwandaufbau (links) Grundriss 1.OG Achsenraster (rechts) .....	69
Abbildung 41: Ansicht SÜD Doppelparker (links) KLAUS Multibase 2078i Doppelparkersystem (rechts) .....	70
Abbildung 42 Grafik Holzkreislauf .....	71
Abbildung 43: Gewählter 1 km <sup>2</sup> - Sektor für die Simulation.....	77
Abbildung 44: Testreferenzjahr Brühl, typisches Wetter, Jahrestemperaturverlauf .....	78
Abbildung 45: Verteilung der Außenlufttemperatur I TRY2015 .....	78
Abbildung 46: Psychrometrisches Diagramm I TRY2015 .....	79
Abbildung 47: Verlauf der Außenlufttemperatur I TRY2045.....	79
Abbildung 48: Verteilung der Außenlufttemperatur I TRY2045 .....	80
Abbildung 49: Psychrometrisches Diagramm I TRY2045 .....	80
Abbildung 50: Komfortband Sommer/Winter.....	81
Abbildung 51: Allgemeines Lastenprofil der untersuchte Variante .....	82
Abbildung 52: Detail Fassadenaufbau .....	83
Abbildung 53: V1 _Temperatur im Fassadenzwischenraum im Vergleich zur Außentemperatur; Temperatur und statistische Auswertung .....	84
Abbildung 54: V2 _Temperatur im Fassadenzwischenraum im Vergleich zur Außentemperatur; Temperatur und statistische Auswertung .....	84
Abbildung 55: V3 _Temperatur im Fassadenzwischenraum im Vergleich zur Außentemperatur; Temperatur und statistische Auswertung .....	85
Abbildung 56:V4 _Temperatur im Fassadenzwischenraum im Vergleich zur Außentemperatur; Temperatur und statistische Auswertung .....	85
Abbildung 57: V5 _Temperatur im Fassadenzwischenraum im Vergleich zur Außentemperatur; Temperatur und statistische Auswertung .....	86
Abbildung 58: Simulierter Raum.....	87
Abbildung 59: Empfundene Raumtemperatur über Außentemperatur während der Nutzungszeit_ Süd Ost Raum ohne Kollektorfassade .....	88
Abbildung 60: Empfundene Raumtemperatur über Außentemperatur während der Nutzungszeit_ Süd Ost Raum mit Kollektorfassade.....	88

Abbildung 61: Verortung des simulierten Raums im Regelgrundriss _Wohnzimmer SW .....	90
Abbildung 62: Empfundene Raumtemperatur über Außentemperatur während der Nutzungszeit_Wohnzimmer .....	91
Abbildung 63: Verortung des simulierten Raums im Regelgrundriss _Wohnzimmer SW .....	92
Abbildung 64: Empfundene Raumtemperatur über Außentemperatur während der Nutzungszeit_Wohnzimmer .....	93
Abbildung 65: Verortung des simulierten Raums im Regelgrundriss _Wohnzimmer SW .....	94
Abbildung 66: Empfundene Raumtemp. über Außentemperatur während der Nutzungszeit_Wohn/Esszimmer RS Wandaufbau: 4 cm Holz + 15 cm Dämmung – $U=0.239$ $W/m^2K$ .....	95
Abbildung 67: Empfundene Raumtemp. über Außentemperatur während der Nutzungszeit_Wohn/Esszimmer RS Wandaufbau: 20 cm Holz + 10 cm Dämmung – $U=0.238$ $W/m^2K$ .....	95
Abbildung 68: Variantenvergleich der Gebäude von Roedig Schop Architekten; Hermann Kaufmann Architekten und Beyer Weitbrecht Stotz Architekten .....	96
Abbildung 69: Variantenvergleich.....	97
Abbildung 70: Anforderungen Tageslichtkoeffizient .....	98
Abbildung 71: Bildhafte Auswertung des Tageslichtquotienten (in %) am Grundriss Partner und Partner Architekten.....	99
Abbildung 72: Abbildung 1: Bildhafte Darstellung des Tageslichtquotienten (in %) am Grundriss von Beyer Weitbrecht Storz + Partner .....	100
Abbildung 73: Bildhafte Darstellung des Tageslichtquotienten (in %) am Grundriss von Hermann Kaufmann + Partner ZT GmbH.....	100
Abbildung 74: Bildhafte Darstellung des Tageslichtquotienten (in %) am Grundriss von roedig.schop Architekten .....	101
Abbildung 75: Mittlere Außentemperatur und solare Einstrahlung übers Jahr   Datengrundlage: TRY2015 .....	102
Abbildung 76: Einstrahlung in Abhängigkeit der Flächenneigung   Datengrundlage: TRY2015 .....	102
Abbildung 77: Belegungsplan PV-Module Gebäude Partner und Partner (links) und BEYER WEITBRECHT STOTZ Architekten (rechts).....	103
Abbildung 78: Belegungsplan PV-Module Gebäude Hermann Kaufmann Architekten (links) und roedig.schop architekten(rechts).....	104
Abbildung 79: Überschlägige Berechnung des solaren Ertrags .....	104
Abbildung 80: Primärenergiebedarf der untersuchten Heizsysteme .....	106
Abbildung 81: Bodentemperatur am Standort Brühl_Monatliche Auflösung abhängig von der Tiefe unter der Geländeoberkante  Datengrundlage: TRY2015.....	107

Abbildung 82_Kartendarstellung zum Geothermischen Potenzial _Datengrundlage: LBRB108	
Abbildung 83: Positionierungsplan der Erdsondenbohrungen der einzelnen Anlagen unter der Bodenplatte und in den Außenanlagen .....	109
Abbildung 84: Untersuchte Variante mit Erdwärmeabsorbern in den Außenanlagen .....	109
Abbildung 85: Verständnis von zentraler Wärmeversorgung im Projekt .....	110
Abbildung 86: Verständnis von dezentraler Wärmeversorgung im Projekt .....	110
Abbildung 87: Förderübersicht für Wärmepumpen der BAFA.....	112

## 2 Zusammenfassung

Die Evangelische Stiftung Pflege Schönau mit Sitz in Heidelberg ist ein Unternehmen der Evangelischen Landeskirche in Baden. Mit dem Bau von vier Mehrfamilienhäusern in Brühl verstärkt sie ihr wohnungsbauliches Engagement in der Metropolregion Rhein-Neckar weiter. Ihr Planungskonzept stellt bezahlbaren Wohnraum in hoher Wohnqualität, anspruchsvoller Architektur und nachhaltiger Gebäudetechnik zur Verfügung.

Das Wohnquartier in der Albert-Einstein-Straße soll in Holzbauweise errichtet werden: ein nachwachsender Rohstoff, der die Möglichkeit bietet, ökologisch wertiges Bauen mit hoher Wohnbehaglichkeit zu verbinden. Durch die Auswahl unterschiedlicher Holzbautechniken sollten Erfahrung im Holzbau gesammelt und die verschiedenen Konstruktionsarten projektbegleitend hinsichtlich Nachhaltigkeit, technischer Umsetzbarkeit und Wohnbehaglichkeit verglichen werden. Passend zur Nachhaltigkeit der Baukonstruktion sollte versucht werden, auch bei der Gebäudetechnik auf nachhaltige Systeme mit erneuerbaren Energien zu setzen.

Die vier Neubaugebäude werden in den neuen Stadtteil als identitätsstiftender Baustein integriert. Dazu wurden die Mehrfamilienhäuser mit je 8-12 Wohnungen von vier unterschiedlichen Architekturbüros mit Holzbauerfahrung individuell konzipiert, entworfen und geplant. Allen gemeinsam ist der Baustoff Holz, der den individuellen Entwürfen ein gestalterisches Oberthema setzt und die Gebäude in ihrer Gestaltung zusammenbindet.

Für die Themen Energiekonzept, Tragwerk, Gebäudetechnik sowie Brandschutz, Schallschutz, Raumakustik wurden die Architekten von einem interdisziplinären Team an Fachingenieuren bearbeitet und unterstützt. Durch die frühzeitige Zusammenarbeit aller Beteiligten und mit erhöhtem Planungsaufwand konnte ein modelhaftes und fortschrittliches Projekt geplant werden.

Die Realisierung einzelner Modellprojekte wie dieser sind essenziell für die Weiterentwicklung im Holzbau und für zukünftige Wohnformen. Nur so können die erarbeiteten und erlernten Ergebnisse in anderen Bereichen des Bausektors Einzug halten und zum Standard werden.



### 3 Ausgangslage

Die Evangelische Stiftung Pflege Schönau plant, in den nächsten zehn Jahren ihren Immobilienbestand von derzeit rd. 850 auf 1500 Wohneinheiten zu erhöhen. Als größter körperschaftlicher Waldbesitzer in Baden-Württemberg hat die Stiftung eine von sich aus enge Bindung zum Werkstoff Holz. Als Modellvorhaben möchte die Stiftung in Brühl vier Mehrfamilienhäuser in Holzsystembauweise errichten. Übergeordnetes Ziel ist es dabei die Leistungsfähigkeit unterschiedlicher Holzbausysteme zu erproben, um daraus Schlüsse für ein übergeordnetes Nachhaltigkeitskonzept für zukünftige Bauvorhaben abzuleiten.

Die Mehrfamilienhäuser sollen in einer Wohnungsgemeinschaft aus „Alterswohnen“, „Patchwork-Familien“ und „junge Familien“ geplant werden. Eine wesentliche Zielsetzung besteht in der nachhaltigkeitsorientierten Planung, die die Aspekte Wohnkomfort und Nutzerfreundlichkeit einschließt. In der Umsetzung steht dabei eine anspruchsvolle, hochwertige und nachhaltige Architektur im Vordergrund.

Die Aufgabenstellung des Bauherrn an die Architekten/innen besteht darin, zukunftsweisende Konzepte zu erarbeiten, welche mit einem möglichst geringen Einsatz von Energie und Ressourcen die höchstmögliche Gesamtwirtschaftlichkeit, Behaglichkeit, Gebrauchstauglichkeit und Architekturqualität erzielen. Dabei soll die Leistungsfähigkeit verschiedener Holzbausysteme und energetischer Konzepte inkl. geeigneter Energieversorgungssysteme untersucht werden.

Für die Entwicklung der Konzepte zur Erreichung dieser Ziele und die Konkretisierung der Planungen im Entwurf stehen den Architekten von Beginn an Fachplaner und Berater aus den Disziplinen Tragwerk, Bauphysik, Gebäudetechnik und Energiekonzeption zur Seite.

Das Planungsgebiet befindet sich im Neubaugebiet „Bäumleweg Nord“ ca. 900 Meter nördlich der Ortsmitte von Brühl.

Die Gemeinde Brühl gehört zum Rhein-Neckar-Kreis im Nordwesten von Baden-Württemberg. Sie besteht aus den beiden Ortsteilen Brühl und Rohrhof und ist Teil der Metropolregion Rhein-Neckar. Im Norden grenzt die Gemeinde unmittelbar an Mannheim. Im Osten grenzt sich Brühl durch die A6 von Schwetzingen ab. Im Süden befindet sich die Gemeinde Ketsch.

Die Gemeinde zählt aktuell rd. 14.000, die Metropolregion rd. 2 Millionen Einwohner.

Das Planungsgebiet ist verkehrstechnisch gut angebunden. Der Verkehrsnotenpunkt A6-B36 ist ca. 1 Kilometer entfernt. Die Innenstädte von Mannheim und Heidelberg sind ca. 13 bzw. 15 Kilometer entfernt. Der nächste Anschluss an das Fernbahnnetz ist in Mannheim-Rheinau

und befindet sich ca. 3,7 Kilometer vom Plangebiet. Die nächstgelegene Bushaltestelle der Linie 710 (Mannheim Hbf – Gewerbegebiet Ketsch) ist in ca. 250 Meter fußläufig zu erreichen.

Die nächsten Einkaufsmöglichkeiten befinden sich in der Stadtmitte von Brühl, sowie im ca. 1 Kilometer entfernten Gewerbegebiet an der Mannheimer Landstraße. Verschiedene Dienstleistungsunternehmen wie Banken, Apotheken und Restaurants sind fußläufig zu erreichen.

Die Schillerschule (Grund- und Werkrealschule), sowie die Jahnschule (Grundschule) liegen je ca. 900 Meter entfernt, die Marion-Dönhoff-Realschule ca. 2 Kilometer. Die beiden Grundschulen verfügen jeweils über einen Hort. In Schwetzingen befinden sich ein Gymnasium, eine Kaufmännische Schule, eine Gewerbeschule, eine Förder-, sowie eine Sonderschule. In der Gemeinde Brühl gibt es insgesamt sechs Kindertagesstätten. Die nächstgelegene befindet sich in ca. 600 Metern Entfernung.

Die nächste Allgemeinärztliche Praxis liegt ca. 400 Meter entfernt. Das nächste Krankenhaus befindet sich in Schwetzingen. Naherholungsgebiete, wie das Hallen- und Freibad Brühl, der Steffie-Graf-Park, das Schloss Schwetzingen, sowie der Altrhein sind mit dem Fahrrad gut zu erreichen.

Das Planungsgebiet umfasst die Flurstücke 4974, 4975, 4976 und 4977 an der Albert-Einstein-Straße mit insgesamt rd. 4.000 m<sup>2</sup> Grundfläche. Es befindet sich in einem Wohngebiet mit überwiegend zweigeschossiger und offener Bauweise errichteter Nachbarbebauung. Es liegt ein gültiger Bebauungsplan vor.

Neubau von Mehrfamilienhäusern in unterschiedlichen Holzkonstruktionen und ganzheitlichem Energiekonzept – AZ: 348745/01-25

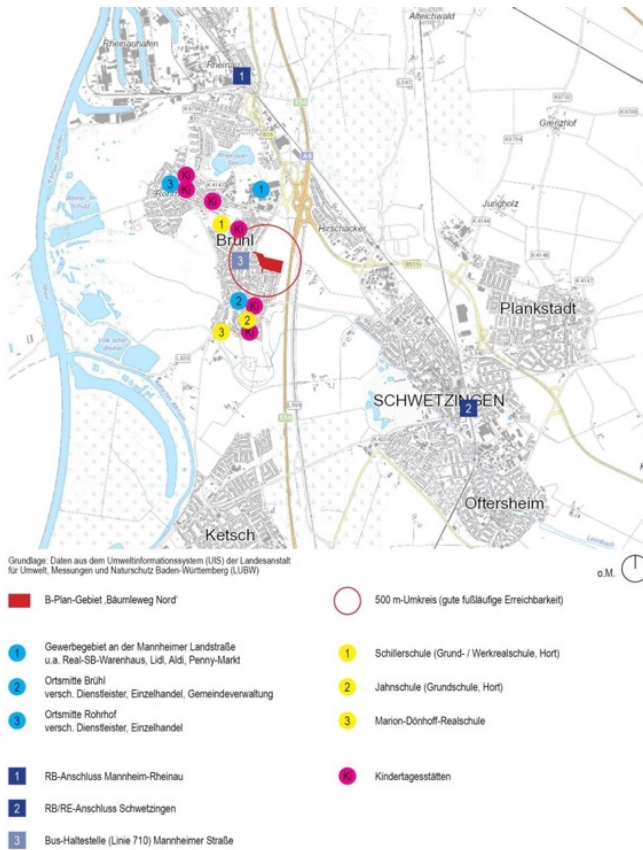


Abbildung 1: Infrastruktur\_ (Daten aus dem LUBW)

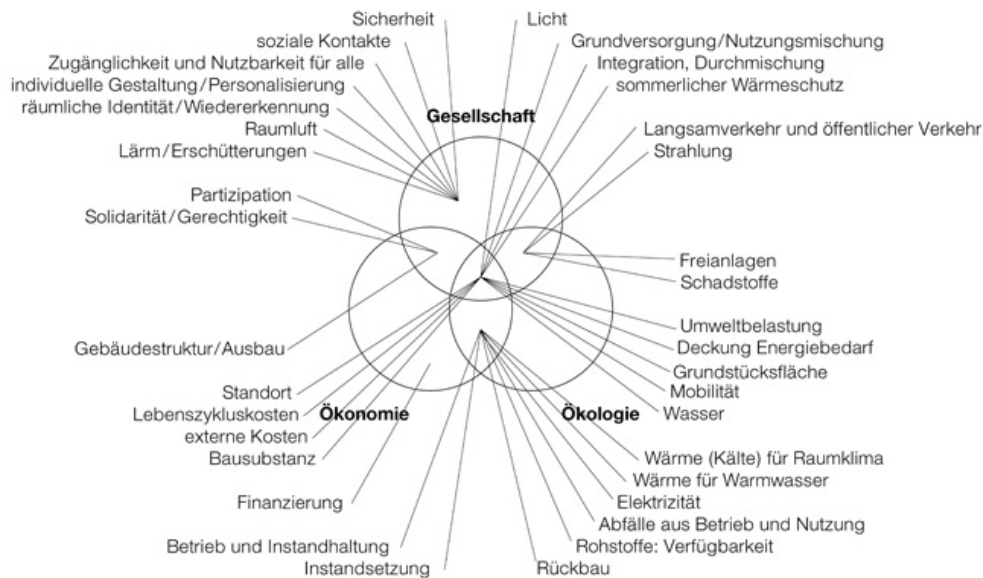


Abbildung 2: Luftaufnahme Planungsgebiet



## 4 Ziele der Untersuchung

Das Bauvorhaben steht für den Bauherrn unter dem Zielgedanken Wohnraum zu schaffen, welchem eine ökologische und ressourcensparende Bauweise zugrunde liegt und mit einem zukunftsweisenden Energiekonzept auf lange Frist nachhaltig ist. Im Rahmen der Konzeption und der Entwurfsplanung sollen Kriterien und Aspekte einer nachhaltigkeitsorientierten Planung, sowie der Einsatz des Baumaterials Holz in der Runde der Teilnehmer und Fachberater ergebnisoffen diskutiert und geplant werden. Die Nachhaltigkeitsbetrachtung soll sich an den drei Faktoren Gesellschaft, Ökonomie und Ökologie orientieren. Das nachfolgende Schaubild zeigt Aspekte nachhaltiger Wohnqualität, die in der Planung Berücksichtigung finden können.



Quelle: <http://www.wohnwert-barometer.de/informationen-wwb/nachhaltige-wohnqualitaet/aspekte-nachhaltiger-wohnqualitaet.html>

Abbildung 4: Aspekte Nachhaltiger Wohnqualität

Die grundlegenden baurechtlichen Rahmenbedingungen sind im Bebauungsplan „Bäumleweg Nord“ geregelt. Darauf aufbauend sollen die Teilnehmer im Zusammenwirken eine gemeinsame städtebauliche Rahmenplanung für die vier zu planenden Wohngebäude entwickeln.

Eine oberirdische oder unterirdische Unterbringung der PKW-Stellplätze und den daraus resultierenden Baukosten, ist zum Beispiel eine der Fragen, welche gemeinschaftlich zu diskutieren, abzuwägen und zu planen ist.

Die Nachhaltigkeitsanforderungen sollen eine Grundlage für den Gestaltungsprozesse bilden und als Basis für die interdisziplinäre Projektbearbeitung von Architekten, sowie Fachberater dienen.

Die Architekt/innen der vier Gebäude sollen im Zuge der Entwurfsplanung eine kritische Auseinandersetzung mit den Potentialen und Beschränkungen der aufgeführten Nachhaltigkeitskriterien, sowie der Planungsaufgabe austragen und unabhängig Lösungen entwickeln.

#### **4.1 Architektonische Qualität**

Das Gebäudeensemble soll in seiner Gesamtheit, sowie in der spezifischen Identität der einzelnen Baukörper eine hohe Gestaltungsqualität mit einer gewissen Wiedererkennbarkeit aufweisen. Ziel ist die Gestaltung eines stimmigen Gebäudeensembles, dass ein gemeinsames Erscheinungsbild der vier Baukörper vermittelt. Hierzu zählt eine angemessene Baumassenverteilung und Gliederung (Raum-, Volumen-, Höhenentwicklung) der Gebäude. Zudem soll sich das Gebäudeensemble in den städtebaulichen Kontext einpassen und Bezüge zur umgebenden Bebauung (Gebäudehöhen, Abstandsflächen, Stellplätzen etc.) berücksichtigen. Die verfügbaren Freiflächen sollen nutzungsspezifische Aufenthaltsqualitäten bieten. Das zentrale Thema Holzbau soll in angemessener Weise zur Geltung gebracht werden.

#### **4.2 Gesellschaftliche Ziele**

- Die Wohnungen sollen prinzipiell Bewohnerinnen und Bewohner aus einer bunten Vielfalt von jungen und alten Menschen, Familien, Alleinerziehenden, Menschen mit Behinderungen, Menschen mit Migrationshintergrund und Menschen aus unterschiedlichen sozialen Schichten offen stehen.
- Die Anzahl der Wohneinheiten soll entwurfsabhängig, sowie nach den Bedingungen der gemeinsamen städtebaulichen Rahmenplanung bestimmt werden.
- Eine barrierefreie/barrierearme Gestaltung uneingeschränkte Bewegungsfreiheit für alle Menschen soll sichergestellt werden. Entscheidend sind hierbei die Barrierefreiheit begehbarer Flächen der Außenanlagen, PKW-Stellplätze, Spielflächen für Kinder, Abstellflächen für Kinderwagen, Fahrräder, sowie die barrierefreie/barrierearme Ausbildung der Zugänge und Wohnungen.
- Aufgrund der Nähe zur Autobahn soll durch geeignete konzeptionelle und bauliche Maßnahmen Wert auf den Lärmschutz gelegt werde und angenehme akustische Verhältnisse geschaffen werden. Neben dem Schallschutz gegen Außenlärm soll auch auf den baulichen Schallschutz gegenüber unterschiedlichen Nutzungsbereichen berücksichtigt werden.

- Die Immobilie bleibt langfristig Eigentum der Stiftung und beabsichtigt eine langfristige Vermietung der Wohnungen
- Die Mieten sollen auf Dauer bezahl- und planbar gehalten, das gesamte Projekt ist nicht auf Gewinnmaximierung ausgelegt.

#### **4.3 Ökologische Ziele/**

- Dem Mikroklima und seine Auswirkung auf den „Hitze-Insel-Effekt“, das Innenraumklima und das menschliche Wohlbefinden werden eine große Bedeutung zugeschrieben. Maßnahmen zu Verbesserung des Mikroklima sollen durch landschaftsgestaltende bzw. bauliche Maßnahmen umgesetzt werden.
- Minimierung des Versiegelungsgrads für Erschließungs- und Parkflächen in der Außenraumgestaltung, sowie der Dachflächen ggf. unter Berücksichtigung von Dachbegrünung.
- Die Auswahl von Baustoffen und Konstruktionen mit möglichst geringen Umwelteinwirkungen einschließlich gesellschaftlicher Faktoren (Herstellungsbedingungen) und somit Reduktion der „grauen Energie“, bietet ein besonders großes Potential zur Reduktion von Treibhausgasen. Ziel ist die Verwendung von nachwachsenden Rohstoffen bei geeigneten Bauteilen.
- Zudem ist für den Ressourcenbedarf die Dauerhaftigkeit der Bausubstanz, sowie deren Recyclingfähigkeit von Bedeutung.
- Der Energiebedarf für Herstellung, Betrieb/Wartung und Entsorgung der eingesetzten Materialien soll ohne Bilanzierungsgrenze und unter Berücksichtigung der Grauen Energie, sowie der Produktionsbedingungen erfolgen.

#### **4.4 Energetische Ziele**

- Eine ganzheitliche und nachhaltige Gestaltung des Gebäudeentwurfes und seiner Technik. Energiebedarfsreduktion durch bauliche und konzeptionelle passive Maßnahmen. Etwa durch ein Kompaktes A/V-Verhältnis.
- Hoher Nutzerkomfort und thermische Behaglichkeit in den Wohnungen (Optimierung des Raumklimas durch vornehmlich bauliche, passive Maßnahmen).
- Hohe Tageslichtverfügbarkeit zur Reduktion des Strombedarfs für künstliche Beleuchtung (sinnfällige Orientierung des Gebäudes und der Nutzungen, angemessener Öffnungsanteil, max. Raumtiefen)

- Hohe Raumluftqualität für Nutzer und zum Schutz der Bausubstanz (Erarbeitung eines nachhaltigen Lüftungskonzepts im Hinblick auf energetische und ökonomische Effizienz)
- Der resultierende Energiebedarf soll, unter Prüfung sämtlicher lokal verfügbaren erneuerbaren Energiepotentiale, durch ein nachhaltiges und wirtschaftlich (Investition und Betrieb) sinnvolles Energieversorgungskonzept sichergestellt werden. Ziel ist die Reduktion des Primärenergiebedarfs auf ein Minimum, wobei Behaglichkeit, Komfort und die einschlägigen Nutzungsrichtlinien gewährleistet bleiben.

#### **4.5 Ökonomische Ziel:**

- Unter Berücksichtigung der gesetzlichen Randbedingungen soll eine möglichst effiziente, wirtschaftliche aber gesamtheitlich verträgliche Ausnutzung der Grundstücke erreicht werden.
- Die Gebäude sollen eine hohe funktionale Qualität aufweisen. Hiermit soll die dauerhafte Gebrauchstauglichkeit der Gebäude und somit die Wertestabilität der Gebäude gewährleistet werden. Die Gebäudestruktur soll infolgedessen die Voraussetzung aufweisen, dass sich wandelnde Nutzungsänderungen (sowohl durch einen Mieterwechsel als auch durch Flächenänderungen innerhalb der Struktur der Nutzer) vornehmen lassen. Hierzu sind eine flexible Grundrissgestaltung und eine gute Abstimmung der Tragkonstruktion erforderlich.
- Optimiertes Verhältnis von Investitionskosten zu den Betriebskosten. Durch eine Analyse der Lebenszykluskosten sollen im Bereich Energie und Betrieb, Entscheidungsgrundlagen für die bauliche und technische Maßnahmen erarbeitet werden.
- Berücksichtigung von Herstellungs- und Nutzungskosten beim Entwurf: Angemessenheit der baulichen Maßnahmen (v.a. Flächeneffizienz, Gebäudeform, Tragwerk, Fassade, technische Ausstattung etc.)
- Geringe Energiekosten durch einen reduzierten Energiebedarf und eine optimierte Energiebedarfsdeckung.

## **5 Vorgehen und Verfahren**

### **5.1 Phase 1: Workshop und Vorentwurf**

Das Bauvorhaben wurden mit einem Workshop initiiert. Im Direktbeauftragungsverfahren wurde vier Architekten mit nachgewiesenen Erfahrungen und Expertise in den Bereichen Holzbau, Mehrfamilienhausbau, sowie nachhaltigem Bauen ausgewählt und zum Workshop geladen.

#### **Name der/ des Architekten**

Architekten Hermann Kaufmann ZT GmbH,  
Schwarzach  
BaruccoPfeifer Architekten, Freiburg/Darmstadt  
Beyer Weitbrecht Stotz + Partner, Stuttgart  
Roedig Schop Architekten, Berlin

Den gewünschten Leistungsumfang und die vorab beschriebenen Nachhaltigkeitsziele wurden vorab durch den Bauherrn und mit Unterstützung der Gesellschaft für Projektentwicklung und Projektsteuerung für kirchliches Bauen in Baden (pro ki ba) definiert.

Zur Abstimmung der städtebaulichen und gebäudeplanerischen Ziele wurden drei gemeinsame Planungsworkshops, sowie eine Abschlusspräsentation unter Leitung eines Moderators, sowie unter Beteiligung von Fachplanern, -ämtern und Beratern durchgeführt.

Die Teilnehmer wurden auf einer Kick-Off-Veranstaltung mit gemeinsamer Ortsbesichtigung in die Aufgabe eingeführt. Die anschließenden Veranstaltungen und Workshops fand in den Räumlichkeiten der Evangelischen Stiftung Pflege Schönau in Heidelberg statt. Zum Planungsworkshop 1 wurden Konzeptideen & Skizzen zu Nutzungskonzept, Holzbausystem, sowie Nachhaltigkeitskonzept in Grundzügen erarbeitet. Im Planungsworkshop 2 +3 wurden darauf aufbauend erste Grundrisse, Schnitte, Ansichten sowie Konzepte zur Konstruktion entworfen. Zum Abschluss des Workshops erfolgte ein Abschlusspräsentation der Arbeiten gegenüber dem Bauherrn.

Die unterschiedlichen Umsetzungsstrategie, um vorbenannte Ziele zu erreichen, ergaben sich über die vordefinierte Grundstruktur, welche durch die Architekturbüros über eine zielführende integrative Planung dem Projekt und ihren Akteuren individuell angepasst wurden.

### **1.a: Projektsteuerung:**

Unter der Leitung und Moderation des Workshops von Herr Prof. Johann Eisele fand unter allen Teilnehmern ein akademischer Austausch zu guten technischen Konzepten und zum Verständnis von Nachhaltigkeit statt. Darüber hinaus erfolgte ein intensiver Erfahrungsaustausch zu den Grundlagen, der Erarbeitung von Ideen und der Planungskonzepte. Hierbei handelt es sich um eine fruchtbare Arbeitsweise im Vorfeld der klassischen architektonischen Leistungen, welche in konventionellen Prozessen teilweise zu kurz kommt.

### **1.b: Architektur:**

Die Architekten erarbeiten mit dem Bauherrn einen Vorentwurf im Maßstab 1:100.

Es wurden Grundrisse, Schnitte und Ansichten entwickelt, die als Grundlage für die Integration der Fachplaner dienen. Dieser Vorentwurf war Ausgangspunkt einer von den Architekten erarbeiteten ersten Baukostenschätzung. Jedes Büro hat das eigene Konzept hinsichtlich Nachhaltigkeit bewertet. Dabei wurde Wert darauf gelegt, dass die individuellen Schwerpunkte der Planer in den vier Gebäuden herausgearbeitet wurden, um im weiteren Projektverlauf Erfahrungswerte aus unterschiedlichen Schwerpunktsetzungen zu erhalten.

### **1.c: Klimaengineering**

Das Büro Transsolar erstellt eine Klima- und Standortanalyse zur Definition der Potenziale zur Nutzung passiver und konzeptioneller Maßnahmen zur Reduktion des Heizwärmebedarfs, sowie zur Nutzung der am Standort verfügbaren regenerativen Energien.

Anhand der ersten Kubatur und Grundrissentwürfe der Architekten erarbeitete Transsolar eine thermische Gebäudesimulation und eine Lichtsimulation, um frühzeitig Probleme hinsichtlich Überhitzung, Behaglichkeit und ausreichender Belichtung der Wohnungen zu identifizieren.

Das Büro beriet und erarbeitete Vorschläge für eine Optimierung der Planung hinsichtlich Ausrichtung, Speicherfähigkeit der Bauteile, Abstimmung Fensterflächenanteil, Sonnenschutzvorrichtungen, Möglichkeiten zur Nachtauskühlung, sinnvoller Nutzung klimatischer Ressourcen zur Verringerung der eingesetzten Gebäudetechnik und Energieeffizienz.

Hinsichtlich der Bauphysik werden auf Grundlage der ersten Entwürfe und in Abstimmung mit den Simulationsergebnissen erste überschlägige Berechnungen bezüglich der Anforderungen der EnEV erarbeitet. Zudem wurden erste Konstruktionsempfehlungen im Hinblick auf die Gewährleistung eines guten baulichen Schallschutzes gegen Außenlärm, sowie einen guten baulichen Schallschutz gegenüber unterschiedlichen Nutzungsbereichen/ Wohnungen diskutiert. Für die Optimierung des Schallschutzes im Holzbau sind aufgrund der Vielzahl an unterschiedlichen Aufbauten in der Konstruktion umfangreiche Berechnungen und Prüfungen

notwendig, um den Anforderungen gerecht zu werden. Ein frühzeitiges Einbeziehen der Bauphysik ist essenziell.

#### **1.d: Behörden:**

Im Zuge des Workshops wurden auch der Bürgermeister, sowie der Amtsleiter des Ortsbauamt der Gemeinde Brühl zum Gespräch eingeladen. Ziel war es die Entscheidungsträger öffentlicher Belange (Gemeinderat) frühzeitig zu informieren und in den Prozess zu integrieren - insbesondere um den Weg für potenzielle notwendige Befreiungen für ein innovatives Projekt zu ermöglichen.

#### **Ergebnisse Workshop:**

Die Architekten, der Bauherr und die Fachplaner diskutierten die erarbeiteten Konzepte und Lösungsvorschläge nach den vorab definierten Zielen hinsichtlich gesellschaftlicher, ökologischer und ökonomischer Nachhaltigkeit.

Mit Abschluss der drei Workshopterminen wurde die Ergebnisse gegenüber der Evangelische Stiftung Pflege Schönau präsentiert. Die Bauherrschaft entschloss sich in Anschluss an den fruchtbaren Workshop alle vier Architekturbüros, sowie die Energiekonzeption und die gebäudetechnische Planung an die beteiligten Architekten und Fachplaner für die weiterführende Planung des Bauvorhabens zu beauftragen.

Für den weiteren Entwurfsprozess wurden notwendige Entscheidungen getroffen, die auch weiterhin validiert werden sollten, je konkreter und belastbarer die Einzelfaktoren in der Planung wurden.

### **5.2 Phase 2: Entwurfsplanung + Vorgriff auf die Werkplanung**

Die weitere Planung erfolgte multidirektional und lösungsorientiert in direkter Abstimmung mit den beteiligten Fachplaner, hierzu wurden nach Bedarf Termine vereinbart. Ein monatlicher Planungsworkshop /Jourfix in den Räumlichkeiten der Evangelischen Stiftung Pflege Schönau in Heidelberg bot die Gelegenheit für projektübergreifende Absprachen zwischen den beteiligten Fachplanern, sowie die direkte Rücksprache mit dem Bauherrn. Die lange und intensive integrative Bearbeitung in der Entwurfsplanung erfordert mehrere Planungsworkshops.

#### **2.a: Projektsteuerung**

Mit Abschluss der Workshops und der Überführung in einen klassischen Planungsprozess nach HOAI zum Start der Entwurfsplanung, wurden das Architekturbüro Element A mit der Koordination und Projektsteuerung beauftragt. Entscheidende Aufgabe der Projektsteuerung

war es die Wirtschaftlichkeit der gefundenen Lösungen zu hinterfragen, um die tatsächliche Umsetzung nicht zu gefährden.

## **2.b: Architekten**

Die Architekten überarbeiteten den Vorentwurf auf Grundlage des vorausgegangenen Planungsworkshops und den dort festgelegten Planungsparametern im M.1:100.

In Teilbereichen werden aber auch schon baukonstruktive Leitdetails konzeptionell erarbeitet, um frühzeitig die Baukonstruktion, die Gestaltung und Kosten elementarer Punkte bewerten zu können. Auf Grundlage der Planung wird unter Integration der Fachplaner eine immer präzisere Kostenberechnung der Baukosten erstellt.

Aufgrund von Unstimmigkeiten im Projektablauf gab es im Zuge der Entwurfsplanung einen Wechsel der Projektbeteiligten auf Seiten der Architekten. Das Büro Partner und Partner Architekten übernahm die Planung des Grundstücks, welches im Workshop durch das Büro BaruccoPfeifer Architekten beplant wurde. Der Wechsel erforderte ein zügiges Aufholen der Leistungen aus dem Workshop und die Integration des neuen Architekturbüros in das bestehende Projektteam. Beides ist erfolgreich gelungen, sodass sind hierdurch kein entscheidender Verzug im Zeitplan ergab.

Eine entscheidende und insbesondere sehr langwierige Problemstelle im Zuge der Entwurfsplanung stellte die Planung und Verortung der benötigten PKW-Stellplätze dar. Aufgrund der dichten Bebauung der Grundstücke sowie den durch die Gemeinde Brühl strikt vorgegebene Stellplatzschlüssel, stellte die Verortung der Parkplätze alle Planungsbeteiligten vor eine große Herausforderung. Das Bauvorhaben, mit einem Anspruch an eine gesamtheitlich nachhaltige Planung, war schlicht nicht mit völlig zugeparkten Außenanlagen auf Kosten von Bepflanzung und einer ansprechenden Gestaltung zu vereinbaren. Der erste augenscheinliche Lösungsansatz zur Planung einer die Gebäude im UG verbindenden Tiefgarage, wurde nach intensiver Diskussion, ersten konzeptionellen Zeichnungen, einer Kostenberechnung und unter Betrachtung der mit der bei Errichtung benötigten grauen Energie, wieder verworfen. Ein hinnehmbarer Kompromiss stellt der Vorschlag zur Errichtung von Doppelparkanlagen dar. Durch planerischen Mehraufwand konnten in den Gebäuden der Architekten Herrmann Kaufmann Architekten und roedig.schop architekten jeweils sechs Doppelparkanlagen und somit insgesamt 24 Parkplätze geschaffen werden. Dies ermöglichte eine deutliche Entspannung der Situation in den Außenanlagen.

Hinsichtlich der Ausarbeitung der Planungen wurden im Zuge der Entwurfsplanung bereits beachtlich an Detaillierung und Tiefe erreicht. Mit Abschluss dieser Entwurfsphase liegen



somit genau genommen bereits 70-80% aller relevanten Faktoren hinsichtlich Kosten, Gestaltung, Baukonstruktion, Energieeffizienz und Nachhaltigkeit vor. Dem liegt zugrunde, dass für den Holzbau aufgrund der in der Regel ab Werk durchgeführten Vorfertigungsgrad, sowie der höheren Komplexität hinsichtlich bauphysikalischer Betrachtungen, bereits zu einem früheren Zeitpunkt endgültige konstruktive Entscheidungen zur Detaillierung getroffen werden müssen.

Von daher liegt in dieser Phase die höchste Effizienz hinsichtlich einer integrativen Planung Weiterentwicklung des Entwurfes, Konkretisierung und Verbindung einzelner Ideen.

### **2.c: Holzbauer**

Gerade im Holzbau ist es wichtig, die ausführenden Firmen früh in die Planung zu integrieren, da so firmenspezifisches Knowhow in die Optimierung des Gebäudes einfließen kann. Zudem können so Detail in der Ausführungsplanung praxisnah konstruiert werden, sodass sich der Arbeits- und Zeitaufwand in der Werksplanung des Holzbauunternehmens reduzieren lässt. Das Architekturbüro BEYER WEITBRECHT STOTZ + PARTNER, welches bereits eine langjährige Kooperation mit einem Holzbauer pflegt, hat diesen bereits frühzeitig in den Entwurfsprozess integriert. Für die Architekturbüros Partner und Partner Architekten, sowie Hermann Kaufmann Architekten, welche beide in Massivholzbauweise planen, folgte dieser Schritt zwangsläufig im Zuge der Entwurfsplanung. Hierzu wurden erste Gespräche geführt und Angebote eingeholt. Neben den Vorteilen in der Planung und Realisierung durch eine frühe und umfassende Abstimmung zwischen Fachplanern, ausführender Firma und den Architekten ist eine frühe Einbindung der Holzbauer hinsichtlich der terminlichen Umsetzung des Bauvorhabens ratsam, da die Vorfertigung der Bauelemente einen nicht zu vernachlässigenden Vorlauf benötigt. Das Gebäude des Architekturbüros roedig.schop ist in holzrahmenbauweise mit Brettsperrholzdecken geplant. Dies bietet auf dem Markt eine größere Flexibilität, da es sich um eine bekannte Bauweise handelt, welche unterschiedliche Holzbaubetriebe anbieten können. Dadurch lassen sich auch vergleichsweise kurzfristig Firmen für die Ausführung finden.

### **2.d: Tragwerkplaner**

Das Tragwerksplanungsbüro merz kley partner überprüft die grundlegende statische Struktur, macht Verbesserungsvorschläge hinsichtlich Effizienz des Tragverhaltens des Holzbaus, der Verwendung additiver Materialien und dem Fügen der Bauteile.

Das Büro stellt die statischen Berechnungen an und dimensioniert die wesentlichen tragenden Elemente. Die Optimierungen der statischen Struktur und der Leitdetails findet in enger Absprache mit Architekten, Bauphysiker und Brandschützer statt

## **2.e: Brandschutz**

Zwei der vier Gebäude fallen aufgrund der geplanten Bauhöhe und Anzahl der Geschosse in die Gebäudeklasse 4. Da dies insbesondere im Holzbau mit spezifischen Anforderungen einhergehen kann, ist die frühzeitige Integration des vorbeugenden Brandschutzes zwingend. Entscheidende Anforderungen sind in diesem Fall die Planung von Aufstellflächen für Rettungsgeräte, die erhöhte Anforderung an die Feuerbeständigkeit der eingesetzten Baumaterialien, sowie die erhöhte Anforderung an die Geschossdecken.

## **2.f: Klimaengineering**

Das Büro Transsolar überarbeitet die thermische Gebäudesimulation und die Lichtsimulation aus der Workshopphase und unterstützt den Planungsprozess mit Handlungsempfehlungen zur Optimierung der Entwürfe. Die Bewertung einzelner Wohnungen mittels dynamischer Gebäudelast- und Tageslichtmodellierung erlaubt es, die Auswirkungen der Minimierung technischer Systeme bzw. die Anpassung von passiven Systemen vorherzusagen und zu beurteilen. Mit Abschluss dem architektonischen Entwurf war es somit möglich die thermische Behaglichkeit und ausreichende Belichtung in den einzelnen Wohnungen zu gewährleisten.

Ein entscheidender Bestandteil war dabei die Definition des Gebäudestandart, der thermischen Qualität der Gebäudehülle in Abstimmung mit der Bauphysik. Abhängig vom Dämmstandart des Gebäudes ergibt sich die benötigte Heizlast für die Konditionierung der Gebäude. Hierzu wurden jeweils drei unterschiedliche Gebäudestandarts untersucht. Verglichen wurden dabei die Auswirkung auf den konstruktiven Wandaufbau, benötigte Dämmstärke sowie die resultierende Heizlast.

Neben dem Schwerpunkt auf eine Beratung zu passiven Maßnahmen erfolgt eine Variantenbetrachtung zu den notwendigen aktiven gebäudetechnischen Maßnahmen für die Konditionierung und Belüftung der Gebäude. Im Mittelpunkt dieser Untersuchung stand der Vergleich unterschiedlicher Wärmeversorgungssysteme. Eine Entscheidungsgrundlage wurde auf Basis des resultierenden Primärenergiebedarfs der einzelnen Varianten erarbeitet. Aufgrund der geringen Primärenergiebedarfs und des geothermischen Potenzials am Standort fiel die Entscheidung auf einen Sole-Wasser Wärmepumpe.

Eine umfangreiche Untersuchung stellte der Vergleich eines zentralen zu einem dezentralen Versorgungssystem dar. Bei der Untersuchung wurde das Wärmeversorgungssystem und das Trinkwarmwasserversorgungssystem sowie deren Wechselwirkung berücksichtigt. Dabei wurden Konzeptvarianten von klassischen Einzelversorgungen der Gebäude bis hier zu einer gemeinsamen Versorgung aller vier Gebäude durch ein Nahwärmenetz verglichen. Die

Konzeptvarianten wurden hinsichtlich der Energieeffizienz, auf Basis des ermittelten Primärenergiebedarfs, ihrer Wirtschaftlichkeit abhängig von durch erforderlichen Investitionen und Betriebskosten resultierenden Amortisation sowie der daraus resultierenden Anforderungen an die Architektur analysiert.

Zur Ermittlung des potenziellen Energieertrag durch die Nutzung der Dachflächen als Aufstellfläche für eine Photovoltaikanlage sowie zur Optimierung der Aufstellung wurde auf Basis lokaler Einstrahlungsdaten eine Strahlungsstudie vorgenommen.

Die aus dem Versorgungskonzept resultierenden Anforderungen an die gebäudetechnische Ausrüstung wurde unmittelbar durch HLSE Planung kommuniziert.

## **2.g: Bauphysik**

Auf Grundlage der sich erhaltenden Rahmenbedingungen aus Vorgaben von Seiten der Bauherrschaft (z.B.: Schallschutzanforderungen), aus dem für das Bauvorhaben erstellte Schallschutzgutachten, der thermischer Simulation, Berechnungen zum sommerlicher Wärmeschutz, sowie der normativen Anforderungen aus Brandschutzgutachten, ENEC Berechnung, und den festgelegten Zielen zur Nachhaltigkeit und Gestaltung wird ein gebäudespezifisches Projekthandbuch für das finale Energiekonzept erarbeitet. Ein Schwerpunkt der Arbeit stellten die Berechnungen und die Ausarbeitung von Maßnahmen zur Einhaltung der Anforderungen an den internen Schallschutz dar. Da für die baukonstruktiven Holzaufbauten von Wand und Deckenelementen nicht durchgehend Ergebnisse aus Schallmessungen zur Verfügung stehen, sind bereits im Entwurf detaillierte Angaben zum Aufbau und folglich eine enge Koordination mit dem Architekten erforderlich, um belastbare Ergebnisse zu erzielen. Ein weiterer Schwerpunkt stellte die detaillierte Berechnung der Wärmebrücken für das Gebäude der Architekten Partner und Partner dar. Aufgrund eines monolithischen Holzaufbaus mit vorgesetzter Profilglasfassade als thermischer Kollektor, war hier eine detaillierte Berechnung zur Einhaltung der Anforderungswerte von Nöten.

## **2.h: HLSE Planung**

Auf Basis der architektonischen Entwürfe und des Versorgungskonzept wurden ein Entwurf für die gebäudetechnische Ausstattung erarbeitet.

Für das Versorgung der Gebäude wurden die Heizlast, Trinkwasserbedarf sowie benötigte Luftmengen zur Be- und Entlüftung der Wohnungen ermittelt und entsprechende Leitungen gemäß dem Versorgungskonzept geplant. Entscheidet für die Absprache mit Architekten und Tragwerksplanung war die Definition des Trassenverlaufs und die Ermittlung des benötigten Platzbedarfs und daraus resultierenden Durchbrüche.

Ein wichtiger Teil der Planung bestand zudem in der Detaillierung der erforderlichen Brandschutzmaßnahmen im Holzbau. Aufgrund der unterschiedlichen Deckenaufbauten der einzelnen Gebäude war eine auf die jeweilige Deckenkonstruktion abgestimmte Planung notwendig.

Ein zeitintensiver Planungsaspekt stellte die Koordination und Integration der geothermischen Wärmequellen in die Außenanlagen dar. Eine untersuchte Variante stellte die Integration von oberflächennahen Erdwärmeabsorber dar. Aufgrund der beschränkten Platzverhältnisse und des nicht irrelevanten Platzbedarfs der horizontalen Absorber und deren Anbindung, ergaben sich eine Vielzahl an Kreuzungspunkten und Einschränkungen sowohl für die Außenanlage inkl. Rigolen und Entwässerungsleitungen, sowie für das Absorbersystem, woraufhin diese Variante der Wärmequelle wieder verworfen wurde. Eine Lösung mit punktuellen Erdsondenbohrungen, welche sich zum Teil unterhalb der Bodenplatte realisieren lassen, erwies sich aufgrund der Platzverhältnisse als praktikabler.

Auf Grundlage der Entwurfsplanung wurde eine Kostenberechnung erstellt. In Hinblick auf eine Zeitoptimierung in der Realisierung sowie ein Kostenoptimierung wurden der Einsatz von vorgefertigten Modulbädern untersucht. Diese bieten die Möglichkeit, den Installationsschwerpunkt in den Bädern im Werk vorzuproduzieren und in der Realisierungsphase lediglich Anschlussarbeiten vorzunehmen. Aufgrund der unterschiedlichen Ausführung der Bäder und der daraus resultierenden geringen Anzahl an gleichartigen Modulen war die Wirtschaftlichkeit der modularen Vorfertigung jedoch nicht gegeben.

## **2.i: Energie- Contractor**

Mit der Finalisierung des Wärmeerzeugungs- und Versorgungskonzepts und einer detaillierten Kostenbetrachtung konkretisierte sich, dass trotz einer aus ökonomischen Sicht vertretbaren Amortisation der benötigten Gebäudetechnik, ein hohes Investitionsvolumen für die Umsetzung des Energiekonzeptes von Nöten sein würde. Da Angemessenheit und Wirtschaftlichkeit der Planung gegeben waren, entschied man sich für die Beteiligung eines Energie- Contractors. Die Realisierung der Wärmeerzeugungsanlagen und der Photovoltaikanlage, sowie deren Betrieb und Wartung sollen an einen Energie- Contractor gegeben werden. Der Contractor fungiert als Investor, wird Eigentümer der Anlagen und ist für die effiziente Bereitstellung von Wärme und Strom verantwortlich. Das Produkt der Erzeugung wird dem Contractor über einen vertraglich vereinbarten Energiepreis, zuzüglich Grund- und Verrechnungspreis vergütet. Ein entscheidender Vorteil ist neben der finanziellen Entlastung des Bauherrn auch ein langfristig garantierter effizienter Betrieb der gebäudetechnischen Anlagen. Schließlich hat der Contractor ein Interesse an einer möglichst hohen Effizienz der Anlage, da sich sein Gewinn über günstige Energieerzeugungskosten darstellt.

Im Zuge der Entwurfsplanung wurden anhand der bekannten Datengrundlage Angebote von potenziellen Anbietern eingeholt. In Kooperation mit den Anbietern konnten somit bereits Optionen zur Kostenreduktion im Zuge der Entwurfsplanung mit den Bewerbern erörtert werden.

## **2.j: Außenanlagenplanung**

Zur Unterstützung der Klärung der komplexen PKW-Stellplatz-Problematik, sowie für die Planung der Regenwasserversickerung auf dem Grundstück, obgleich der begrenzten Platzverhältnisse und einer gesamtheitlichen Gestaltung der Außenanlagen wurden ein Büro mit der Außenanlagenplanung beauftragt. Die Planung sieht vor die Außenanlagen des Projektes in Ihrer Gesamtheit zu betrachten und somit alle Wohnbauten miteinander zu verbinden. Alle Niederschläge, sowohl der Dachflächen, als auch der Oberflächen werden vor Ort in Rigolen versickert. Zur Reduktion der Regenwassermengen werden Wege und befahrbare Hofflächen des Quartiers mit versickerungsfähigem Betonsteinpflaster erstellt. Die Parkflächen entlang der Albert-Einstein-Straße werden mit Rasenfugenpflaster bzw. Drainfugenpflaster ausgestattet.

## **2.k: Behörden**

Zur Abklärung der örtlichen Voraussetzungen wurden die ansässigen Energieversorger kontaktiert und die benötigten Medien, sowie Energiemengen beantragt. Im Zuge von Vorgesprächen, sowie einer Bauvoranfrage wurde versucht für Abweichungen von baurechtlichen Vorschriften eine Befreiung oder Ausnahme zu erwirken. Dies betraf in erst Linie eine Abweichung von festgesetzten Stellplatzschlüssen, etwas durch die Kompensation durch Fahrrad/Lastenradstellplätze oder die Integration von Carsharingangeboten, aber auch geringfügige Überschreitungen der GRZ, sowie von vorgegebenen Bauhöhen und Baufenstern. Die Bemühungen, um ein Lösungsfindung im Gespräch, blieben jedoch bedauerlicherweise erfolglos.

## **5.3 Weiteres Vorgehen**

Mit Abschluss der Entwurfsplanung erfolgt die Einreichung der notwendigen Unterlagen für den Bauantrag an die Genehmigungsbehörden.

Weitere Schritte sind die finale Detaillierung der Planung zur Ausführungsreife, die Vergabe der Bauleistungen an ausführende Firmen, wobei diese in Bereich des Holzbaus teilweise bereits vor der Fertigstellung der Planung erfolgt, sowie die Realisierung in der Bauphase und die abschließende Dokumentation und Objektbetreuung.

Die Einzelnen Bauabschnitte, bestehend aus Rohbau, Holzbau und Ausbau sollen für die vier Gebäude in etwa zeitgleich realisiert werden. Dies verlangt einen besonders sorgfältig ausgearbeiteten Zeitplan. Insbesondere das Ineinandergreifen der Vorfertigung einzelner Elemente, deren Lieferung und die Montage der nicht elementierbaren Bauarbeiten vor Ort, muss exakt abgestimmt werden. Die unterschiedlichen am Bau beteiligten Gewerke werden im Taktverfahren integriert.

### **3.a: Projektsteuerung**

Das Büro Element A Architekten soll über die Projektsteuerung hinaus auch die Bauleitung für das gesamt Wohnquartier übernehmen. Essenteil ist die Ausarbeitung des Bauablaufplans und die Koordination aller beteiligten Gewerke.

In der Realisierungsphase werden, die in den vorangegangenen Phasen erarbeiteten Ziele umgesetzt und die Einhaltung der planerischen Vorgaben durch die Entwurfsarchitekten, sowie der technischen Vorgaben der beteiligten Fachplaner (Bauphysik, Statik und des Brandschutzes) kontrolliert.

### **3.b: Architekten**

Nach erfolgter Baugenehmigung wird von den Architekten und den beteiligten Fachingenieuren und Holzbauern die Detail- und Werkplanung im Maßstab 1.50, 1:20, 1:5 erarbeitet. Auf Grundlage der Planung wird unter Integration der Fachplaner und Holzbauer eine immer präzisere Kostenberechnung der Baukosten erstellt. Mit Abschluss der Ausführungsplanung werden die Leistungen in Form eines Leistungsverzeichnisses zusammengestellt und für die Vergabe an die ausführenden Firmen fertiggestellt. Im Zuge der Realisierung stehen die Architekten dem Bauherrn bei Bedarf und Beauftragung zur Qualitätssicherung zur Verfügung.

### **3.c: Holzbauer**

Nach der Beauftragung durch den Bauherrn erfolgt die Werksplanung. Bei Bedarf erfolgt die Rücksprache mit den Architekten, sowie der Bauleitung. Wand und Deckenelemente werden im Werk vorgefertigt und dann entsprechend des Zeitplans in Koordination mit der Bauleitung vorort aufgestellt.

### **3.d: Tragwerksplaner**

Der Tragwerkplaner finalisiert im intensiven Kontakt mit den Architekten, Bauphysikern und dem Brandschutz die Konstruktionspläne (Werkstattpläne).

### **3.e: Brandschutz**

Beratende Funktion und Unterstützung bei Fragen der Werkplanung.

### **3.f: Klimaengineering**

Das Büro hat ab dieser Phase nur noch beratende Funktion, falls es in der Ausführungsplanung Planungsänderungen geben sollte. Hinzugekommene Aspekte der Nachhaltigkeit, Ökonomie und ressourcenschonendem Bauen werden weiterentwickelt.

Mit Abschluss der Planung kann das Ingenieurbüro bei entsprechender Beauftragung als weiteres Bewertungskriterium die Umweltwirkungen der einzelnen Gebäude ermittelt und verglichen werden. Anhand einer Lebenszyklusanalyse über alle Lebenszyklusphasen erfolgt die Auwertung, insbesondere auch im Hinblick auf die „Graue Energie“ der Baustoffproduktion, der Betriebs- sowie Recyclingphase (ohne Bilanzierungsgrenze).

Mit Abschluss der Realisierung kann das Gebäudemonitoring umgesetzt und gegebenenfalls weitere Optimierungen im Betrieb vornehmen werden. Des Eingangs gesteckten Ziel können dann mit den tatsächlich erreichten Zielen verglichen werden.

### **3.g: Bauphysik**

Beratende Funktion und Unterstützung bei Fragen der Werkplanung hinsichtlich Einzelnachweise für Wärmebrücken.

### **3.h: HLSE- Planung**

Detailplanung für die Gewerke HLSE in Abstimmung mit Brandschutz, (Ausführung von Brandschottungen in Schächten und Brandabschnitten), sowie Statiker und Architekt hinsichtlich Detaillierung der Leitungs- und Kanalführung. Zusammenfassung der benötigten Leistungen in einem Leistungsverzeichnis, sowie einer Ausschreibung und Unterstützung bei der Vergabe der Leistungen an geeignete ausführende Firmen. Einweisung der ausführenden Firmen und sowie die Qualitätssicherung der geplanten Leistungen zu entscheidenden Realisierungsstufen (Meilensteine) auf der Baustelle.

### **3.i: Energie- Contractor**

Detailplanung der Wärmeversorgung in der Technikzentrale, sowie der Geothermie-Wärmequelle. Realisierung und Inbetriebnahme der Anlage. Betreuung und Wartung der technischen Anlagen.

### **3.j: Außenanlagenplaner**

Detaillierung der Planung, Abstimmungen mit den zuständigen Fachplanern, Ausschreibung der Leistung, Vergabe und ggf. Qualitätsprüfung im Zuge der Realisierung.

**3.k: Behörden:**

Integration und Genehmigung von Bohrsonden (Geothermie) oder anderen Eingriffen in Natur und Umwelt. Abstimmungen bei etwaigen Auflagen in der Baugenehmigung.



## 6 Baukörper

### 6.1 Partner und Partner Architekten

#### 6.1.1 Architektonisches Konzept

##### Kubatur

Das Gebäudekonzept entstand im engen Zusammenhang zum Energiekonzept. Ziel war ein Haus zu schaffen, das einen natürlichen Wohnkomfort ohne komplizierte Bautechnik durch optimierte Bauphysik erreicht. Ausgangspunkt war das thermische Konzept mit aktivierter Glasfassade und transparenter Wärmedämmung. Die Kubatur wurde so geformt, dass die der Sonne ausgesetzte Fassadenfläche (Süd, Ost und West) maximiert wird. Es handelt sich um drei Wohnungstypen pro Geschoss, die ineinandergesteckt sind, wodurch die Außenwand mehrfach geknickt wird.

Um eine Mischung von Bewohnern zu erzielen, wurden drei unterschiedliche Wohnungsgrößen geplant - jeweils eine 2-, 3- und 4-Zimmer-Wohnung pro Geschoss und zusätzlich eine 3-Zimmer-Wohnung im Staffelgeschoss (3.OG). Diese drei Wohnungstypen sind als zusammengesteckte Bauvolumen mit unterschiedlichen Wandhöhen auch von außen ablesbar.

Der höchste Baukörper ist das Staffelgeschoss an der Nord-West-Seite, zwei weitere Baukörper sind 3-geschossig mit unterschiedlichen Attikahöhen. Auf dem Ostteil über den 2-Zimmer-Wohnungen befindet sich die Dachterrasse, wo die erhöhte Attika als Brüstung/ Absturzsicherung dient.

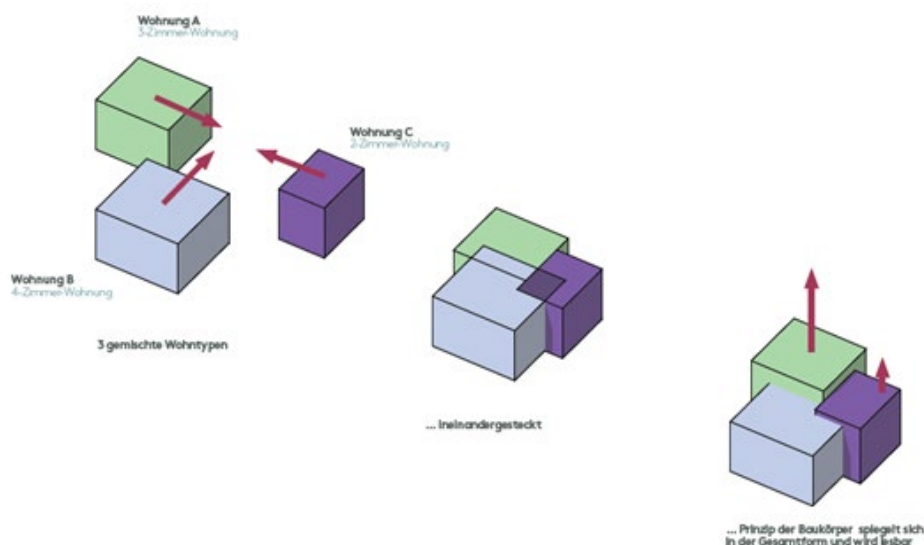


Abbildung 3: Konzept Wohnungsmix und Bauvolumen

An der Nordseite befindet sich der Erschließungskern, wodurch die Wohnungen nur gering an die Nordseite angrenzen. Alle Wohnungen öffnen sich zu drei Himmelsrichtungen und die Öffnungen in den Wohnungen sind für eine optimale Querlüftung konzipiert.

Jede Wohnung verfügt über eine großzügige Loggia, die als Übergangszone von Innen und Außen konzipiert wurde. Die Loggien sind die einzigen Öffnungen nach Süden. Es wurden bewusst keine direkten Fensteröffnungen an der Südfassade geplant, um extreme Sonneneinstrahlung zu vermeiden. Alle Fenster zu Schlafzimmern erhalten einen außenliegenden Sonnenschutz mit kompletter Verdunkelungsmöglichkeit.

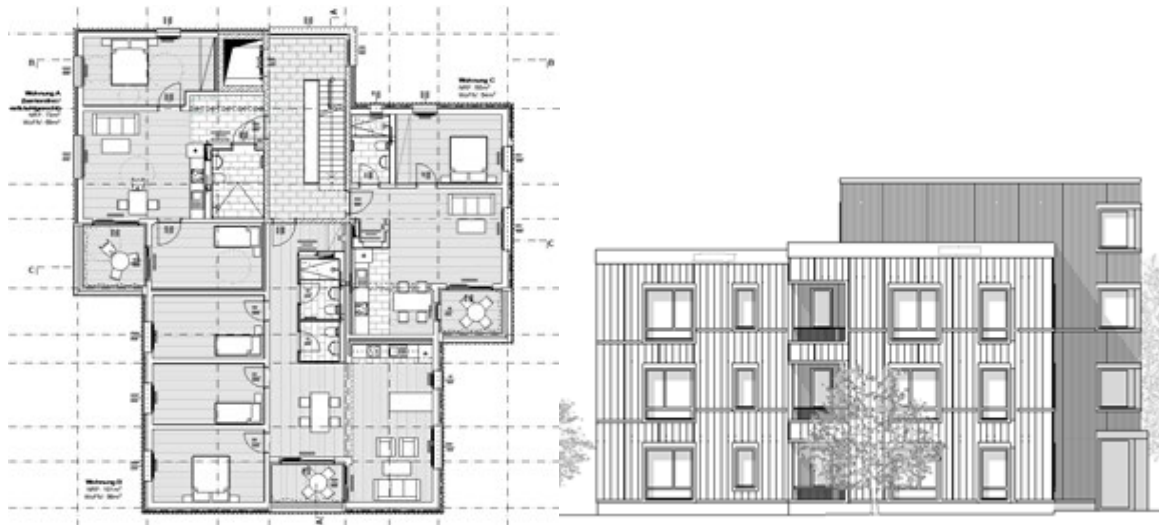


Abbildung 4: Grundriss Regelgeschoss Grundriss Regelgeschoss + Ansicht Ost, von Albert-Einstein-Straße

## Fassade

Die äußere Witterungsschicht besteht aus Profilbauglas und steht mit einem Abstand zur Wandfläche. Die Luftschicht dazwischen wirkt als aktiver Energiespeicher, der mit Sensorgesteuerten Lüftungsklappen reguliert wird. Im Winter bleiben die Klappen geschlossen und die erwärmte Luft funktioniert als aktive Wärmedämmung. Im Sommer werden die Klappen geöffnet, so dass die heiße Luft abzieht. Die thermische Auswirkung wurde mit einer Gebäudesimulation durch die TGA-Planung, Transsolar, überprüft.

In der ersten Simulation kam es zu teilweise sehr hohen Temperaturen. Um eine Überhitzung zu vermeiden, wird die Außenwand mit einer weißen Lasur versehen. Die Holzmaserung soll trotzdem sichtbar bleiben. An der Nordfassade wird zusätzlich eine Wärmedämmung angebracht. Der 4-geschossige Baukörper erhält eine hinterlüftete Holzfassade mit Dämmung.

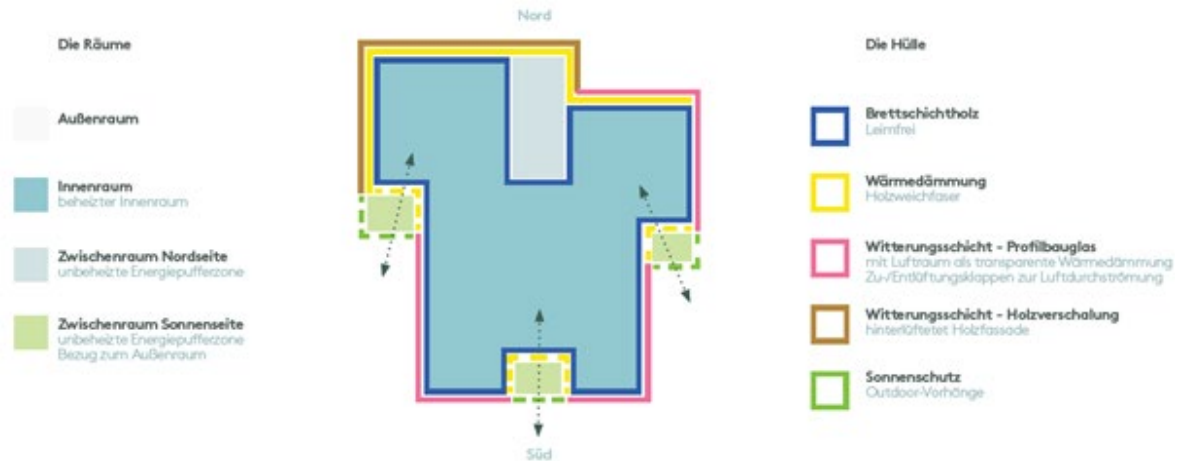


Abbildung 5: Energiekonzept Raum und Fassade

## Holz-Sichtigkeit

Die mit Holzschrauben verschraubte Holzoberfläche der nicht verleimten Außenwände bleibt hinter der Profilbauglasfassade sichtbar. Die Holz-sicht Oberflächen sind für die Wahrnehmung der Materialität wichtig und laden zum Gespräch ein. Es hat einen Bildungseffekt, die Konstruktion des Gebäudes zu verstehen, besonders die leimfreie Herstellung durch die sichtbaren Holzschrauben offenbart. Neben der Realisierung einzelner Gebäude in Holz ist es wichtig, durch vorführbare Projekte einen langzeitlichen Effekt von vermehrter Anwendung von Holz zu erreichen.

Unter anderen Gründen sind ebenfalls die Innenwände, bzw. die Innenseiten der Außenwände mit Holz-sichtigen Oberflächen geplant. Die offenporige Holzoberfläche trägt dabei positiv zum Raumklima bei, indem es feuchteregulierend wirkt.

## 6.1.2 Ökologisches Konzept

### Holz

Das 4-geschossige Mehrfamilienwohnhaus wird zum großen Teil in einer massiven Holzbauweise aus nicht verleimten Brettsperrholzwänden und Brettstapeldecken errichtet. Das Material Holz wurde dabei bewusst und ausdrücklich ausgewählt. Holz verbraucht nicht nur wenig Energie in seiner Produktion als Baustoff, sondern produziert bis vor seiner Verarbeitung Sauerstoff und bindet CO<sup>2</sup>. Ungleich zu Beton, bei welchem die Rohstoffe wie Sand bereits knapp sind, ist Holz ein nachwachsender Rohstoff. Im Gegensatz zur Ausbeutung von endlichen Rohstoffen führt eine höhere Nachfrage an Holz zu mehr Produktion an Bäumen (Forstwirtschaft), die eine positive Auswirkung auf das globale Klima haben.

### Brettschichtholz

Offensichtlich existieren unterschiedliche Holzbauweisen, vom traditionellen Fachwerk bis zu vorfabrizierten Raummodulen. In diesem Bauvorhaben wurde die massive Holzbauweise mit Brettschichtholz gewählt, da die Tragstruktur aus übereinanderliegenden tragenden Wänden konzipiert wurde. Die Aussteifung erfolgt durch Wand- und Deckenscheiben. Im Bereich des Treppenhauses sind die aussteifenden Scheiben aus Stahlbeton, im übrigen Gebäude werden die Scheiben im Holzbau ausgebildet.



Abbildung 6: Übersichtsplan Holzkonstruktion

Die nichttragenden Wände, bzw. zum größten Teil Installationswände, werden in Holzständerbauweise gebaut. Der Vorteil an Ständerbauweise ist der bessere Schallschutz. Um die Schallübertragung bei massiven Holzwänden zu mindern, werden Elastomer Lager

über die Gesamtlänge der Wandunterseiten und Seiten angebracht. Hersteller von unterschiedlichen Elastomer Lagern, die verschiedenen statischen und schalltechnischen Anforderungen erfüllen, ist z.B. die Fa. Getzner mit Produkten aus Kunststoff. Eine alternative nachhaltige Variante ist das Produkt Phonestrips aus Quarzsand gefülltem Karton von der Fa. Wolf-Bavaria. Bei sehr hoher Anforderung könnte die Anwendung aufgrund der wenigen Ausführungsvarianten eventuell nicht möglich sein.

Zusätzlich können schallentkoppelte Winkelprofile für die Halterung der Wand- und Deckenelemente verwendet werden. Allerdings muss im Vergleich zu herkömmlichen Winkelverbindern eine höhere Anzahl angebracht werden, um die gleiche statische Anforderung zu erfüllen, was wiederum zu erhöhter Schallübertragung führt. Dementsprechend ist im Einzelfall darüber nachzudenken, ob sich der Mehraufwand lohnt. In diesem Bauvorhaben wird auf den Gebrauch der schallentkoppelten Winkelprofile verzichtet.

### **Brettstapeldecke**

Die Abstände und Anordnung der Wände wurden darauf abgestimmt, um die Brettstapeldecke optimal zu tragen. Im Vergleich zu einer Brettschichtdecke ist die Brettstapeldecke tragfähiger bei einer geringeren Höhe, wodurch an Material gespart werden kann. Sie besteht aus nebeneinander gereihten Brettern, die in diesem Fall leim-frei zusammengeschraubt sind. Die Ausrichtung ist in der Grundrissplanung, sowie auch bei der Durchbruchplanung zu beachten.

### **Leim-freiheit**

Besonderheit der Brettsperrholzwände und Brettstapeldecken in diesem Bauvorhaben ist die Leim-Freiheit. Die leim-freie Herstellung erfolgt durch Holzschrauben, die mindestens drei Schichten von vertikalen, horizontalen und diagonalen Holzbrettern zusammenhält. Die äußerste Oberfläche bleibt unbedeckt offen zum Wohnraum, wodurch das atmungsfähige Holz feuchteregulierend auf das Raumklima wirkt. Bei verleimten Brettsperrholzelementen werden alle Schichten (und die einzelnen Bretter welche die Schicht bilden) miteinander verleimt. Da der Leim zwischen den Holzschichten nicht mehr trennbar ist, ist die Rückbaubarkeit und Verwertbarkeit nach Abbruch beeinträchtigt. Dazu werden verleimte Brettsperrholzelemente häufig aus importierten Hölzern hergestellt, was den ökologischen Fußabdruck bereits über den Transport erhöht.

Der Bauträger von diesem Bauvorhaben ist die Evangelische Stiftung Pflege Schönau, welche größter körperschaftlicher Waldbesitzer von Baden- Württemberg ist. Bei der Herstellung der Holzbauelemente von „Nur-Holz“ Fa. Rombach für dieses Bauvorhaben werden voraussichtlich diese Hölzer aus der lokalen Forstwirtschaft verwendet werden. Es entsteht ein Kreislauf von Produktion und Verwertung innerhalb der Region.

### **6.1.3 Planerische Umsetzung**

#### **Nutzung**

Das Mehrfamilienwohnhaus mit 10 Wohneinheiten ist 4-geschossig, inklusive Staffelgeschoss im 3.OG. Alle Dächer sind gemäß dem Bebauungsplan mit Flachdächern geplant, welche extensiv begrünt und mit PV Anlagen aktiviert werden oder als Dachterrasse mit Holzdielen belegt werden. Das Gebäude verfügt über eine Teilunterkellerung, die sich unter dem 4-geschossigen Baukörper befindet. Im Untergeschoss befinden sich die Technikräume, Abstellräume für jede Wohnung, und ein Wäscheraum mit Anschlüssen für Waschmaschinen. Die Wohnungen befinden sich in den oberirdischen Geschossen, EG bis 3.OG.

Die Gebäudeerschließung erfolgt durch das Treppenhaus und einem Aufzug, vom Untergeschoss bis zum Dachgeschoss. Vom Erschließungskern im Dachgeschoss ist ein Austritt zur Dachterrasse möglich, die für alle Bewohner des Hauses zur Verfügung steht. Im Außenraum befinden sich 20 überdachte Fahrradabstellplätze und ein eingezäunter Müllstandort. Gem. Bebauungsplan sind 18,5 Stellplätze geplant. Die Barrierefreiheit der Erschließung von gemeinsamen Nutzflächen wird durch ausreichende Durchgangsbreiten von 1,50m und schwellenloser Ausführung beachtet. Die 4-mal vorhandene 3-Zimmer-Wohnung ist barrierefrei zugänglich und auch für Rollstuhlfahrer geeignet.

Der erste Rettungsweg führt über die notwendige Treppe im notwendigen Treppenraum und wird baulich gesichert. Der Treppenraum grenzt an die Außenfassade und verfügt über Fensteröffnungen in jedem Geschoss. Der zweite Rettungsweg führt über Anleiterstellen an den Loggien.

#### **6.1.4 Resüme und Bewertung der Ergebnisse**

Während der Vertiefung der Planung führten unterschiedliche neue Erkenntnisse zu Anpassungen oder Änderungen von ursprünglichen Vorstellungen. Die Zielsetzung und das Gesamtkonzept ist aber erfolgreich angestrebt worden. Einige Untersuchungen, die erst während der Detailplanung vorgenommen wurden, konnten zuvor nicht bewertet werden und konnten z.B. aus wirtschaftlichen Gründen nicht in die Planung einbezogen werden. Folgend sind nicht ausgeführte Untersuchungen und deren Erkenntnisse aufgelistet, die für zukünftige Projekte hilfreich sein würden.

##### **Solarthermie**

An der Südfassade waren ursprünglich Fassadenkollektoren für Solarthermie geplant. Die Kollektoren sollten hinter der Glasfassade angebracht werden und somit das Energiepotenzial vollumfänglich ausnutzen. Obwohl das Energieerzeugnis für 70% der Energieversorgung für zwei Gebäude ausgereicht hätte, wurde aus Kostengründen auf die Solarthermie Anlage verzichtet. Ein weiteres Problem wäre aber auch die Überhitzung im Luftraum. Durch die Wärmespeicherung der schwarzen Absorber erhitzt sich der Zwischenraum über 100°C, was für den Innenraum negative Auswirkungen hätte. Eine Option wäre, Wärmedämmung an der Rückseite anzubringen und den Luftraum von den restlichen Fassaden zu trennen, im Prinzip ähnlich zu existierenden modularen Produkten. Für dieses Projekt hätte es aber in Konflikt mit dem Konzept der Holz-Sichtbarkeit gestanden.

##### **Loggien Verglasung**

Im ursprünglichen Konzept waren die Loggien als Wärmespeicher geplant, in Fortsetzung des Fassadenkonzeptes. Mit doppelschichtigen Faltschiebeläden, Außen mit Holzlamellen und Innen aus Glas, würde die Loggia im Winter als warmer und trockener Wintergarten, und im Sommer als beschatteter und durchlüfteter Außenraum dienen.

Aus Kostengründen wurde auf diese mobilen Elemente verzichtet. Das räumliche Konzept als Bezugsort zum Außenraum bleibt unverändert. Die sommerliche Funktion ist durch einen Sonnenschutz-Vorhang ebenfalls gegeben.

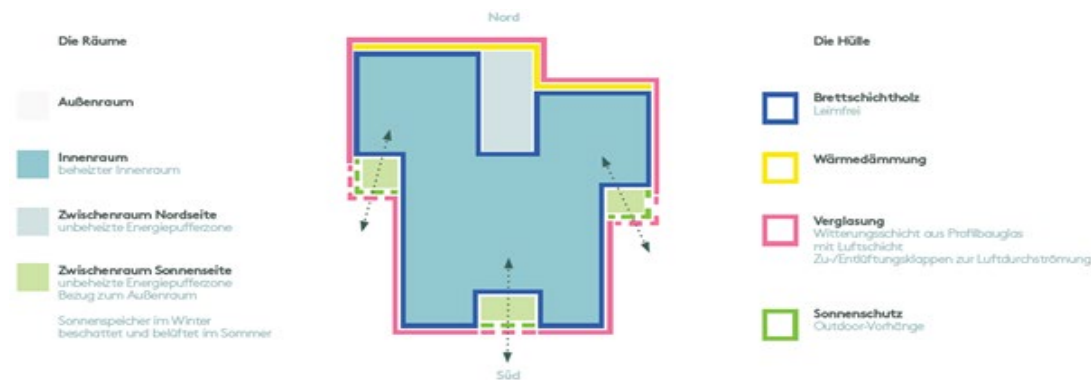


Abbildung 7: Energiekonzept Raum und Fassade (ursprünglich) vgl. s. Abb.4

### Holzfassade am 4-geschossigen Baukörper

In Fortführung der Planung wurde die Glasfassade vom 4-geschossigen Baukörper in eine hinterlüftete Holzverschalung geändert. Dazu gab es zwei aufbauende Gründe. Der erste Grund war die Anforderung aus dem Brandschutz, wo ab Gebäudeklasse 4 eine Trennung in der Fassadenebene eingeplant werden muss, um den Brandüberschlag zu vermeiden. Nach thermischer Simulation ergab sich, dass der notwendige Luftabzug nicht ausreichend erfüllt wurde. Durch die Anordnung der Ab- und Zuluft-Klappen direkt übereinander, könnte die heiße Luft von der unteren Fassade teilweise in die obere Fassade wieder eingezogen werden.

### Treppenhaus und Aufzugsschacht in Holz

Das Treppenhaus und der Aufzugsschacht wurden zuerst in Holzkonstruktion geplant aber im Nachhinein in Stahlbeton geändert. Neben Kosten war der Brandschutz der Grund. Zur Standsicherheit oder der Aufzugstechnik gibt es keine Bedenken. Im Prinzip ist die Anwendung von Holz als Tragwerk im auch in der Gebäudeklasse 4 möglich, wenn die Oberflächen mit nicht brennbaren Materialien verkleidet werden. Allerdings muss die Treppenkonstruktion laut Landesbauordnung aus nicht brennbarem Baustoff bestehen. Es ergibt sich ein Widerspruch, dass die tragenden Wände, welche die Treppe tragen, eine andere Anforderung haben, als die Treppe an sich.

### Trockener Bodenaufbau

Ein nachhaltiger Bodenaufbau ohne Nassestrich wurde untersucht. Ziel war bei Erfüllung der erhöhten Schallschutzanforderung die Rückbaubarkeit und Wiederverwertbarkeit sicher zu stellen. Gewünscht war auch eine Fußbodenheizung. Erstaunlicherweise gelingt es beim trockenen Bodenaufbau mit einer geringeren Aufbauhöhe im Vergleich zum nassen Bodenaufbau. Trotz Verwendung vom Zementestrich kann die Schüttung nicht reduziert werden und die Trittschalldämmung muss erhöht werden. Die Höhe von Trockenestrich + Fußbodenheizmodule ist geringer als der Heizestrich.



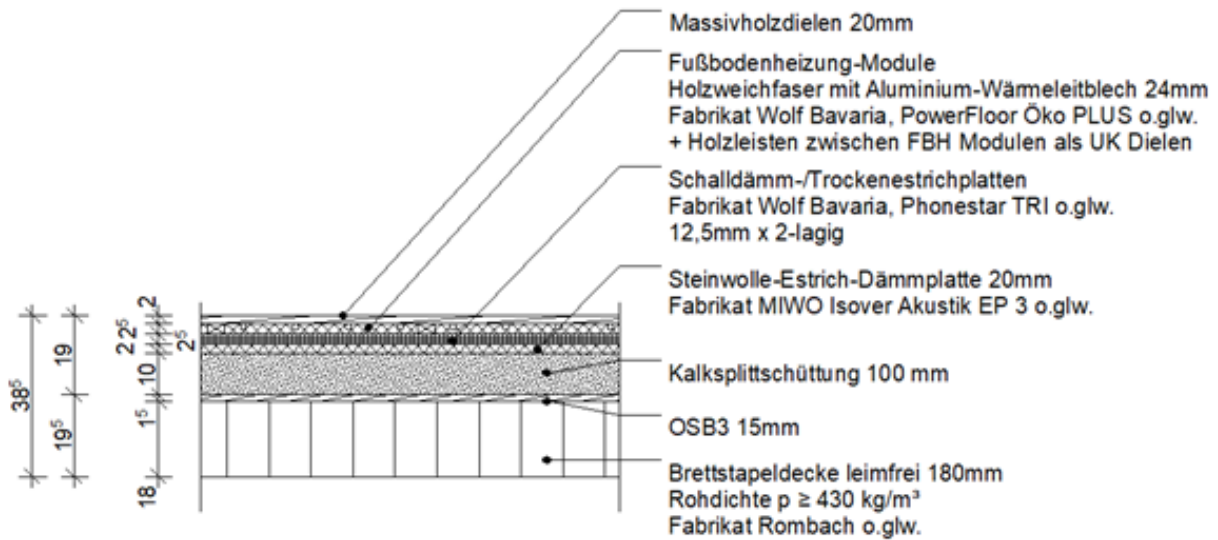


Abbildung 8: Bodenaufbau mit Trockenestrich

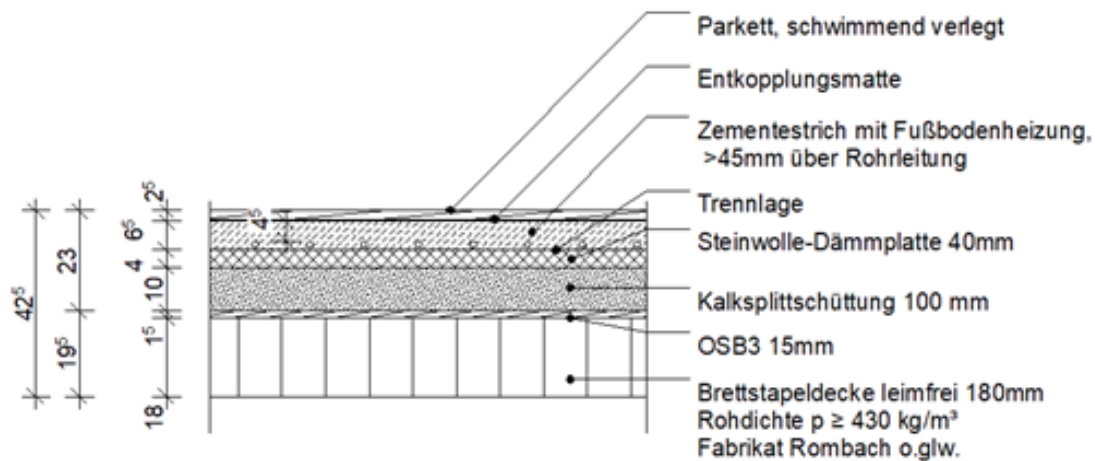


Abbildung 9: Bodenaufbau mit Nassestrich

Zwischen den FBH-Modulen können Leisten zur Befestigung von Dielen verlegt werden, welche einfacher rückzubauen sind als z.B. Parkett. Vollholzdielen sind langlebiger als Schichtparkett und können mehrmals abgeschliffen und aufgearbeitet werden. Ein Vorteil vom Nassestrich, welches nicht in der DIN-relevanten Schallbemessung geprüft wird, ist die reduzierte Übertragung der Tiefenfrequenz.

Doch der maßgebende Entscheidungsgrund gegen den Trockenaufbau waren die Kosten vom Fußbodenheizmodul. Die Kosten vom Trockenestrich und Nassestrich sind zwar vergleichbar, aber ungleich zum Heizestrich, in dem die Fußbodenheizung integriert werden kann, kommen diese Kosten beim Trockenaufbau noch dazu. Es wäre also empfehlenswert im Vorfeld die Kosten zu berücksichtigen und zu kommunizieren.

## 6.2 BEYER WEITBRECHT STORZ + PARTNER

### 6.2.1 Architektonisches Konzept

Geplant ist ein Mehrfamilienwohnhaus mit 9 Wohneinheiten in ökologischer Holzbauweise.

Das Gebäude ist als 3-Spänner konzipiert mit einem zentralen Treppenhaus und Aufzugskern in Stahlbeton, um diesen herum sich eine 2-Zimmer-, 3-Zimmer- und 4-Zimmerwohnung in jedem Geschoss gruppiert, sodass eine soziale Durchmischung gewährleistet ist.

Alle 2-Zimmerwohnungen, sowie die 3-Zimmerwohnung im EG sind barrierefrei.

Das Haus ist um ein halbes Geschoss aus dem Erdreich versetzt, damit sich die Wohnungen im EG von der Straße und den Parkplätzen an der Ostseite abheben und somit eine Abgrenzung ermöglicht wird.

Die Wohnungen zueinander und auch die Grundrisse sind klar gegliedert. Damit wird die Konstruktion und der Schallschutz zwischen den Einheiten vereinfacht. Die Balkone der jeweiligen Wohnungen sind so versetzt angeordnet, daß auch hier die Privatsphäre untereinander gegeben ist.



Abbildung 10: Grundriss Regelgeschoss

Die Fassade ist nach Norden hin weitgehend geschlossen. Um die solare Einstrahlung zu nutzen sind die Wohnungen nach ost, west und süd orientiert.

Vor den Fenstern haben wir uns für horizontal verschiebbare Schiebeläden entschlossen, damit wird die Fassade gestaltet und es entfallen die Wärmebrücken durch die Rolladenkästen.

Durch die Gliederung der Lammellen und dem konstruktive Aufbau der Schiebeläden ist der sommerliche Wärmeschutz einzuhalten.



Abbildung 11: Ansicht Nord



Abbildung 12: Ansicht Süd

## 6.2.2 Ökologisches Konzept -HOLZBAU

Eine ganzheitlich ökologische Bauweise ist Grundprinzip unserer planerischen Arbeit und so wurde dies auch in diesem Projekt zum Kernpunkt unseres Entwurf.

Es wird heute viel über ökologisches Bauen gesprochen, dabei wird oft die Ökologie auf den Baustoff Holz reduziert. Ein Haus besteht allerdings aus viel mehr Komponenten als nur dem Rohstoff Holz. Für uns ist deshalb die nachhaltige ökologische Bauweise im gesamten wichtig:

- Auswahl von umweltschonenden Materialien und Konstruktionen
- Niedrige Primärenergien in der Prozesskette
- Toxikologisch unbedenkliche Materialien (Boden, Wasser, Luft)
- Vermeidung von hohen Leimanteilen (Formaldehyde), Fungiziden, Boriden, Stirolen, Urethanen, Kunstharzen, Melaninen und Holzschutzmitteln
- Raumlufprüfung auf Schadstoffe

Wir haben erkannt, daß es für ein einzelnes Architekturbüro schwierig ist im Umfeld immer komplexer werdender Industrieproduktionen unseren ökologischen Anspruch zu garantieren.

Mit der Fa. Baufritz in Erkheim haben wir einen Partner, mit denen wir zusammen diese Grundsätze entwickelt haben und die Sicherung des Umwelt- und Qualitätsmanagements nachhaltig garantiert werden können.

Die Firma ist VDB Zertifiziert, die eine umfangreiche Beurteilung der baubiologischen Wohnqualität von Gebäuden gewährleistet.

Durch breit angelegte Mess- und Prüfverfahren, gründliche Untersuchungen sämtlicher gesundheitsrelevanter Einflüsse im Haus sowie einem transparenten Bewertungsschema schützt das VDB-Prüfsiegel die Verbraucher vor Täuschung und Irreführung beim Hausbau.

Baufritz gelang es als erstem (und bislang einzigem) Hersteller in Deutschland, die Zertifizierungsanforderungen der „weißen Plakette“ – die höchste Qualitätsstufe des strengen Prüfverfahrens – zu erfüllen. Die Messungen erfolgen in bewohntem Zustand.

Hinsichtlich der sozialen Nachhaltigkeit legen wir im Planungsprozess wert auf eine heimische Wertschöpfung. Die gesammte Wertschöpfungskette soll möglichst lokal und ohne die Einfuhr industrieller Hölzer erfolgen. So achten wir auch darauf, daß die Hölzer aus nachhaltig bewirtschafteten Wäldern kommen.

Ein weiterer Aspekt liegt in der konstruktiven Reduktion mit der Verwendung von wiederverwertbaren Baustoffen, die jederzeit nach Ende des Lebenszeit eines Gebäudes in den natürlichen Kreislauf zurückgeführt, oder zu neuen Produkten recycelt werden können.

Entsprechend der Radonrichtlinien werden Ausführungsdetails für den Keller und Bodenplatten ausgearbeitet, jeweils in Abhängigkeit der zu erwartenden respektive vor Ort gemessenen Bodengaskonzentration am Grundstück.

Seit 2018 werden die Häuser von der Fa. Baufritz über Kernspurexposimeter auf Radon vermessen. Die Ergebnisse der Serienmessungen der letzten Jahre zeigen das niedrigste Radon Pegel sicherstellt und den gesetzlichen Rahmen von 300 Bq/m<sup>3</sup> deutlich unterschreitet. Bei 95 % aller bisher durchgeführten Messungen wird sogar der Vorsorgewert vom Bundesamt für Strahlenschutz (BfS) und Weltgesundheitsorganisation (WHO) von 100 Bq/m<sup>3</sup> unterschritten.

### **6.2.3 Planerische Umsetzung**

#### **Außenwand**

Die Aussenwand ist als zimmermannsmäßige Holzrahmenbauweise geplant, die aus heimischen Hölzer von zertifizierten nachhaltig bewirtschafteten Wäldern kommen. Als Wetterschutz dient eine hinterlüftete Fassade mit horizontaler Schalung aus vorvergrauter unbehandeltem Lerchenholz.

Die Besonderheit dieser Wand liegt hierbei in der Wäremedämmung. Sie besteht aus Holzspänen, die mit Molke und Soda versetzt werden und hat eine europäisch-technische Zulassung. Durch Zusatz dieser „Abfallprodukte“ der Industrie wird der Brand und Insektenschutz gewährleistet ohne dabei auf schädlichen chemischen Zusätze angewiesen zu sein. Die Molke erhöht den Flammenschutz, sodass die Aussenwand den erforderlichen Brandschutz von F30 erhält. Soda ist nichts anderes als Seife, dass aufgrund seiner alkalischen Eigenschaften den PH-Wert reduziert und somit die Insekten abhält.

Eine weitere Besonderheit ist die Abschirmung des Hauses durch hochfrequente Strahlung und niederfrequente elektrische Wechselfelder. Hierzu wird vor die Dämmung wird nach Aussen eine Platte mit einer dünnen Kohlenstoff-Auflage gesetzt, die bis zu 95% die Belastung reduziert. Diese Platte wird an die Erdungsfahnen angeschlossen und somit wird das Haus von Aussen wie ein faradayscher Käfig geschützt, indem die elektromagnetische Strahlung geerdet wird.

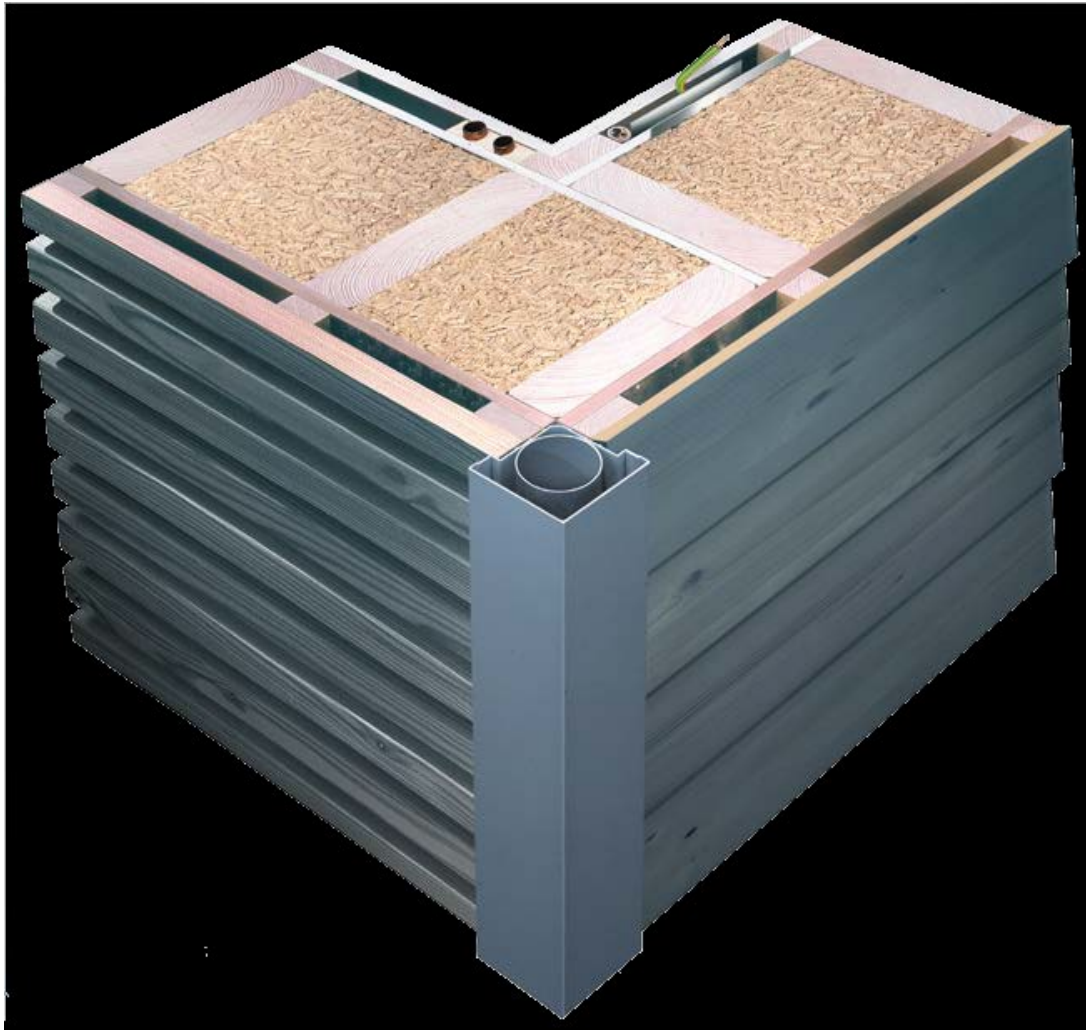


Abbildung 13: Außenwandaufbau

Innenseitig wird ein Winschutz aus armierter, geölter Baupappe als Dampfbremse vorgesehen. In Bereichen in denen Installationen in der Außenwand notwendig sind, wird eine zusätzliche Installationsebene vorgesehen, damit die Außenwand nicht durchdrungen werden muss und somit die Dichtigkeit gewahrt wird.

Die Aussenwand hat einen U-Wert von  $0,20 \text{ W/m}^2\text{K}$  und ein Schalldamm-Mas von  $R_{wP} = 45 \text{ dB}$ . Sie ist durch diesen Aufbau diffusionsoffen. Der sd-Wert als Mas für die Dampfdurchlassigkeit bewegt sich zwischen 3 bis 5 Metern und liegt somit im bauphysikalischen empfehlungswerten Bereich.

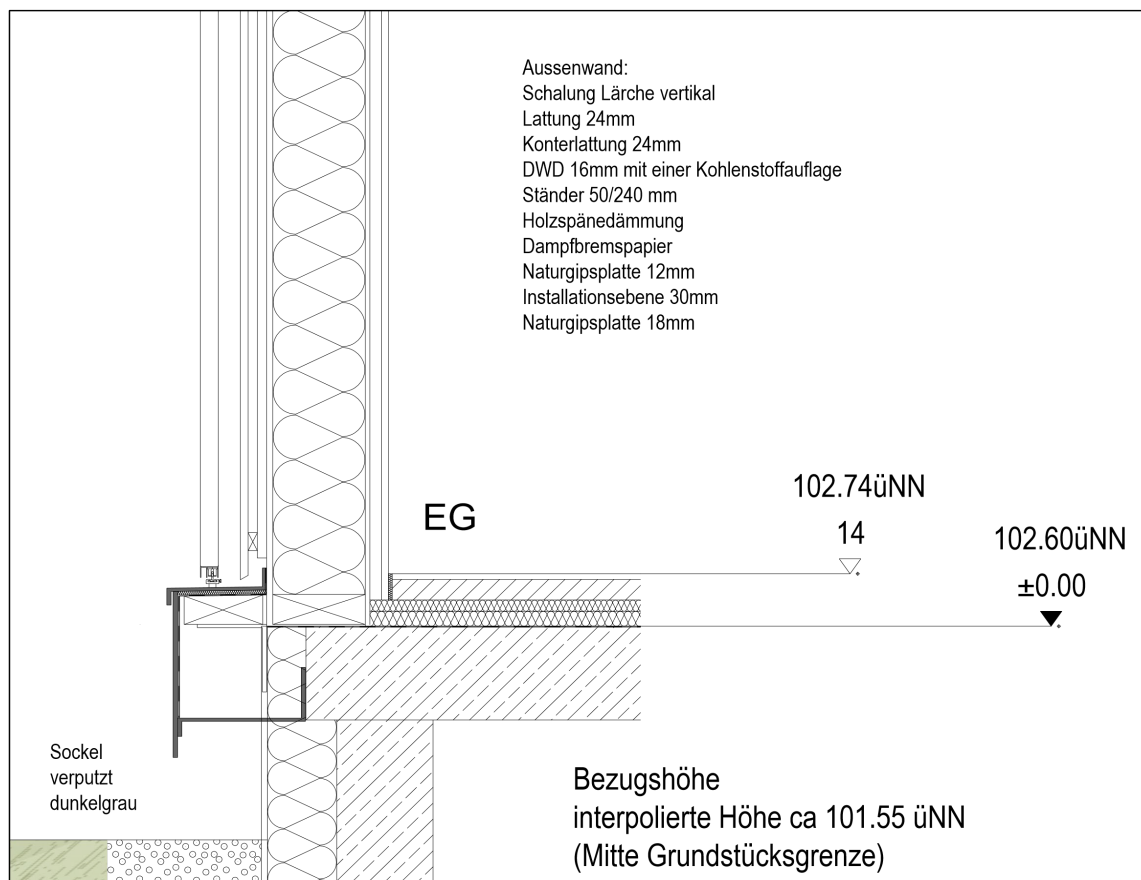


Abbildung 14: Außenwandaufbau und Sockel gegen Erdreich

## Ausbau

Als Ausbau kommen Holz-Alu Fenster mit drei-Scheibenverglasung (U-Wert 0,7) zum Einsatz. Holzalufenster bestehen zu einem Großteil aus Holz, sind aber auf der Außenseite mit einem Aluminiumprofil verstärkt. Die Fenster bestehen im Gegensatz zu Kunststofffenster aus einem nachwachsenden Rohstoff und sind durch die Aluminiumprofile witterungsbeständiger als reine Holzfenster.

Der Fensterstock wird außenseitig konstruktiv verdeckt bzw. überdämmt, sodass er nicht der Bewitterung ausgesetzt ist. Unter der Fensterbank wird eine zweite Dichtebene aus bestandigem EPDM-Kautschuk montiert.

Die Holzalufenster und die Vollholztüren werden bereits bei der Vorproduktion der Wände im Werk passgenau eingebaut, dadurch kann auf PU-Schaum verzichtet werden.



Abbildung 15: Fenstereinbau

Die Wärmeschutzverglasung des Fensters schirmt im Mittel 99,9 % der elektromagnetischen Wellen ab und ergänzt damit den Hochfrequenzschutz von Aussenwand und Dach.

### Decken/Dach

Die Zimmermannsmäßige Holzbalkendecken haben die gleiche Querschnittstiefe wie die Aussenwände und werden im Rastermaß von 62,5 cm ausgeführt. Somit wird der Plattenverschnitt minimiert und Ressourcen geschont.

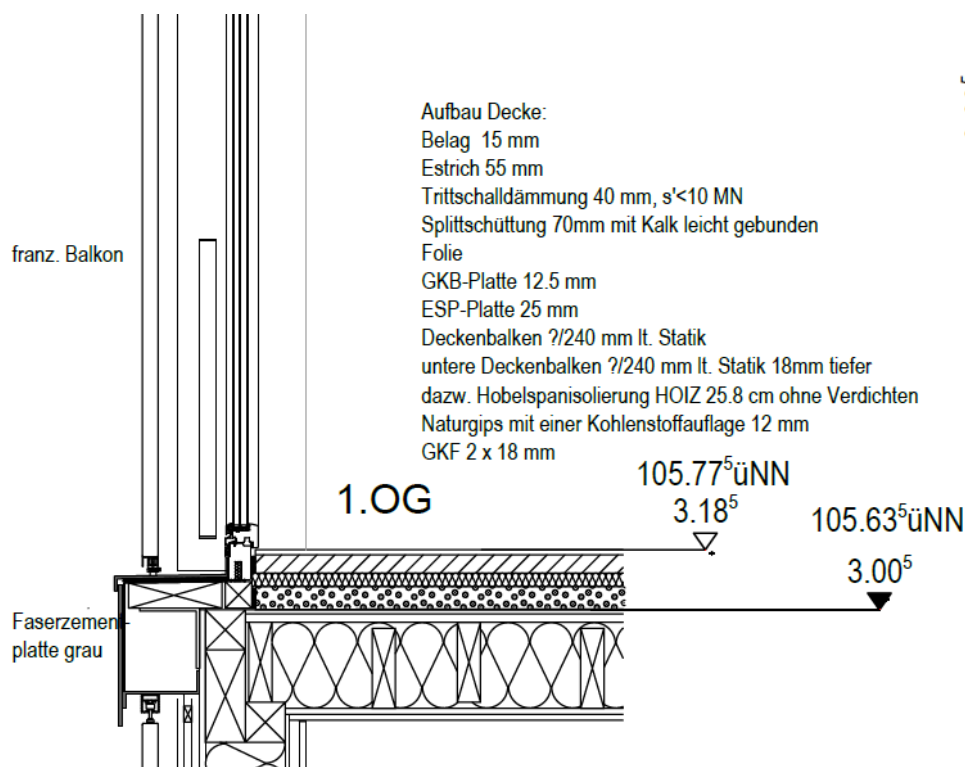


Abbildung 16: Deckenaufbau Holzbalkendecke mit entkoppelter unteren Balkenlage



Im Zuge der Planung wurden die Geschossdecken aufgrund der erhöhten Schallschutzanforderungen in ihrem baukonstruktiven Aufbau optimiert.

Die zwei Deckenbalkenlagen werden wie in der Detailzeichnung ersichtlich versetzt zueinander ausgeführt, sodass eine Übertragung vom Schall der jeweiligen Geschosse minimiert wird. Auf die Federschiene konnte verzichtet werden, da die GKF-Platte direkt an die freitragende untere Deckenbalkenlage befestigt wird.

Die Decke bietet aufgrund diesen Aufbaus einen guten Luftschallschutz mit  $R_{w,P} = 79$  dB (A) und einem Trittschallschutz von  $L_{n,W} = 29$  dB. Auf der Baustelle werden damit Trittschalldämmwerte unter  $L'_{n,W} = 46$  dB erreicht. Der Deckenaufbau entspricht der DIN 4102-4:2016-05 Tabelle 10.12 Zeilen 1 – 3 mit dem Ersatz a), c) und d) und erfüllt damit die Feuerwiderstandsklasse F30-B.

Die Gipsfaserplatte an der Unterseite ist ebenfalls wie bei der Aussenwand mit einer Kohlenstoffauflage ausgestattet, um die Feldeinflüsse aus der jeweils anderen Wohnung zu minimieren. Da auch die Wohnungstrennwände mit dieser Platte versehen werden, sind die Wohneinheiten nicht nur von Aussen sondern auch gegenseitig durch hochfrequente Strahlung und niederfrequente elektrische Wechselfelder abgeschirmt. Die Zwischenwanddämmung wird entsprechend der Aussendämmung ausgeführt.

Wo möglich werden die Unterzüge aus Konstruktionsvollholz ausgeführt. Bei den größeren Spannweiten werden Stahlträger eingebaut, damit die Raumhöhe unter den Trägern nicht zu gering wird.

### **Bodenbeläge:**

Als Bodenbeläge kommt gewachstes heimisches Vollholzparkett bzw. keramische Fliesen in den Naßbereichen zum Einsatz.

### **Keller**

Teil des Ausgangskonzeptes war die Realisierung der Stahlbetonkonstruktion im Untergeschoss aus Recyclingbeton, sowie der Einsatz von Dämmung aus Glasschotter unter der Bodenplatte.

Nach eingehender Rescherche und Rücksprach mit der Statik sind wir vom Recyclingbeton abgekommen, da dieser statisch und ökonomisch Nachteile mit sich bringt. Die ursprünglich geplante Unterkellerung konnte jedoch deutlich verkleinert werden, da die Anfangs gewünscht Tiefgarage entfiel. Der Anteil der „grauen Energie“ konnte so reduziert werden. Das Untergeschoss ist in etwa halb so groß wie das Erdgeschoss und wird aus einer Stahlbetonkonstruktion mit Aussenwärmedämmung realisiert.

#### **6.2.4 Resüme und Bewertung der Ergebnisse**

Während der Planungsphase wurden aus Gründen der Bauphysik und zur Einhaltung des Kostenrahmens einzelne Änderungen vorgenommen, welche die ökologischen Aspekte im Wesentlichen aber nicht verändert haben.

Der konstruktive Aufbau der Aussenwände ist nicht verändert worden.

Insgesamt wird im Holzbaubereich rund 74 Tonnen CO<sub>2</sub> eingespeichert. Nach Berücksichtigung der CO<sub>2</sub>-Emissionen für die Herstellung, den Innenausbau und die technischen Gewerke ergibt sich eine Nettoeinspeicherung von rund 3 Tonnen.

## 6.3 Hermann Kaufmann + Partner ZT GmbH

### 6.3.1 Architektonisches Konzept

Holz als einer der ältesten Baustoffe der Menschheit ist gleichzeitig der Baustoff der Zukunft. Bereits unsere Vorfahren wussten das Material Holz für ihre Bauten sinnvoll und dem Material entsprechend einzusetzen. Bei der Planung des Mehrfamilienhauses mit 8 Wohneinheiten für eine durchmischte Mieterschaft sahen wir von Beginn an den Mehrwert in der Einfachheit des Gebäudes. Dabei besinnen wir uns auf natürliches und materialgerechtes Bauen. Das Gebäude hat Grundrissabmessungen von ca. 18 x 20 m. Die drei oberirdischen Geschosse sind in Holz konzipiert. Als Ausnahmen hiervon sind lediglich der aussteifende Treppenhaukern und die einfassenden Wände des PKW Parksystems aus Stahlbeton. Das Untergeschoss ist ebenfalls in Stahlbeton geplant.



Abbildung 17: Grundriss EG



Abbildung 18: Ansicht Ost Zugang von Albert-Einstein-Straße, Ansicht Nord Doppelparker

### **6.3.2 Ökologisches Konzept -HOLZBAU**

#### **Holz als Wärmespeicher**

Holz weist durch seine Zellstruktur von Natur aus gute Wärmedämmwerte auf. Mit einer massiven Bauweise werden die hohe Wärmespeicherkapazität und die niedrige Wärmeleitfähigkeit von Holz optimal genutzt. Die spezifische Wärmespeicherkapazität [c] von Holz liegt durchschnittlich bei ungefähr 1,7 [kJ/kgK]. Im Vergleich dazu liegt Beton bei ungefähr 1 [kJ/kgK], Stahl bei ungefähr 0,5 [kJ/kgK] und Wasser bei ungefähr 4,1 [kJ/kgK]. Um dieselbe Masse an Holz zu erwärmen, ist ungefähr die doppelte Wärmemenge wie für Beton, die vierfache wie für Stahl und die halbe Wärmemenge wie für Wasser erforderlich. Im Umkehrschluss resultiert daraus das im Vergleich zu mineralischen Stoffen wärmeträge Verhalten von Holzbauteilen. Die Wärmeleitfähigkeit [ $\lambda$ ] von Holz liegt bei ungefähr 0,1-0,2 [W/mK] und ist vergleichsweise gering. Durch Holzwerkstoffe fließt in der gleichen Zeit die 2-5-fache und durch Beton die 60-fache Wärmemenge wie durch eine gleich dicke Dämmschicht (vgl. Zuschnitt 30: Holz bauen Energie sparen, Juni 2008, S.6f.). Durch die große Wärmespeichermasse der Massivholzelemente wird eine schnelle Auskühlung bzw. Überhitzung verhindert. Schwankende Temperaturen werden über mehrere Tage abgepuffert. Eine Holzoberfläche erwärmt sich im Vergleich zu konventionellen Baustoffen deutlich schneller. Da die Wärme an der Oberfläche angestaut wird und nur langsam in das Holz eindringt genügt eine geringe Wärmezufuhr, um abgekühlte Räume schnell auf eine behagliche Temperatur zu heizen. Wir möchten uns mit einem integralen Planungsansatz von einem U-Wert orientierten Bauen, wie es die Baugesetze derzeit vorgeben, zu einem Bauen basierend auf der Wärmespeicherkapazität weiterentwickeln.

#### **Kompaktes Gebäudevolumen**

Der von uns verfolgte Ansatz zukunftsorientiert durch die (Rück-)Besinnung auf natürliches und materialgerechtes Bauen zu denken, bringt uns auch dazu mit der Form des Gebäudes auf ein möglichst ausgewogenes A/V Verhältnis zu achten. Damit lässt sich der Wärmeverlust reduzieren und die Dämmeigenschaften des Holzes werden nicht durch unnötige Wärmeverluste eingeschränkt.

#### **Massivholzplatten – ein Industrieprodukt**

Die beinahe weltweite Verfügbarkeit, die Industrialisierung der Produktion und nicht zuletzt die sehr einfache, mit dem Massivbau vergleichbare Verwendung von Holz als Plattenwerkstoff haben dazu geführt, dass Brettsperrholzplatten international vor allem im Wohnungsbau immer mehr Verwendung finden. Diese Entwicklung, hin zu mehr Holzbau, ist prinzipiell zu begrüßen, doch auf dem Weg zum Industrieprodukt hat sich nicht nur der Markt zugunsten

großer Produktionsbetriebe bereinigt, sondern auch die Rohstoffbeschaffung wesentlich, und das oft zum Nachteil verändert. Gekauft wird mitunter dort, wo Umweltstandards nicht in gewohntem Umfang eingehalten werden. In unserer Region führt die Verwendung von Brettspertholz aber zwangsläufig dazu, dass sowohl die regionale Holzwirtschaft nicht mehr an der Wertschöpfung beteiligt ist als auch dazu, dass die in unserer Region nach wie vor hoch ausgebildeten Zimmerer zu Monteuren degradiert werden.

### **Nutzung des eigenen Forstbestands und der Einsatz von Schadholz**

Die Evangelische Stiftung Pflege Schönau ist mit rund 7.500 ha Forstgebiet größter körperschaftlicher Waldbesitzer in Baden-Württemberg. Jährlich wird vom ESPS-Forstbetrieb nach dem Prinzip der Nachhaltigkeit ein Hiebsatz von 70.000 Festmetern Holz geerntet; darunter auch Bauholz von Fichten, Kiefern, Tannen, Lärchen und Douglasien. Aus dem durch das Bundesumweltministerium geförderten Modellprojekt „Klimaholz“ der Holz-von-hier gGmbH geht hervor, dass die EU kontinuierlich steigende CO<sub>2</sub>-Emissionen durch immer weitere Transportwege verzeichnet. Vor allem beim Transport des Massengutes Holz fallen hohe Treibhausgasemissionen an. Auch die bei uns heimische Baumarten werden in großem Stil aus dem Ausland importiert. Das Ziel des Modellprojekts Warenströme und Transporte in der Holzwirtschaft durch den Ausbau regional geschlossener Wertschöpfungsketten zu vermindern wird auch im Projekt ESPS-Brühl verfolgt. So werden Transportwege minimiert und die regionale Holzwirtschaft wieder an der Wertschöpfung beteiligt. In Zusammenarbeit mit der Holzbaufirma wird die Verwendung des Holzes aus dem hauseigenen Forst beabsichtigt.

Eine weitere Optimierung der Eigenholznutzung könnte durch die Nutzung von Schadholz erfolgen. Bereits in den Jahren 1990 und 1999 entstanden durch die Orkane Wiebke und Lothar enorme Schäden in den Wäldern der ESPS. Auch in den letzten 10 Jahren gab es in Europa fast jedes Jahr einen Windwurf mit mehr als 1 Mio. Festmeter Schadholzanfall (vgl. Die größten Windwürfe seit 1990, Holzkurier-Redaktion, Februar 2020). In Anbetracht steigender extremer Wetterereignisse ist auch in Zukunft mit einem nicht unerheblichen Anteil von Schadholz zu rechnen. Oft hat dieses Holz optische Mängel, die sich jedoch nicht nachteilig auf die statischen Anforderungen auswirken. Die Firma Rombach sah sich zur Entwicklung eines Holzbauproduktes (NUR-HOLZ rustikal) aus Schadholz mit optischen Mängeln trotz einwandfreier Formstabilität veranlasst. Somit wird selbst das Schadholz eines Waldes einer sinnvollen Nutzung zugeführt.

### **6.3.3 Planerische Umsetzung**

#### **Entwicklungen, Untersuchungen und Anpassungen in der Entwurfsphase**

Die Entwicklung von eigenen aufeinander abgestimmten Systemelementen der Anbieter von leimfreien Massivholzwänden führt in gewisser Weise schon in der Planung zur Bindung an einen Hersteller. Die Systeme unterscheiden sich durch unterschiedliche Aufbauten z.B. in ihrer Steifigkeit, dem Schallschutz oder der Wärmespeicherkapazität. Wir verfolgten trotzdem den Ansatz so lange wie möglich die Marktoffenheit beizubehalten und dadurch auch den Wettbewerb des Marktes zu nutzen. Dennoch musste, um in einigen Bereichen voran zu kommen schon früh eine Holzbaufirma mit in die Planungen eingebunden werden. Da von den 4 Gebäuden im Gesamtbauvorhaben der ESPS zwei in leimfreier Massivholzbauweise geplant sind wird beabsichtigt eine ausführende Firma für beide Gebäude zu beauftragen. Zusammen mit Partner und Partner Architekten wurde Kontakt zur Firma Rombach aufgenommen.

#### **Leimfreiheit / Einstofflichkeit**

Obwohl Untersuchungen zur Gesundheitsverträglichkeit der verleimten Brettsperrholzelemente den schlechten Ruf des Leims bei neuwertigen Leimen teilweise widerlegen können (vgl. Hanns Plackner, Holzkurier: Unbedenklich, Oktober 2015.) gibt es noch weitere Aspekte die den Einsatz von Holzleim im Bauwesen bedenklich machen. Die Dämmfähigkeit und der Klimatisierungseffekt des natürlichen Holzes wird durch Verleimung reduziert. Zudem wirken die vielen Leimschichten stark diffusionsbremsend. Das Element atmet im Vergleich zu unverleimtem Holz je nach verwendetem Leim wenig bis gar nicht mehr. Auch die Ökobilanz des Baustoffes Holz wird durch den Energiebedarf und entstehende CO<sub>2</sub> Emissionen bei der Produktion des Leims zum Teil wieder aufgehoben (vgl. Erwin Thoma, Für Lange Zeit, 2003, S.33 f.).

Heute lassen sich auf dem Markt auch Alternativen zu den verleimten Brettsperrholzplatten finden. Die MassivHolzMauern (MHM) der Firma Hundegger werden über Aluminium-Stifte anstatt Leim wie bei BSP Platten fixiert und verfügen aufgrund einer Profilierung der Bretter und dem damit eingeschlossenen Luftkammern über einen besseren Dämmwert als BSP Platten. Dübelholz, welches sich durch die Verbindung der kreuzweise geschichteten Brettlagen mit Holzdübeln auszeichnet und ebenfalls ohne Leim auskommt, wird mittlerweile sogar von verschiedenen Herstellern wie z.B. Thoma Holz oder Kaufmann Bau angeboten. Für die Herstellung werden Buchendübel mit einer geringeren Holzfeuchte in die Brettlagen oder Lamellen eingetrieben. Der Dübel quillt durch die Aufnahme der Feuchtigkeit stark auf und geht durch die entstehende Klemmwirkung eine irreversible Verbindung ein. Die Vollgewindeschraube aus Buchenholz welche von der Firma Rombach für Ihre NUR-HOLZ

Neubau von Mehrfamilienhäusern in unterschiedlichen Holzkonstruktionen und ganzheitlichem Energiekonzept – AZ: 348745/01-25

Elemente eingesetzt wird nutzt das gleiche Prinzip. Durch die Aufnahme der Holzfeuchte aus den Brettlagen quillt die Vollgewindeschraube auf und verklemmt sich mit diesen.



Abbildung 19: NUR-HOLZ rustikal mit verkreuzten Balkenlagen; hier: Nadelholz 6 cm, 3-lagig (links) NUR-HOLZ Buchenholzschraube (rechts) (Quelle: NUR-HOLZ)



Abbildung 20: Produktion der verschraubten NUR-HOLZ Elemente (Quelle: NUR-HOLZ)



Abbildung 21: Verbindung der Buchenschraube mit den Brettlagen (Quelle: NUR-HOLZ)

Der Verzicht auf den Holzleim zwischen den einzelnen Brettlagen bringt gleich mehrere Vorteile mit sich. Das Holz kann nach einem eventuellen Rückbau des Gebäudes ohne Altlasten in seinen Rohstoffkreislauf zurückgeführt werden. Die Massivholzwand bleibt ein Naturprodukt und baubiologisch einwandfrei. Zudem benötigen einstoffliche Außenwände keine Dampfbremsen oder Sperren, da der Dampfdruck nicht über eine Folienschicht abgefangen, sondern durch die ganze Fläche abgeatmet wird.

### **Brettstapeldecken statt Brettsperrholzplatten**

Eine Brettstapeldecke hat verleimt eine sehr gute Steifigkeit, allerdings nimmt diese ab sobald die Bretter nicht mehr geleimt sondern, durch Holzschrauben verbunden werden. Dies müsste durch eine stärkere Plattendicke kompensiert werden. Mit der Einbindung der Firma Rombach in die Planung ergab sich eine weitere Möglichkeit für die Konstruktion der Decken. Eine Eigenentwicklung der Firma Rombach ist die unverleimte Brettstapeldecke. Durch eine kreuzförmige Verbindung die ebenfalls mit Vollgewindeschrauben aus Hartholz erfolgt wird die Brettstapeldecke formstabil. Dabei ergeben die Gewindegänge eine unlösbare Verbindung und die Decke kann als statische Scheibe herangezogen werden. Die statischen Eigenschaften sind mit denen einer verleimten Brettstapeldecke vergleichbar. Somit kann mit dem Einsatz dieser Brettstapeldecke trotz geringer Deckenstärke auf Leim verzichtet werden.



Neubau von Mehrfamilienhäusern in unterschiedlichen Holzkonstruktionen und ganzheitlichem Energiekonzept – AZ: 348745/01-25



Abbildung 22: Brettstapeldecke: Verbindung der Bretter mit Vollgewindeschrauben aus Hartholz

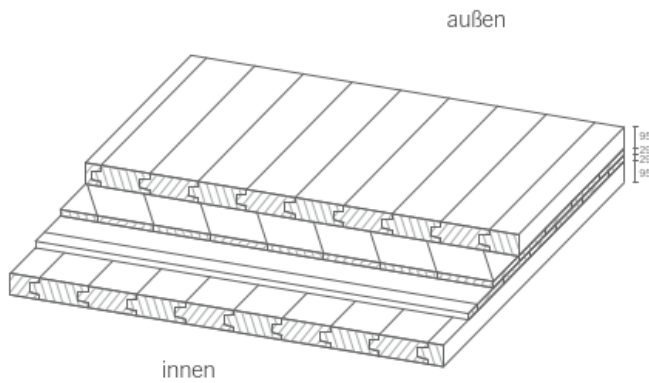


Abbildung 23: Brettsperrholzdecke: mit Nut- und Feder, Verbindung mit Vollgewindeschrauben aus Hartholz

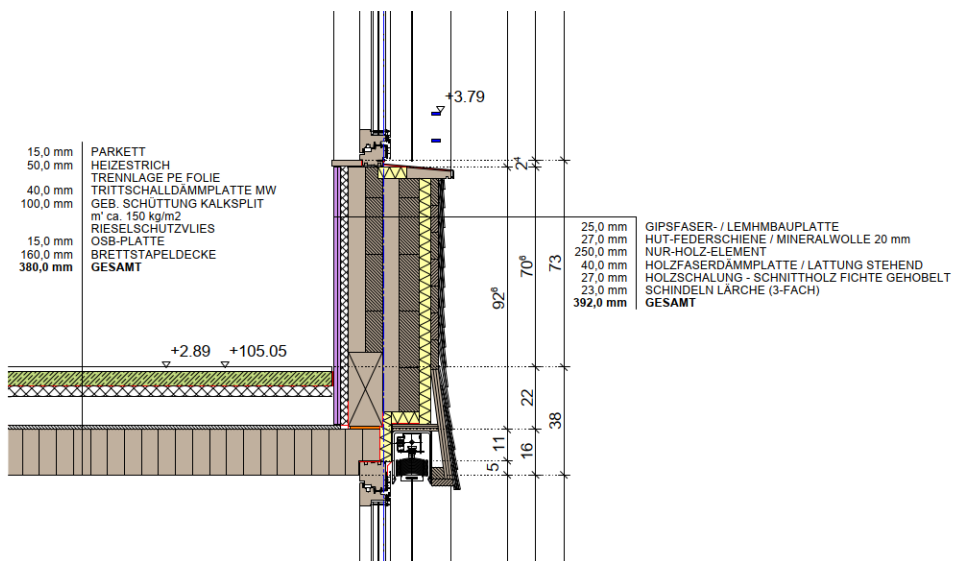


Abbildung 24: Konstruktionsaufbauten Zwischendecke und Außenwand  
OSB-Platten oberhalb der Brettstapeldecken sorgen für zusätzliche Verstärkung der Scheibenausbildung.

## Entwicklung und Optimierung der Holzkonstruktion und des Tragwerks

Alle Decken und Dächer sind aus Brettstapelelementen geplant. Bei den Außenwänden kommt eine Massivholzwand im System „Rombach Nur-Holz“ zum Einsatz. Die Innenwände sind als Holzrahmenbau konzipiert. Das Untergeschoss, sowie das Treppenhaus sind aus Stahlbeton. Die Aussteifung erfolgt durch Deckenscheiben im Holzbau und Wandscheiben aus Stahlbeton.

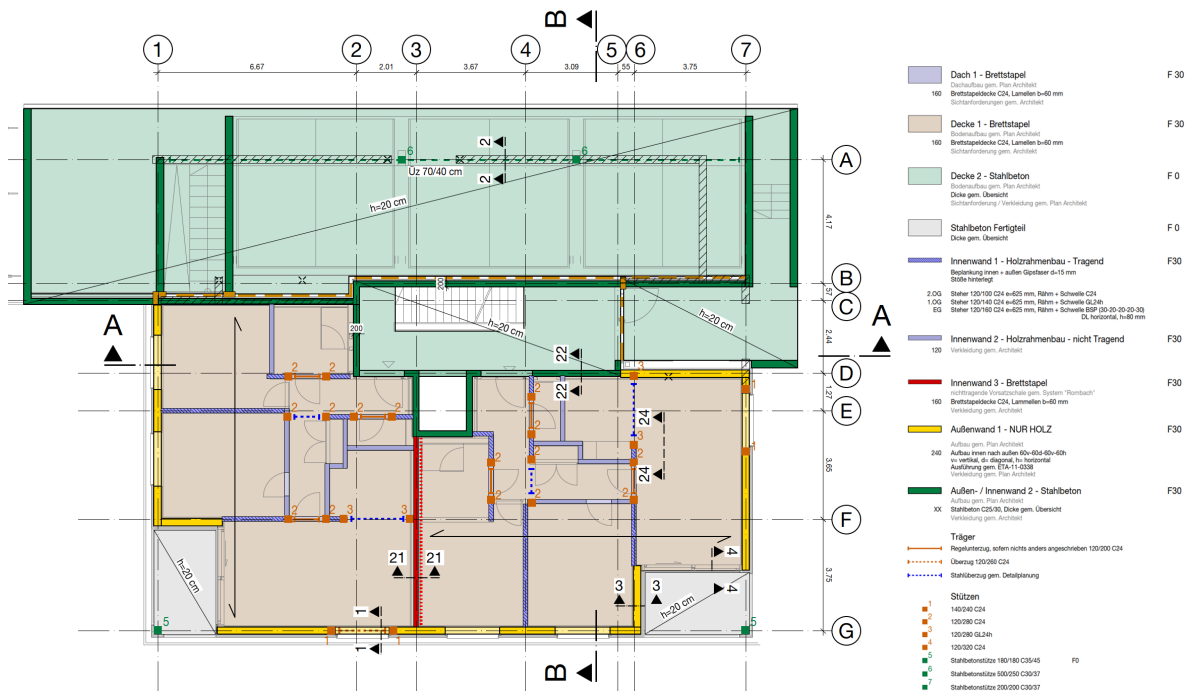


Abbildung 25: Statikplan Erdgeschoss

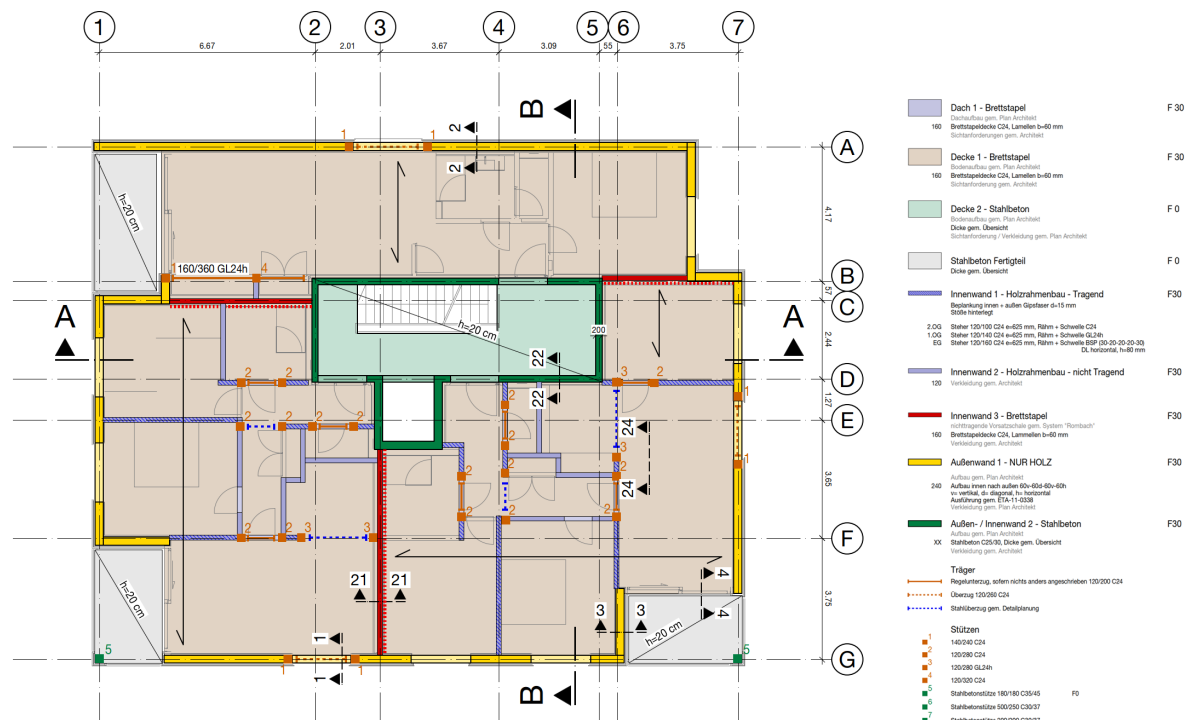


Abbildung 26: Statikplan Regelschnitt durch Wohnungstrennwand

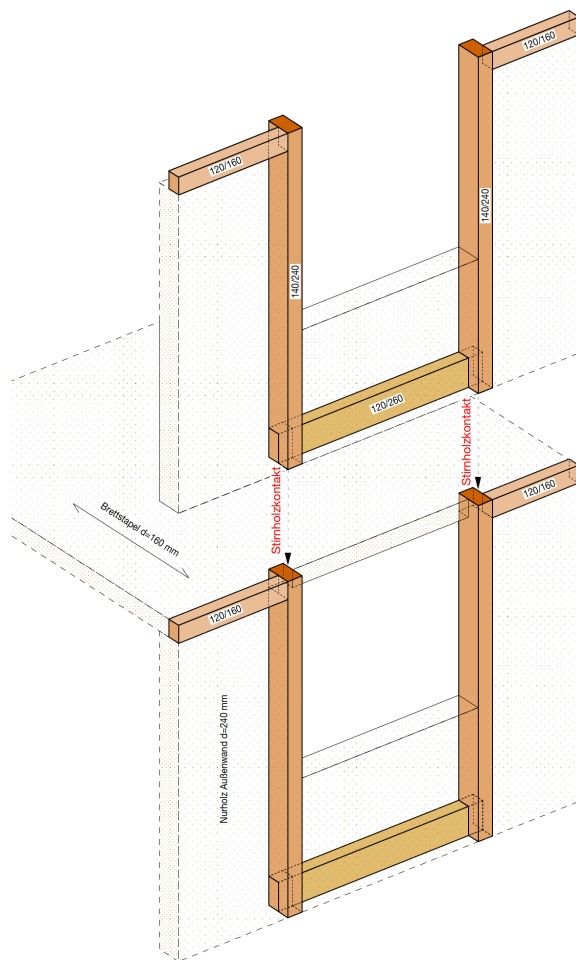


Abbildung 27: Isometrie Geschossübergang mit Überzug

### Umsetzbarkeit der Eigenholznutzung

Die Firma Rombach hat bereits mehrere Bauvorhaben mit der Verwendung des Eigenholzes der Bauherren umgesetzt. Aus Erfahrung weiß die Firma allerdings, dass sich der Einsatz von Eigenholz oft nicht wirtschaftlich darstellen lässt, da es zu einem erhöhten Verwaltungs- und Organisationsaufwand kommt. Zudem kann bei kleinen Losgrößen nicht immer sichergestellt werden, dass auch wirklich das eigene Holz zu einem hohen Prozentsatz verbaut wird.

Da bei diesem Bauvorhaben allerdings zwei Gebäude umgesetzt werden und ca. 300 m<sup>3</sup> NUR-HOLZ und eine ähnliche Menge an Brettstapel verbaut wird hat die Firma Rombach hier keine Bedenken bezüglich der Umsetzbarkeit.

Bis auf die Deckenunterseiten, welche in Sichtholz ausgeführt werden, sind die Holzelemente in unserem Gebäude zudem alle verkleidet und der Nutzung eines Mietwohnungsbaus entsprechend verputzt und weiß gestrichen. Das erleichtert nicht nur den Ablauf beim Mieterwechsel, sondern ermöglicht uns auch den Einsatz von Schadholz mit seinen Verfärbungen.

## Situation PKW-Stellplätze

Die Stellplatzsatzung der Gemeinde Brühl beinhaltet einen starren und vergleichsweise hohen Stellplatzschlüssel, nachdem bei Mehrfamilienhäusern je Wohnung abhängig von der Zimmeranzahl zwischen 1 bis 2 PKW-Stellplätze bereitgestellt werden müssen. Die 15 Stellplätze, die sich dadurch für das Gebäude ergeben teilten wir von Beginn an so auf, dass 6 Stellplätze unter einem Vordach am Gebäude und 9 weitere Stellplätze entlang der Albert-Einstein-Straße ihren Platz finden. Auf den Nachbargrundstücken ergab sich eine andere Situation. Durch einen Planungsansatz mit höherer Wohnungsdichte (bis zu 12 Wohneinheiten) ergaben sich mehr Stellplätze, welche nicht mehr sinnvoll auf den Grundstücken untergebracht werden konnten.

Der Vorschlag gegenüber der Gemeinde mit Ausgleichsmaßnahmen im Rahmen eines zukunftsorientierten Mobilitätskonzeptes den starren Stellplatzschlüssel aufzuweichen wurde nicht angenommen. Eine weitere Überlegung beinhaltete den Bau einer Tiefgarage unter allen vier Grundstücken. Aufgrund der hohen zu erwartenden Mehrkosten und unter Berücksichtigung des notwendigen Einsatzes von „grauer Energie“ sowie des Umfangs der Erdumwälzungen bei einem Tiefgaragenbau wurden diese Überlegungen verworfen.

Der Einsatz von zwei Doppelparker-Anlagen soll Abhilfe schaffen. Diese befinden sich auf den Grundstücken Nr.3 und Nr.4 und werden über einen gemeinsamen Hof erschlossen. In den Doppelparker-Anlagen können jeweils 12 PKWs geparkt werden. Insgesamt stellen wir durch die Planung eines Doppelparkers auf unserem Grundstück 6 Stellplätze für das Gebäude der Architekten Beyer Weitbrecht Stotz und einen Stellplatz für das Gebäude der Architekten Roedig Schop zur Verfügung. Eine dichtere Bebauung der Nachbargrundstücke konnte folglich nur durch die Umverteilung der, für die Gemeinde als notwendig erachteten, Stellplätze über alle Grundstücke ermöglicht werden. Um die Vergleichbarkeit der Projekte zu gewährleisten werden der Mehraufwand in der Planung und die zusätzlichen Kosten anteilig verrechnet.

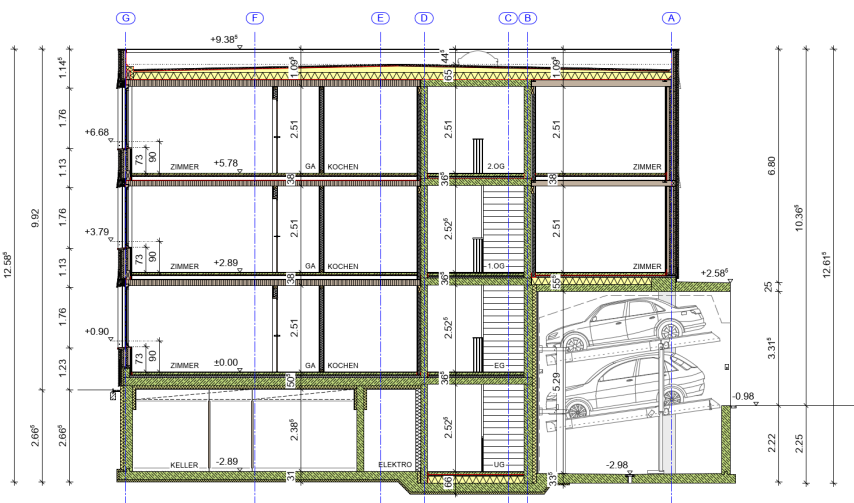


Abbildung 28: Querschnitt mit Doppelparker

## Treppenhaus und Doppelparker aus Stahlbeton

An der Realisierung des ursprünglich in Holzbauweise geplanten Treppenhauses konnte hinsichtlich ökonomischer Belange nicht festgehalten werden. Aufgrund einiger Mehrkosten, mitunter verursacht durch die Planung eines Doppelparksystems war das veranschlagte Budget der Bauherrschaft bereits aufgebraucht, sodass Kompromisse zur Kostenreduktion gefunden werden mussten. So wurde sich darauf geeinigt das Treppenhaus in Stahlbeton auszuführen, was zudem einen Vorteil durch einfachere Umsetzung des Brandschutzes im notwendigen Treppenhaus erleichtert.

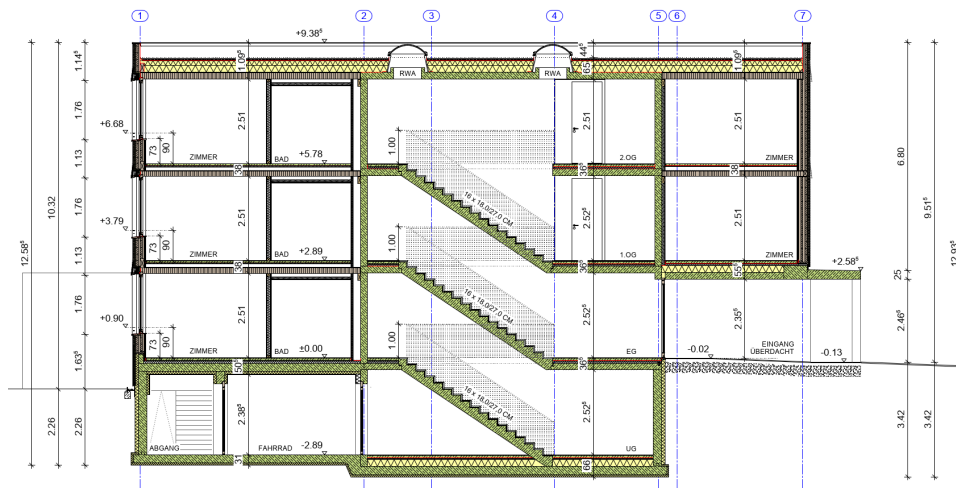


Abbildung 29: Längsschnitt durch das Treppenhaus

Im Schnitt (Abb. 14 und 15) lässt sich der Gebäudeaufbau gut ablesen. Die Aussteifung erfolgt über die Wandscheiben des Stahlbetontreppenhauses sowie die aussteifenden Brettstapeldeckenscheiben. Die Spannrichtung der Decken ist ablesbar an der Richtung der einzelnen Brettstapel. Diese werden später so wie auch der Stahlbeton im Treppenhaus sichtbar sein. Das statische Konzept des Gebäudes bleibt somit ersichtlich.

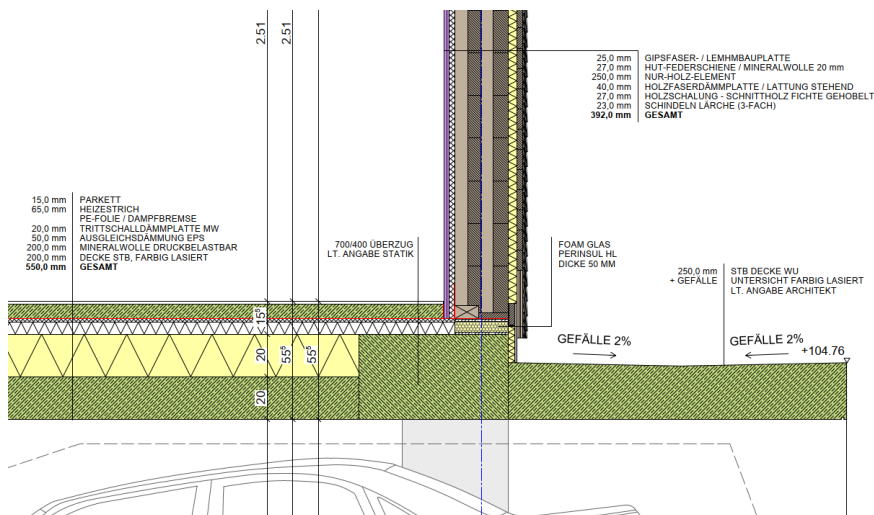


Abbildung 30: Detail Überzug Vordach

Das auskragende Vordach zum Schutz des Doppelparksystems sowie im Eingangsbereich erfordern einen 700 x 400 mm starken Überzug aus Stahlbeton. Die hier anfallenden Wärmeverluste werden pauschal nach Norm berücksichtigt. Entscheidend ist vielmehr die Verhinderung einer eventuellen Taupunktunterschreitung. Wenn warm-feuchte Raumluft bis auf einen Punkt in der Konstruktion vordringen kann, welche unter dem Taupunkt liegt fällt Tauwasser an. Die Holzwand wird auf einen 50 mm starken und druckfestem Streifen aus Schaumglas gestellt. So kann die Unterschreitung des Taupunkts verhindert werden.

### **Anpassung Gebäudevolumen im Untergeschoss**

Im Zuge einer Umplanung des Untergeschosses durch entstandenen Mehrbedarf an Haustechnikflächen wurde das Gebäudevolumen bezüglich des A/V- Verhältnisses nochmals optimiert. Der Kellergrundriss bildet nun die Fläche des Erdgeschosses ab. Somit konnte die Bauteilfläche gegen unbeheizte Räume bzw. gegen das Erdreich und dadurch bedingte Wärmeverluste reduziert werden.

### **6.3.4 Resümee und Bewertung der Ergebnisse**

Trotz zukunftsorientierten Denkansätzen von allen Seiten und Bestrebungen die Bauindustrie in eine umweltschonende Richtung zu bewegen gibt es nach wie vor Hürden und veraltete Strukturen, die es langfristig zu überwinden gilt. So wird zum Beispiel durch eine starre und zukunftsferne Festsetzung des PKW-Stellplatzbedarfs die keine Ausgleichsmaßnahmen durch vermehrte Fahrradstellplätze, den Ausbau öffentlicher Verkehrsverbindungen oder der Bereitstellung von Ladestationen für Elektroautos ermöglicht die paradoxe Situation geschaffen, in der Autos und deren Unterbringung einen bedeutenderen Stellenwert als die Gestaltung der Räumlichkeiten für die Hausbewohner einnimmt.

Eine weitere Herausforderung in der Planung von leimfreien bzw. leimreduzierten Massivholzbauten sind die verschiedenen Herstellersysteme. Hier verwendet jeder Hersteller eigene aufeinander abgestimmte Systemkomponenten. Ein Systemwechsel ist somit immer mit Umplanungen und viel Aufwand verbunden. Dadurch werden Bauherr und Architekt früh an einen der Systemhersteller gebunden. Preisentwicklungen finden durch ausbleibende direkte Konkurrenz wenig statt.

Dieser Aspekt tritt besonders bei einem Projekt wie diesem deutlich hervor, da anders als bei solchen Ansätzen üblich keine Luxuswohnungen sondern für die Allgemeinheit der Mieter bezahlbarer Wohnraum gebaut werden soll.

## 6.4 Roedig . Schop Architekten

### 6.4.1 Architektonisches Konzept / Raumkonzept

Das Baufenster von 20 mal 20m wird mit den Gebäudekanten voll ausgeschöpft. Die Wohneinheiten werden um ein innenliegendes Treppenhaus organisiert und sind flexibel zu erschließen und zu kombinieren. Einschnitte für Terrassen, Erschließung und Parkierung sorgen für ein aufgelockertes Volumen und eine exakte Anpassung an das gewünschte Nutzungsmaß. Das Mehrfamilienwohnhaus erstreckt sich über 3 Geschosse und ein Staffelgeschoss und verfügt über 12 Wohneinheiten.



Abbildung 31: Ansicht von der Albert-Einstein-Straße

### Flexibilität

Die flexible Grundrissnutzung mit Flex-raum und zuschaltbaren Wohneinheiten sorgt für alternative Wohnmodelle und zukunftsorientierte Lebensplanung. Der Flex-Raum verfügt über ein eigenes Bad und Küche und kann auch als eine autarke Wohneinheit innerhalb der Wohnung genutzt werden. Somit wird generationsübergreifendes Wohnen ermöglicht und dennoch mit genügend Privatsphäre. Der Flex-Raum kann von Familienangehörigen wie z.B. Großeltern, Schwiegereltern, erwachsenen Kindern, Pflegekraft, Au-Pair oder auch von Gästen genutzt werden. Die Zuordnung kann ebenfalls zukünftig auf die Bedürfnisse der Bewohner reagieren. Der Flex-Raum wird der 2-Zimmer-Wohnung zugeordnet, wenn aber zukünftig in der 4-Zi-Wohnung mehr Platz benötigt wird, kann es dieser Wohnung zugeschaltet werden. Die Schaltwohnungen im 2.OG können entweder als 1-Zimmer-Wohnung genutzt werden oder der 4-Zimmer-Wohnung zugeordnet.



Abbildung 32: Flexibilitätskonzept: Flex-Raum und Schaltwohnungen

## Spielparkhof

Der Parkhof, der mit Grundstück 3 als gemeinsame Zufahrt zu den jeweiligen Doppelparkern in beiden Häusern genutzt wird, dient als potentielle Spielfläche für Outdoor Aktivitäten, wie Ball spielen, Skateboarding, Roller-Skating. Der „Spielparkhof“ trägt somit zur Förderung der Nachbarschaft, erzeugt Kommunikation und Synergien mit dem Nachbarhaus.



Abbildung 33: Spielparkhof



### **Barrierefrei**

Die Anzahl an barrierefreien Wohnungen wird vorausschauend für zukünftige Anforderungen übererfüllt. Die Bäder haben wahlweise Badewannen oder sind barrierefrei mit Duschen ausgestattet. Für rollstuhlgerechte Nutzung nach DIN 18040-2 sind die Wohnungen ausbaubar.

### **Ökonomie**

Die Ausnutzung der städtebaulichen Kennzahlen schafft die maximale Anzahl von 12 Wohnungen mit viel vermietbarer Wohnfläche und eine wirtschaftliche Ausnutzung des Grundstücks. Die Dichte ist verträglich und der Baukörper fügt sich durch die plastische Gestaltung in die kleinteilige Struktur der Umgebung ein.

## **6.4.2 Ökologisches Konzept -HOLZBAU**

### **Hybridbau**

Materialeinsatz und Produktionstechnik setzen auf ökonomisch und ökologisch günstige Lösungen. Nachwachsende und CO<sub>2</sub>-neutrale Baustoffe werden angewendet. Mit einer Mischung aus industriell vorgefertigten Bauteilen (Brettspertholz-Decken, Unterzüge und Stützen aus Brettschichtholz) und lokalen Zimmermannsarbeiten (Holzrahmenbauelementen mit hohem Vorfertigungsgrad, Fassadenbekleidung aus vorbewitterter Holzverschalung) kann flexibel auf den Markt reagiert werden.

Die Kombination komplementärer Eigenschaften von Holz und Stahlbeton werden genutzt, um das Gesamtsystem zu optimieren. Die Holzkonstruktion besteht aus Holztragwerk in Skelettbau aus Brettspertholzdecken, Unterzügen und Stützen, sowie nichttragenden Holzaußenwänden mit integrierten tragenden Stützen. Die Aussteifung erfolgt durch den Stahlbeton Erschließungskern, an welchen die Deckenscheiben des Holzbaus anschließen. Das Untergeschoss sowie die umfassenden Bauteile vom Doppelparker sind ebenfalls in Stahlbeton geplant.

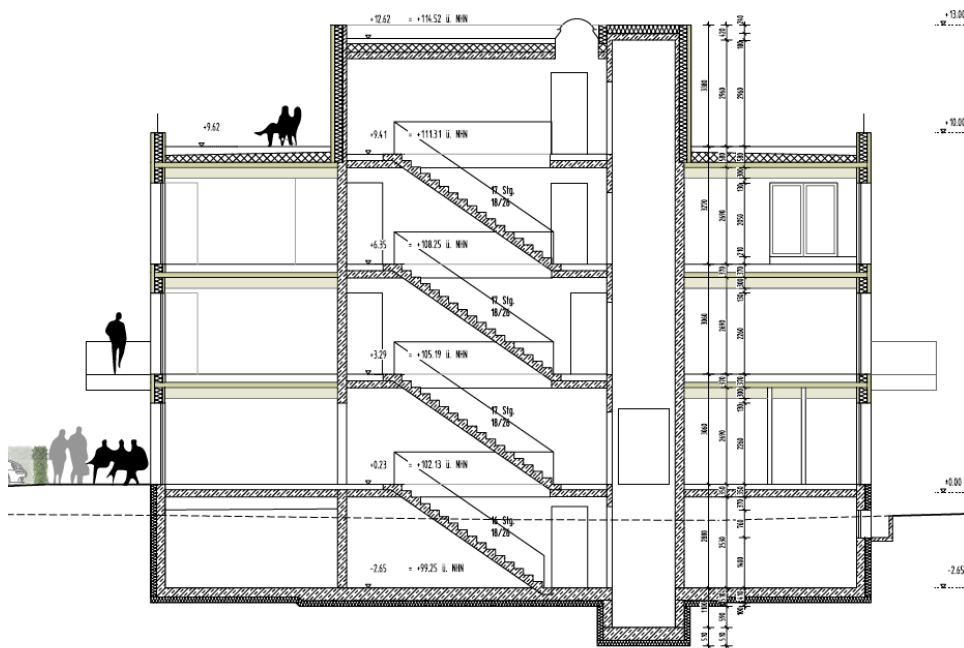


Abbildung 34: Schnitt durch Treppenhaus

### 6.4.3 Planerische Umsetzung

#### Tragwerk

Das Holztragwerk ist im Wesentlichen ein Skelettbau, bestehend aus Brettsperrholzdecken, Unterzügen und Stützen. Die Holzaußenwände sind nichttragend, wobei die tragenden Stützen des Skelettbaus in die Außenwände integriert sind.

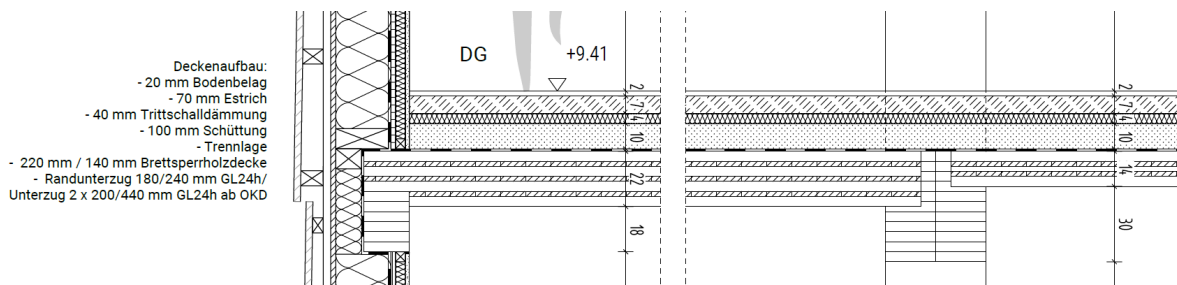


Abbildung 35: Fassadenschnitt durch Decke, Außenwand, Unterzug und Stütze

Die oberirdischen Geschosse sind grundsätzlich in Holz konzipiert – die einzige Ausnahme hiervon ist das Stahlbeton Treppenhaus, sowie die umfassenden Bauteile der im Gebäude liegenden Parkplätze. Das Untergeschoss ist in Stahlbeton geplant. Alle Massivbauteile sind konventionelle Stahlbetonkonstruktionen. Die Wände werden im Innenraum zum überwiegenden Teil sichtbar bleiben. Die Aussteifung erfolgt durch den Massivbaukern, an welchen die Deckenscheiben des Holzbaus anschließen.

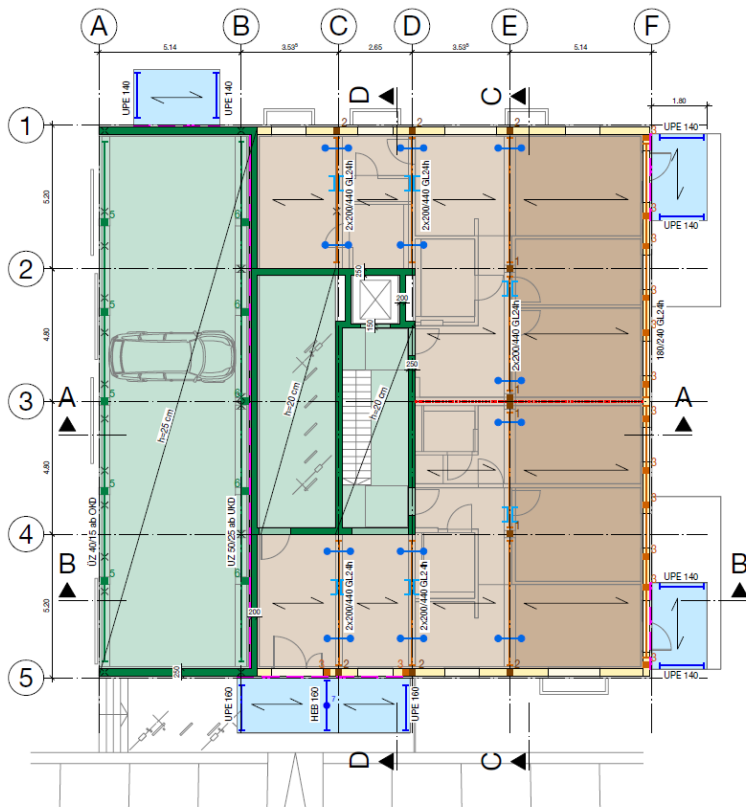


Abbildung 36: Tragwerksplan EG

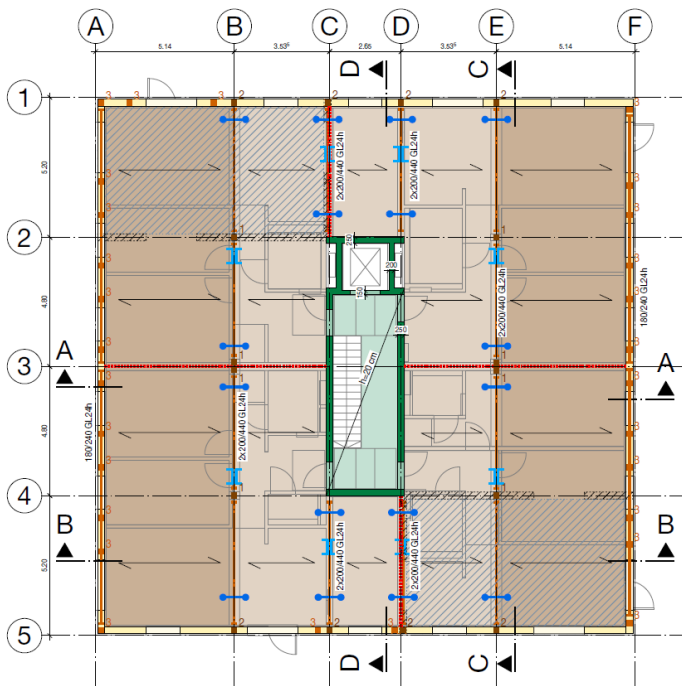


Abbildung 37: Tragwerksplan 1.OG

## Deckensystem

Schallschutz war das entscheidende Kriterium bei der Auswahl vom Deckensystemen. Die ursprünglich geplante Holzbalkendecke wurde trotz der angenehmen räumlichen Wahrnehmung (kleine Räume wirken höher, räumliches Licht- und Schattenspiel durch Struktur der Decke, heimelige Raumatmosphäre „Landhaus-rustikal“) aufgrund von erhöhten Schallschutzanforderungen nicht umgesetzt. Mit der Variante Brettsperrholzdecke werden Luftschall- und Trittschallanforderungen erfüllt. Darüber hinaus wird durch die Massivholz Decke mehr Holz verbaut und bindet als Folge eine höhere Menge an CO<sub>2</sub> langfristig.



Abbildung 38: Holzbalkendecke



Abbildung 39: Brettsperrholzdecke

## Außenwandaufbau

Das Gebäude ist in Gebäudeklasse 4 eingestuft. Beim Aufbau der Holzaußenwände werden ohne Abweichung die brandschutztechnischen Regeln der Muster-Richtlinie DIN 4102-4 einhalten. Die Überlegungen umweltfreundlichere Baumaterialien zu verwenden, wie z.B. GFM-Diagonalplatte als ökologische und leimfreie Alternative zur OSB-Platte, sowie das Ersetzen von Mineralwolle durch Holzfaserdämmung als umweltverträgliche und recyclebare Option wurden nicht weiter auskonzipiert, da bei der Einhaltung an die DIN Abweichungen erforderlich wären.

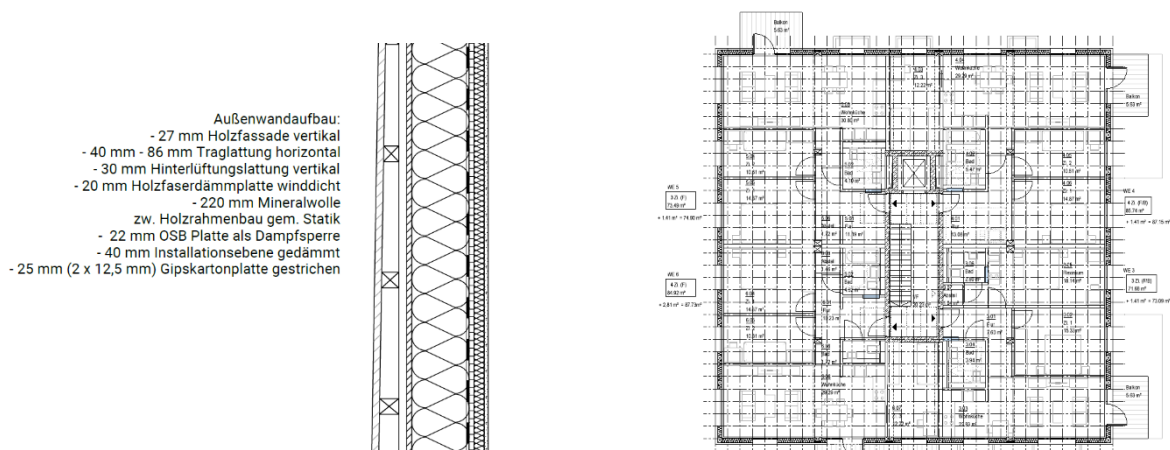


Abbildung 40: Außenwandaufbau (links) Grundriss 1.OG Achsenraster (rechts)

## Wirtschaftliche Planung

Es wird für den Holzbau mit dem üblichen geltenden Konstruktionsrastermaß von 62,5 cm für Wände und Decken geplant. Der Aufbau im Rastermaß hilft unwirtschaftliche Plattenverschnitte zu vermeiden und mit Ressourcen schonender umzugehen.

## Doppelparkersystem

Ein Hauptthema bei der Planung war das Unterbringen von PKW-Stellplätzen. Die Stellplatzsatzung der Gemeinde Brühl weist einen sehr hohen Stellplatzschlüssel aus und es wurden keine Abweichungen von der vollständigen Umsetzung der Stellplatzsatzung zugelassen. Der ursprüngliche Vorschlag bestehend aus 6 Parkplätzen im EG, sowie weiteren Parkplätzen entlang der Albert-Einstein-Straße und Mobilitätskonzept (Carsharing, Elektroladestationen, E-Bikes und Lastenfahrräder) war nicht ausreichend hinsichtlich Anzahl der Stellplätze. Eine gemeinsame Tiefgarage unter allen Häusern als Alternativlösung wurde aus Kosten- und Bauaufwandsgründen sowie aufgrund des Widerspruchs zur geplanten

ökologischen Ausrichtung des Projekts nicht umgesetzt. Das Aufstapeln der Stellplätze durch das hat konstruktiv zu Folge, dass das Gebäude vollunterkellert wird. hat konstruktiv zu Folge, dass das Gebäude vollunterkellert wird.



Abbildung 41: Ansicht SÜD Doppelparker (links)

### **Fahrradstellplätze**

Insgesamt sind 12 Fahrradstellplätze im EG, 16 weitere Fahrradstellplätze im KG geplant. Eine Anbindung des Hauses an den Rückseitigen Fahrradweg konnte auf Wunsch der Bauherrschaft nicht realisiert werden.

### **Ökologie**

Ökonomisch sinnvolle Entscheidungen sind meistens auch ökologisch.

Die kompakte Kubatur mit tiefen Grundrissen sowie die Anordnung der warmen Räume (Bäder) im Innenbereich sind energetisch sinnvoll. Regenerative Energien kommen zum Einsatz. Dach- und Terrassenflächen werden auf dem eigenen Grundstück über Versickerung in Rigolen entwässert. Die Dachflächen sind als extensives Gründach ausgebildet, hierdurch kann ein Teil des Niergerschlagswasser zurückgehalten werden und es trägt durch den Verdunstungseffekt zum Mikroklima bei.

Nachwachsende und CO<sup>2</sup>-neutrale Materialien werden nach Notwendigkeit und Sinnfälligkeit gewählt und eingesetzt. Die Konstruktion reagiert flexibel auf das Angebot des Marktes. Wahlweise können verstärkt industriell- oder vor Ort gefertigte Bauteile verwendet werden. Die Errichtung des Gebäudes ist auch durch kleinere ortsansässige Betriebe möglich, dies vermeidet lange Transportwege und Emissionen.

### **Einsatz von Eigenholz**

Der Bauherr, die Evangelische Stiftung Pflege Schönau, widmet sich u.a. (Erbbau- und Pachtverträge, Immobilieninvestitionen, Vermietung) auch der Bewirtschaftung von insgesamt rund 7.500 Hektar Wald im Odenwald, Kraichgau und Schwarzwald und ist die größte körperschaftliche Waldbesitzerin in Baden-Württemberg. Als kirchliche Stiftung bewirtschaftet die ESPS ihr Vermögen nachhaltig: Seit 1999 ist der Wald nach PEFC (Programme for the

Endorsement of Forest Certification Schemes) zertifiziert, außerdem ist die Stiftung Partner der Schutzgemeinschaft Deutscher Wald. Das Wohnquartier in der Albert-Einstein-Straße soll in Holzbauweise errichtet werden: ein nachwachsender Rohstoff direkt aus den Forstbetrieben der Stiftung. Holz als Baustoff bietet dabei die Möglichkeit, ökologisches wertiges Bauen mit einer hohen Wohnbehaglichkeit zu verbinden. Die potentielle Nutzung vom Holz aus den stiftungseigenen Wäldern würde helfen, den Holzkreislauf zu optimieren durch minimierte Transportwegen und Energieaufwand den CO<sub>2</sub> Ausstoß zu verringern.

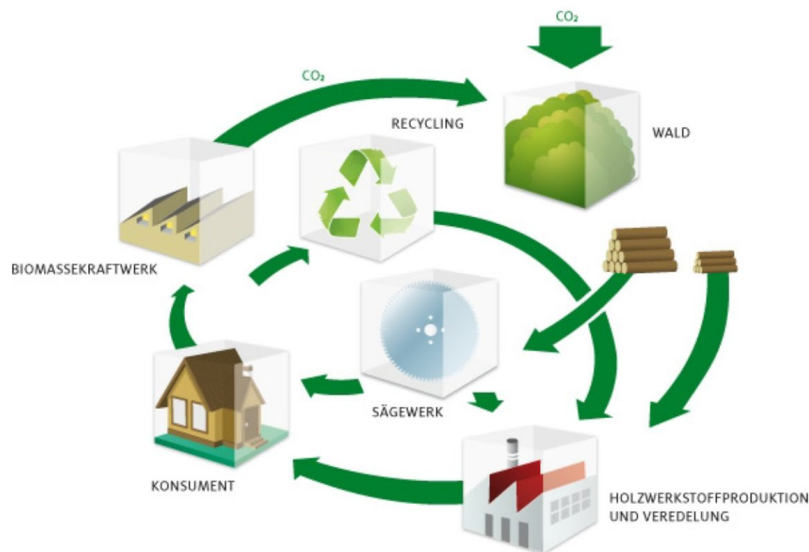


Abbildung 42 Grafik Holzkreislauf

#### 6.4.4 Resümee und Bewertung der Ergebnisse

##### Architektonisches Konzept

Eine maximale Ausschöpfung des durch die Grundstücks- und Baugrenzen sich ergebenden Baufensters, gekoppelt mit einer Flexibilität der Nutzung, ermöglicht es, nicht nur die Wohnfläche zu maximieren, sondern mit der Fläche effizient umzugehen. Das ursprüngliche Konzept sah vor, die Flex-Räume im EG und 1.OG gleichzeitig als Jokerzimmer anzubieten. Das Schalt- und Jokerzimmer wäre dann entweder einer Wohnung im Haus zugeordnet oder auch als Single-Wohnung nutzbar. Ein barrierefreier Zugang vom Flur ist aus platztechnischen Gründen nicht möglich und die Wohnfläche ist zu gering für eine Wohneinheit nach LBO. Aus diesen Gründen kann der Flex-Raum nicht als separate Wohneinheit genutzt werden. Dennoch wird das Prinzip und architektonisches Konzept von Flexibilität auch weiterhin beibehalten.

### **Brandschutz in GK4**

Da das Gebäude in Gebäudeklasse 4 eingestuft wurde, wird es baurechtlich eine „hochfeuerhemmende“ Tragkonstruktion gefordert. Obwohl es prinzipiell möglich ist, dass durch ein durchdachtes und ganzheitliches Brandkonzept abweichend vom Baurecht genehmigungsfähig geplant wird, war es schwierig, in Kooperation mit dem Brandschutzgutachter schon in der Entwurfsphase kreative Lösungen durch ökologische und nachhaltige Alternativen zu gängigen DIN-gerechten Materialien zu finden. Fehlende Verwendbarkeitsnachweise stellen ein Hindernis dar, diese „ungeregelte“ Produkte einzusetzen, da die Nachweise i.d.R. nur auf Basis der Musterbauordnung erteilt sind und diese beinhaltet nur feuerbeständige bzw. hochfeuerhemmende Bauteile aus nichtbrennbaren Baustoffen. Aus diesem Grund wurde entschieden, beim Aufbau der Holzaußenwände ohne Abweichung die brandschutztechnischen Regeln der Muster-Richtlinie DIN 4102-4 einzuhalten. Dies hat den Vorteil, dass wir bei der Ausschreibung auf dem Markt produktneutral sind und somit auch kleinere Holzbaubetriebe berücksichtigen können.

### **Stellplatzsatzung**

Die hohe Stellplatzsatzung der Gemeinde Brühl hat eine wichtige Rolle in der Planung gespielt. Es wurden keine Abweichungen von der vollständigen Umsetzung zugelassen und alternative Mobilitätskonzepte wie Carsharing, Elektroladestationen, E-Bikes und Lastenfahrräder wurden leider nicht berücksichtigt. Eine gemeinsame Tiefgarage unter allen Häusern als Alternativlösung wurde aus Kosten- und Bauaufwandsgründen sowie aufgrund des Widerspruchs zur geplanten ökologischen Ausrichtung des Projekts nicht umgesetzt. Die Umsetzung der Stellplatzsatzung hatte Auswirkungen auf die Gestaltung, Kubatur und Ausrichtung des Gebäudes.



## 7 Bauphysik

Der geplante Neubau von 4 Mehrfamilienhäusern in Holzbauweise bietet das Potenzial in einzelnen Themenbereichen der Bauphysik Vereinfachungen, bzw. eine Reduzierung auf die wesentliche Holz-Grundstruktur vorzunehmen und andererseits fordert es eine sehr detaillierte Planung und interdisziplinäre Abstimmung in einer frühen Planungsphase, was wiederum deutliche Vorteile im Hinblick auf Planungs- und Kostensicherheit gegenüber einem konventionellen Neubau mit sich führt. Nachfolgend soll ein grober Überblick über die im bisherigen Projektverlauf betrachteten, diskutierten und berechneten Themen, gegeben werden.

Bei allen vier Gebäuden ist das Untergeschoss als Stahlbetonkonstruktion geplant. Die oberirdischen Geschosse sind als Holzbau geplant. Zwei der Neubauten sind als Massivholz- und zwei als Holzständerbauweise geplant.

### 7.1 Thermische Bauphysik

Ein Vorteil der Bauweise mit Holz gegenüber Stahlbeton oder Mauerwerk liegt in einer wärmebrückenarmen Ausführung. Sowohl die geometrischen als auch die konstruktiven Wärmebrücken weisen lediglich sehr geringe Wärmebrückenzuschläge auf. Wird dies bei der Auslegung der Gebäudehülle entsprechend den Anforderungen nach der Energieeinsparverordnung (EnEV) berücksichtigt, so führt dies zur Einsparung von Dämmstärke. Neben dem Effekt der geringen Wärmebrückenzuschläge wirken zudem beim Holzbau die tragenden Wand- und Dachelemente, aufgrund der geringen Wärmeleitfähigkeit von Holz bereits dämmend. D.h. die zusätzlich zum statisch tragenden Wand- und Deckenelement erforderliche Dämmstärke kann im Holzbau sehr gering ausgeführt, bzw. integriert werden (Holzständer).

Bei vorliegenden Massivholz-Neubauten (Hermann Kaufmann + Partner ZT GmbH und Partner und Partner Architekten) wird der EnEV-Standard eingehalten. Aufgrund der zuvor genannten Vorteile kann, die zum Massivholz additiv erforderliche Zusatzdämmung sehr gering ausgeführt werden, bzw. teilweise sogar entfallen. Bei dem Neubau von Hermann Kaufmann + Partner ZT GmbH wird die Außenwand lediglich mit einer 4cm Holzweichfaserdämmung und einer gedämmten Installationsebene (2cm) ausgeführt. Aufgrund einer detaillierten Berechnung und Bilanzierung aller am Gebäude vorhandenen Wärmebrücken, kann bei dem BV von Partner und Partner Architekten die Brettsperrholz-Außenwand ohne eine zusätzliche Wärmedämmung ausgeführt werden. Die Anforderungen an den Mindestwärmeschutz nach DIN 4108 werden durch das Brettsperrholz-Element eingehalten. Um während der Heizperiode eine zusätzliche Pufferwirkung zu erzielen und die

solaren Wärmegevinne besser nutzen zu können, ist die Ausführung eines Luftkollektors auf der Fassade geplant. Während der Heizperiode können die Zu- und Abluftöffnungen geschlossen werden. Über die eingeschlossene Luftschicht wird eine zusätzliche Dämmwirkung erzielt, welche sich bei Sonneneinstrahlung aufwärmt und die Wärmeverluste über die Fassade deutlich reduziert. Auf der Nordfassade ist aufgrund fehlender direkter Solarstrahlung eine Holzweichfaserdämmung von 6cm vorgesehen.

Die zwei in Holzständerbauweise geplanten Neubauten erfüllen die Anforderungen an den Primärenergiebedarf und den Transmissionswärmeverlust eines KfW-Effizienzhauses 55. Die Ausführung als Holzständerkonstruktion ermöglicht die Wanddämmung zwischen der statisch tragenden Holzkonstruktion auszuführen. Der Neubau von Roedig.Schop Architekten sieht eine Steinwolldämmung vor. Bei Beyer Weitbrecht Stotz + Partner soll eine Spänedämmung zur Ausführung kommen. Bei beiden Mehrfamilienhäusern wird auf der Außenseite jeweils noch eine DWD-Platte mit 1,6-2cm und eine hinterlüftet Holzverkleidung aufgebracht. Mit sehr schlanken Wandkonstruktionen kann somit bereits ein über die EnEV-Anforderungen hinausgehender energetischer Standard erzielt werden.

Neben dem winterlichen Wärmeschutz muss im Holzbau ein besonderes Augenmerk auf den sommerlichen Wärmeschutz gelegt werden. Bei vorliegenden Bauvorhaben wird die Überhitzung im Sommer wirkungsvoll durch einen außenliegenden Sonnenschutz in Kombination mit einer Nachtlüftung reduziert. Die Ausführung eines schwimmenden Nassestrichs wirkt sich besonders vorteilhaft für die interne thermische Speichermasse im Hinblick auf die Effizienz der Nachtlüftung aus. Zudem kann über das haustechnische Konzept ohne zusätzlichen Energieeinsatz im Sommer passiv gekühlt werden.

## **7.2 Schallschutz**

### **Schutz vor Außenlärm**

Die geplanten Mehrfamilienhäuser befinden sich im lärmrelevanten Einzugsgebiet der A6. Anhand eines Lärmgutachtens konnte an den jeweiligen Bauparzellen der zu erwartende Außenlärm rechnerisch genau ermittelt werden. Entsprechend dem berechneten maßgeblichen Außenlärmpegel wurden die Hüllflächenbauteile (Wand, Dach, Fenster) der Mehrfamilienhäuser definiert. Mit den energetisch dimensionierten Bauteilaufbauten können die Anforderungen an den Schutz vor Außenlärm eingehalten werden. Aufgrund des nächtlichen Außenlärmpegels von über 50 dB(A) werden bei einzelnen Räumen dezentrale Lüftungselemente (dezentrale Lüftungselemente oder Fensterfalzlüfter) vorgesehen. So ist ein fenster- und außenlärmunabhängiges Lüften auch nachts bei erhöhter Schutzbedürftigkeit möglich.

### **Schutz von Innenlärm**

Der interne Schallschutz zwischen den Wohneinheiten orientiert sich an dem erhöhten Schallschutz nach DIN 4108, Beiblatt 2. Zur Einhaltung dieser Anforderungen sind sowohl im Massivholzbau, als auch in der Holzständerbauweise eine sehr detaillierte Planung und Abstimmung erforderlich. Die Treppenhauswände, sowie die Aufzugsschächte werden in Stahlbetonbauweise ausgeführt. Aufgrund der hohen Masse bieten diese einen guten Schallschutz zwischen den öffentlichen und privaten Bereichen.

### **Trenndecken:**

Zur Einhaltung des vertikalen Schallschutzes wird bei dem BV von Beyer Weitbrecht Stotz + Partner die Geschossdecke mit zwei zueinander versetzt angeordneten Balkenlagen ausgeführt. Auf die obere Balkenlage werden die weiteren Schichten des Bodenaufbaus aufgebracht. Die untere Balkenlage hat keine direkte konstruktive Verbindung zum Bodenaufbau und dient als Unterkonstruktion für eine untere GKF-Beplankung. Um die gegenüber einer Stahlbetondecke fehlende Masse ins das Bauteil einbringen zu können, wird eine Splittschüttung ausgeführt. Durch das zusätzliche Einbringen eines schwimmendes Nassestrichs, lassen sich die im Holzbau problematischen tiefen Frequenzen in den Griff bekommen. Die Flankenübertragung fällt aufgrund der Holzständerbauweise mit einer zusätzlichen Installationsebene sehr gering aus und führt zu einem sehr guten Ergebnis. Bei den drei Mehrfamilienhäusern der anderen Architekturbüros wird ein Massivholz-Deckenelement mit sichtbarer Holzuntersicht ausgeführt. Um den erhöhten Schallschutz einzuhalten, wird auch bei dieser Deckenausführung eine zusätzliche Splittschüttung, sowie ein schwimmender Nassestrich ausgeführt. Hierbei muss die Trittschalldämmung in Abhängigkeit von der Estrichausführung eine sehr geringe Steifigkeit ( $s' = 7 \text{ MN/m}^3$ ) aufweisen, um eine ausreichende Trittschallverbesserung erzielen zu können. Zur Reduzierung der Flankenübertragung werden die Wände mit Vorsatzschalen versehen, alternativ kommen Elastomerlager zur Entkopplung zwischen Decke und Wand zum Einsatz.

### **Wohnungstrennwände:**

Die Wohnungstrennwände der Mehrfamilienhäuser werden mit unterschiedlichen Konstruktionen und Materialien ausgeführt. Bei allen vier Neubauten wurde jedoch ein besonderes Augenmerk auf die Flankenübertragung über die leichten Holzbauteile gelegt. So muss z.B. bei Ausführung der Massivholzdecke, diese über der Wohnungstrennwand mit einem Trennschnitt zur Reduzierung der Schallübertragung versehen werden. Bei Roedig.Schop Architekten kommen als Wohnungstrennwand zwei getrennte CW-Profile mit jeweils raumseitiger doppelter Beplankung zur Ausführung. Bei Beyer Weitbrecht Stotz + Partner werden zwei getrennte Holzständer mit Spänedämmung und raumseitiger doppelter

Beplankung ausgeführt. Auf der Innenseite der Holzständer ist zusätzlich jeweils noch eine GKF-Platte erforderlich. Eine Kombination aus Massivholzelement und Holzständer ist aktuell bei Hermann Kaufmann + Partner ZT GmbH geplant. Vor das Brettstapelelement wird mit Abstand ein beidseitig doppelt beplankter Holzständer angeordnet. Bei Partner und Partner Architekten wird der Holzständer durch einen einseitig doppelt beplanktes CW-Profil ersetzt. Alle Konstruktionsvarianten und Detaillösungen sind in der weiteren Planung mit dem ausführenden Holzbauer abzustimmen um einen reibungslosen Bauablauf und einen hohe Qualität sicherstellen zu können.

## 8 Thermische Simulationen & Energiekonzept

Um die aktuelle Behaglichkeit und den aktuellen Lastverlauf heizen/kühlen abzubilden, wurde der Gebäudebestand in einer thermischen Simulation erfasst. Hierzu wurden der Konstruktive Gebäudeaufbau, die Kubatur der Räume mit Fensterflächenanteil, sowie die gebäudetechnische Ausstattung der Räume berücksichtigt.

Die passive Optimierung eines Gebäudes ist der erste und wichtigste Schritt zur Gesamtoptimierung der Energie und Behaglichkeit eines Gebäudes.

### 8.1 Klimanalyse Standort Brühl (BW)

Datengrundlage:

DWD TRY2017 – ortsgenaues Wetter – Deutschland in 1 km<sup>2</sup>-Sektoren

Bezugskordinaten:

49,3981° N 8,5380° O

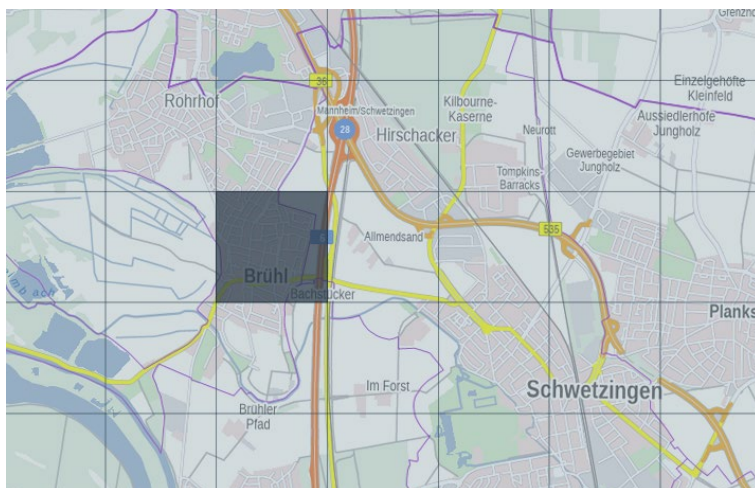


Abbildung 43: Gewählter 1 km<sup>2</sup>- Sektor für die Simulation

Als Datengrundlage wurden die aktualisierten Testreferenzjahre (TRY) des Deutschen Wetterdiensts verwendet.

Testreferenzjahre sollen für das angegebene Jahr und die gewählte Region den typischen Witterungsverlauf repräsentieren. Es sind speziell zusammengestellte Datensätze, die für jede Stunde eines Jahres diverse meteorologische Daten enthalten. Seit den TRY 2017 treten an Stelle von 15-TRY-Klimaregionen in Deutschland Datensätze, die für jeden km<sup>2</sup> im Gebiet der Bundesrepublik gesondert erstellt werden. Zudem werden zusätzlich zukünftige Datensätze generiert, die auf Basis von bis zu 12 regionalen Klimamodellen für den Zeitraum 2031-2060 entwickelt wurden.

Testreferenzjahr-Datensätze werden vor allem für Simulationen und Berechnungen im heizungs- und raumluftechnischen Bereich von Planern und Ingenieuren genutzt.

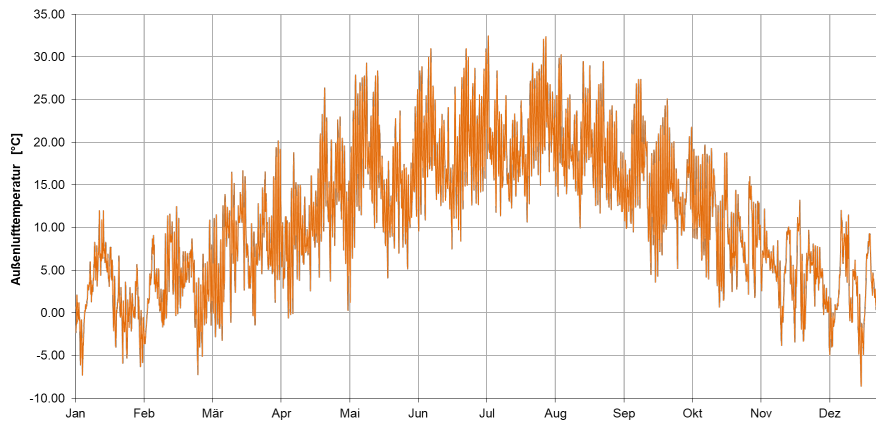


Abbildung 44: Testreferenzjahr Brühl, typisches Wetter, Jahrestemperaturverlauf

Der dargestellte Jahrestemperaturverlauf stellt ein typisches Wetter-Jahr dar, welches auf die Temperaturen der letzten 20 Jahre basiert. Die Temperaturen im Winter reichen bis zu  $-8^{\circ}\text{C}$  und immer Sommer etwas unter  $35^{\circ}\text{C}$ .

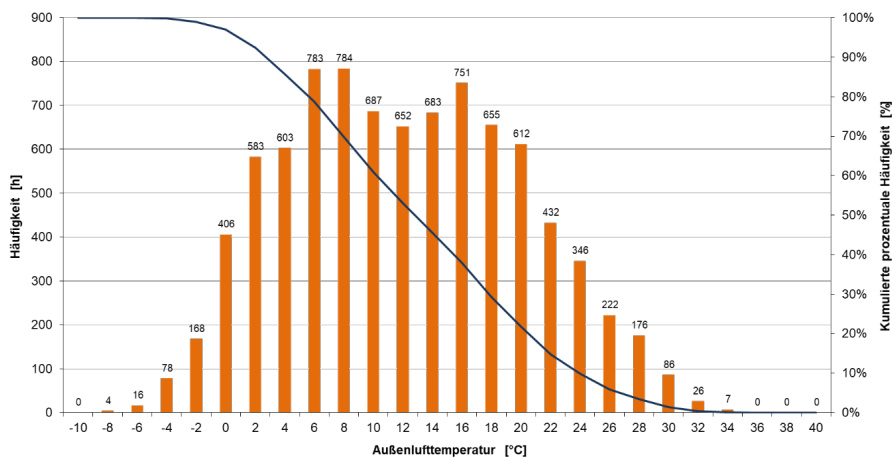


Abbildung 45: Verteilung der Außenlufttemperatur | TRY2015

Das in Abbildung 45 dargestellte Diagramm veranschaulicht wie viele Stunden eine bestimmte Außentemperatur im Jahr herrscht. Außerdem wird über die kumulierende prozentuale Häufigkeit angegeben, wie häufig eine bestimmte Außentemperatur auftritt oder überschritten wird. Dabei lässt sich zum Beispiel erkennen, dass es nur wenige Stunden eine Außentemperatur über  $30^{\circ}\text{C}$  im Sommer geben wird.

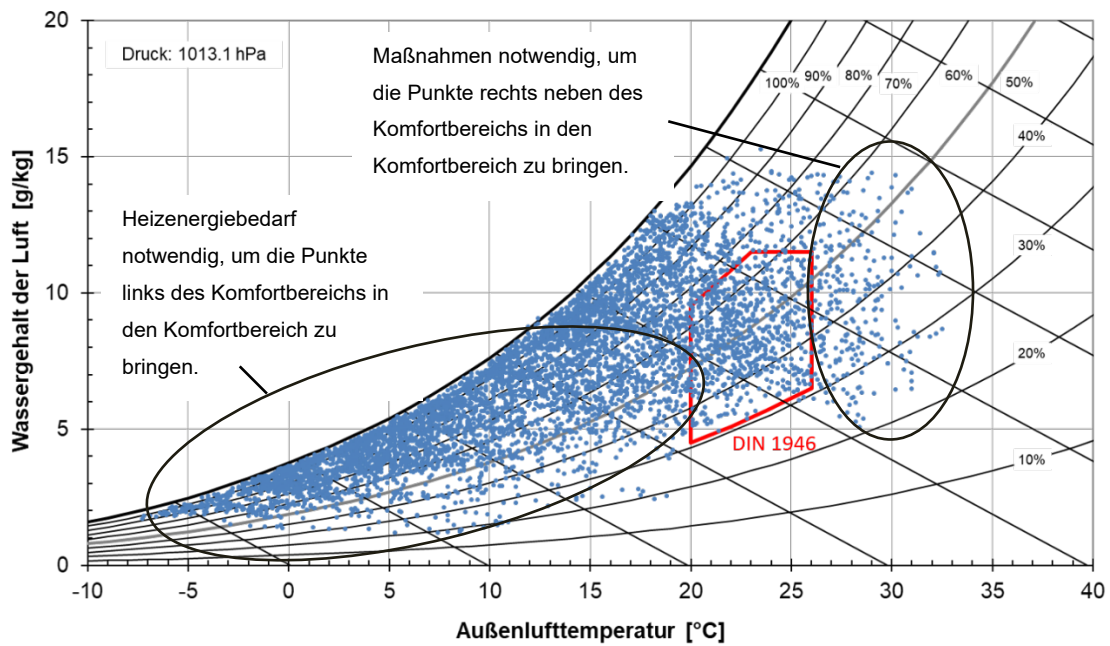


Abbildung 46: Psychrometrisches Diagramm I TRY2015

Das psychrometrische Diagramm stellt den Komfort nach DIN 1946 dar, hier durch den roten Rahmen abgebildet. Ein blauer Punkt spiegelt die Gegebenheiten einer Stunde im Jahr, hinsichtlich absoluter und relativer Luftfeuchtigkeit, sowie der Außentemperatur wieder. Durch passive und aktive Maßnahmen versucht man nun, die Punkte außerhalb des roten Rahmens weitestgehend in den Rahmen zu bewegen.

Nachfolgend sind die Klimadaten des deutschen Wetterdiensts für Brühl, extremes Wetter-Jahr dargestellt. Diese Daten basieren auf extremen Temperaturen der letzten 20 Jahren. Für die Simulationen wurde dieser Datensatz verwendet, um eine Zukunftssicherheit zu gewährleisten

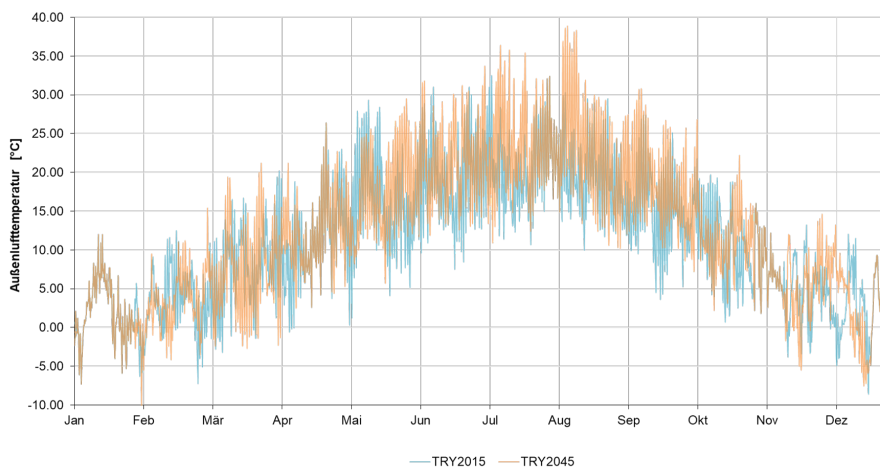


Abbildung 47: Verlauf der Außenlufttemperatur I TRY2045

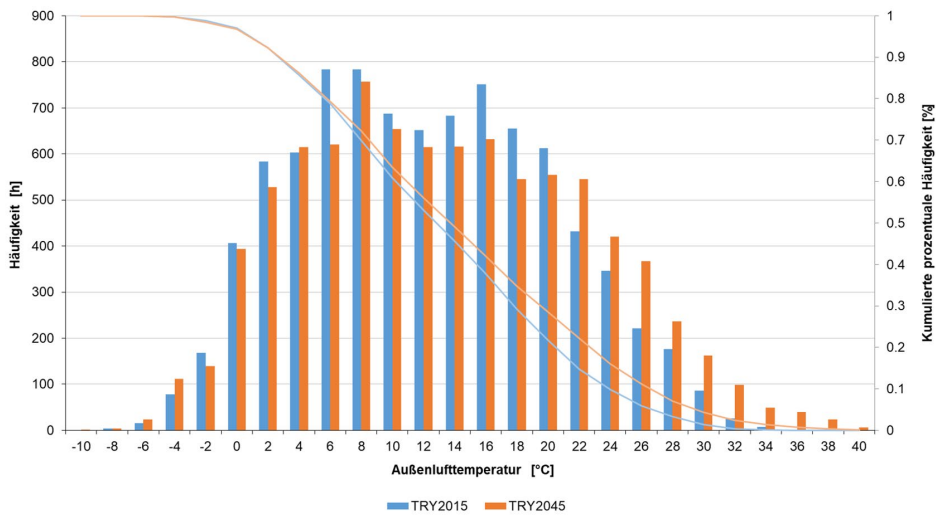


Abbildung 48: Verteilung der Außenlufttemperatur | TRY2045

Es ist ein Anstieg der Maximaltemperatur im Sommer um ca. 5 °C zu erkennen. Die Verteilung der Stunden konzentriert aufgrund der Extremdaten auf die sehr warmen Außenlufttemperaturen und Minusgrade. An der Kurve der kumulierenden prozentualen Häufigkeit ist eine größere Temperaturspanne über das Jahr zu erkennen.

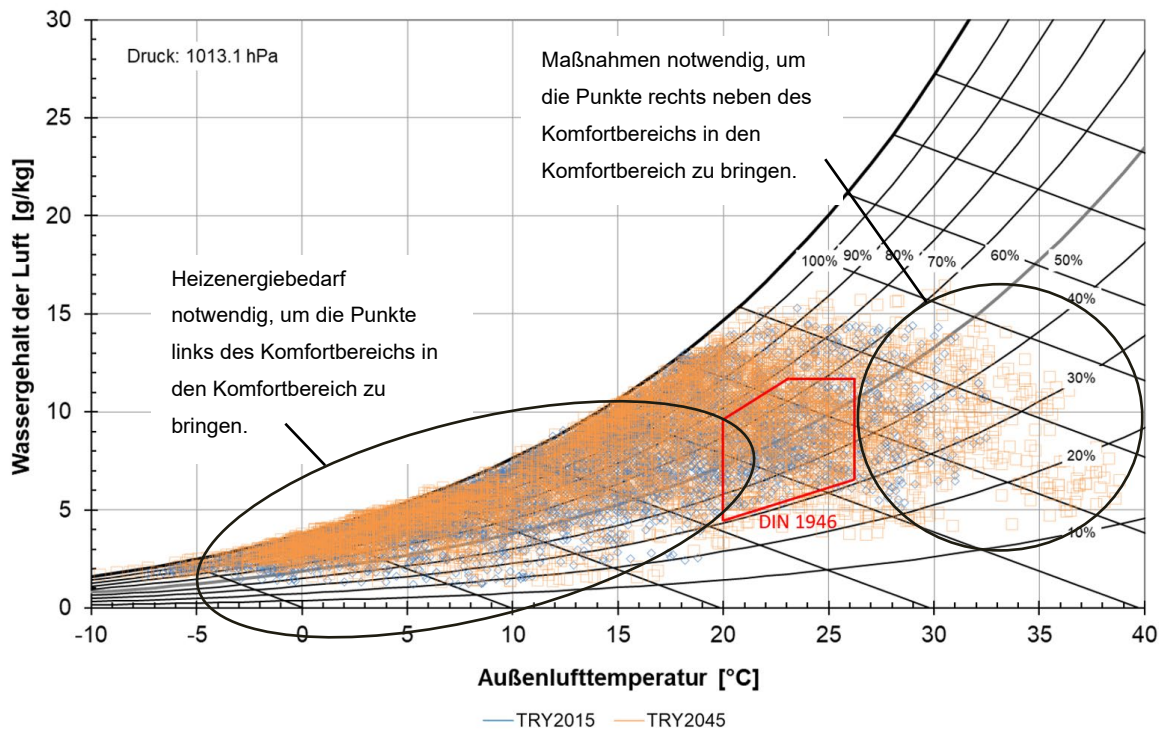


Abbildung 49: Psychrometrisches Diagramm | TRY2045

Aus dem psychrometrischen Diagramm lässt sich für die Zukunftsbetrachtung ein erhöhter Anteil an warmen und feuchten Tagen entnehmen, welche in den Komfortbereich gebracht werden müssen.



## 8.2 Definition Komfortbereich

Im Rahmen dieser Dokumentation wird unter Komfort der thermische Komfort oder auch die thermische Behaglichkeit verstanden. Der Komfortbereiche in welchem die operative, also die gefühlte, Raumtemperatur als thermisch Behaglich angesehen wird ist in Anlehnung an die DIN EN 15251 definiert. Ziel ist es, die operative Temperatur im folgenden Grenzbereich zu halten:

- Winter (<16°C Außenlufttemperatur): 21°C bis 24°C
- Hochsommer (>32°C Außenlufttemperatur): bis 26°C

Dazwischen wird die obere Grenze mit steigender Außenlufttemperatur linear angehoben

- Operative Temperaturen innerhalb dieser Komfortgrenzen bedeuten einen sehr guten thermischen Komfort.
- Eine Überschreitung der Komfortgrenzen bis 5 % der Nutzungszeit kann immer noch als guter Komfort bezeichnet werden.

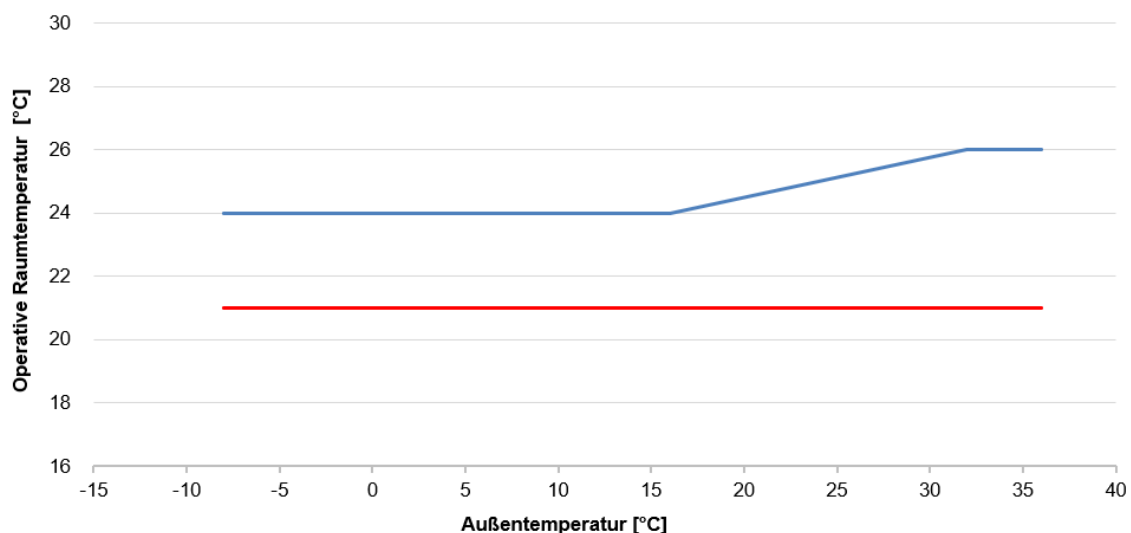


Abbildung 50: Komfortband Sommer/Winter

### 8.3 Allgemeine Randbedingungen

#### Auswahl Simulierte Zone

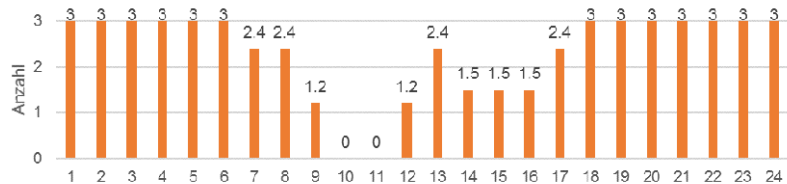
Zur Bewertung und Optimierung wurden pro Gebäude jeweils mehrere Räume und Wohnungen untersucht. Übersichtshalber wird pro Gebäude immer nur der kritischste Raum im Regelgrundriss detailliert betrachtet. Den kritischsten Raum stellt in der Regel der südwestlich orientierte Raum im obersten Geschoss dar.

#### Interne Lasten

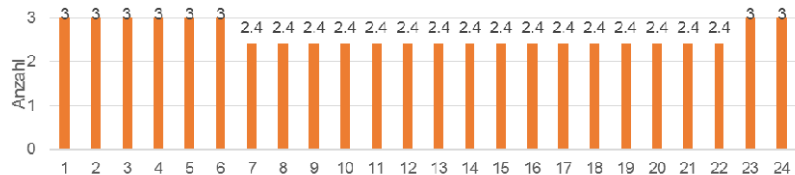
Interne Lasten sind Wärmeeinträge durch die Anwesenheit von Personen sowie die Wärmeabgabe durch den Betrieb von elektrischen Geräten. Die Intensität des Wärmeeintrags wird über ein Lastprofil im Zeitlichen verlauf abgebildet. Da die Nutzung aller Gebäude als identisch angesehen werden kann wurde zur besseren Vergleichbarkeit ein allgemeines Lastprofil für alle Varianten angelegt.

##### Lasten (basiert auf SIA Merkblatt 2024)

Personen: 3  
Anwesenheit (Werktag)



Anwesenheit (Wochenende)



##### Elektrische Geräte

Konvektiver Anteil: 80%

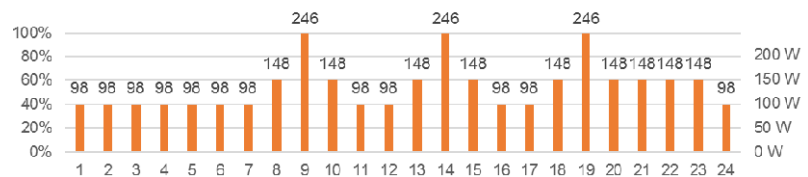


Abbildung 51: Allgemeines Lastenprofil der untersuchte Variante

## 8.4 Thermische Simulation Partner & Partner

### 8.4.1 Simulation Fassade

Für die aktive Nutzung der Fassade des Gebäudes von Partner und Partner Architekten wird eine passiv solare Kollektorfassade vorgeschlagen. Durch einen von der Holzfassade abgesetzte außenseitige Verglasung aus Profilbauglas entsteht ein Luftraum vor der opaken Außenwand. Dieser erwärmt sich durch solare Einstrahlung und reduziert somit im Winter die Transmissionswärmeverluste über die Fassade und reduziert damit den Heizwärmebedarf des Gebäudes. Im Sommer kann hier jedoch ein Überhitzungsrisiko entstehen.

Aus diesem Grund wurde hier zunächst das Verhalten der Fassade mit einer thermischen Simulation berechnet, um die Temperaturen im Zwischenraum zu ermitteln, anschließend wurden mit diesen Zwischenraum-Temperaturen als Randbedingung die thermische Auswirkung auf kritische Räume (SO + SW) im Gebäude untersucht.

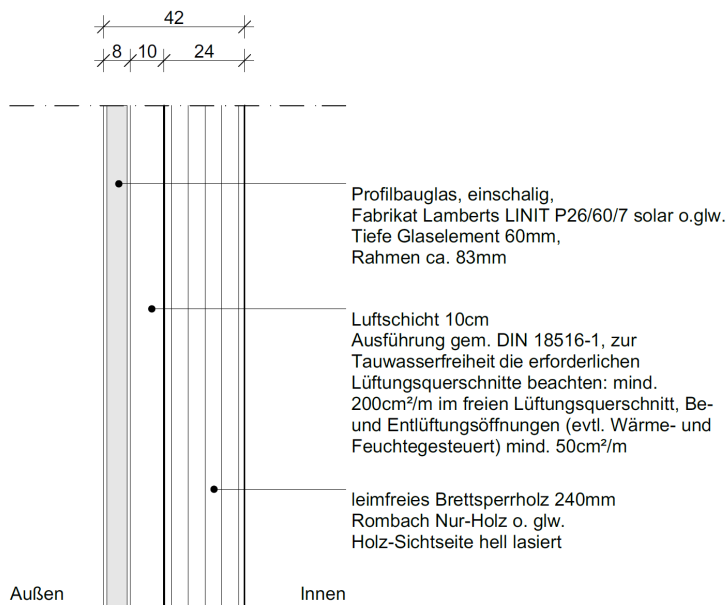


Abbildung 52: Detail Fassadenaufbau

Für die Detaillierung der Fassade wurden unterschiedliche Verglasungsvarianten, Variationen in der Dimension der Luftschicht zwischen Glas und Holzelement sowie unterschiedliche Absorptionsgrade der Holzfassade und deren Auswirkung auf die Temperatur im Zwischenraum untersucht.

Variante	Profilglas	g-Wert	U-Wert	Zwischenraum	Abs. Holz
V1	Linit, solar	0.85	5.7 W/m <sup>2</sup> K	10cm	0,4
V2	Linit, azur	0.69	5.7 W/m <sup>2</sup> K	10cm	0,4
V3	Linit, azur	0.69	5.7 W/m <sup>2</sup> K	10cm	0,4
V4	Linit, azur	0.69	5.7 W/m <sup>2</sup> K	14cm	0,2
V5	Linit, solar	0.85	5.7 W/m <sup>2</sup> K	10cm	0,2

**Variante 1 – Linit Solar - g-Wert 0,85**

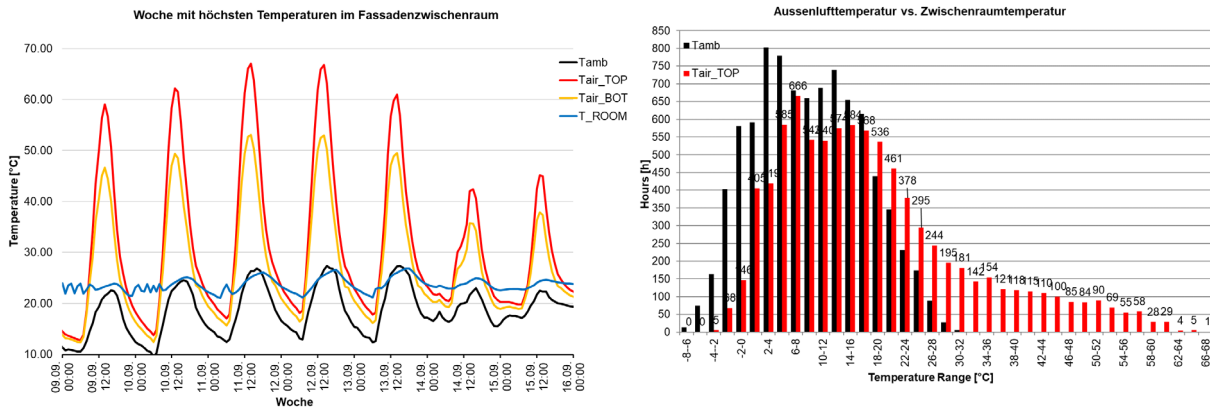


Abbildung 53: V1\_Temperatur im Fassadenzwischenraum im Vergleich zur Außentemperatur; Temperatur und statistische Auswertung

Die statistische Auswertung zeigt das die Temperatur im Fassadenzwischenraum im Winter minimal  $-4^{\circ}\text{C}$  erreichen. Spitzentemperaturen bei Sonneneinstrahlung erreichen bis zu  $67^{\circ}\text{C}$ , jedoch nur für sehr kurze Zeit. 67 Stunden liegt die Temperatur über dem kritischen Wert von  $60^{\circ}\text{C}$ .

**Variante 2 – Linit claris. Azur - g-Wert 0,69**

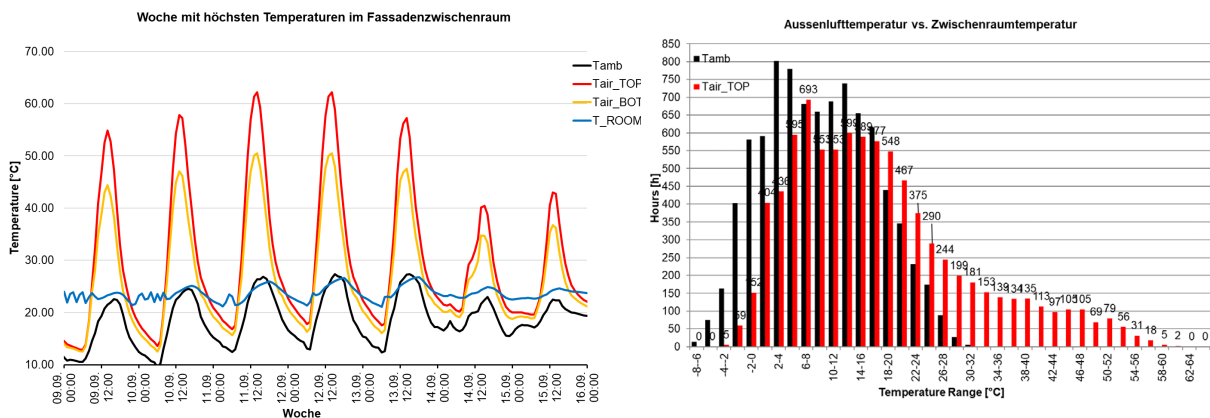


Abbildung 54: V2\_Temperatur im Fassadenzwischenraum im Vergleich zur Außentemperatur; Temperatur und statistische Auswertung

Bei der Verwendung einer farbigen Beschichtung reduziert sich die Spitzentemperatur bei Sonneneinstrahlung auf max.  $62^{\circ}\text{C}$ . Die kritische Grenze von  $60^{\circ}\text{C}$  wird nur für 7 Stunden im Jahr überschritten.

**Variante 3 – Linit azur - g-Wert 0,67 - Cav. 14 cm**

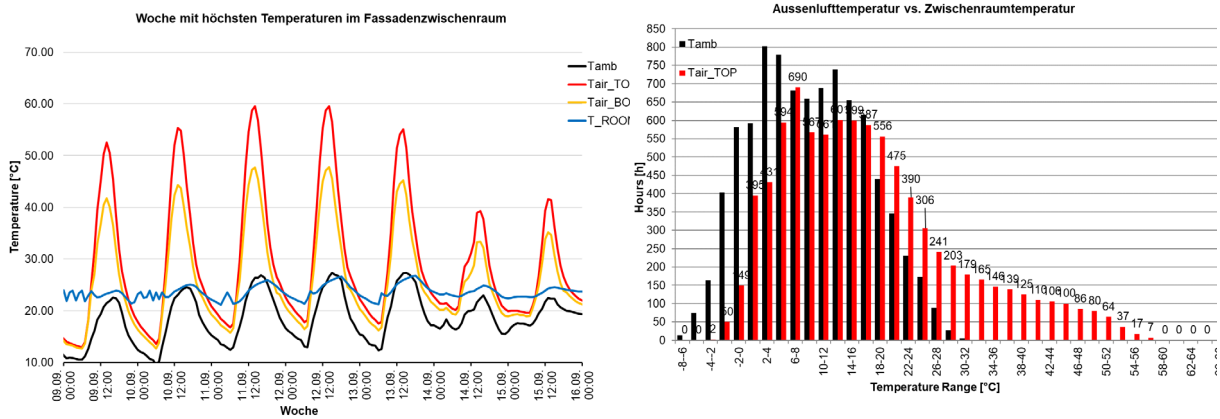


Abbildung 55: V3\_Temperatur im Fassadenzwischenraum im Vergleich zur Außentemperatur; Temperatur und statistische Auswertung

Durch die Vergrößerung des Zwischenraumes reduziert sich die Spitzentemperatur bei Sonneneinstrahlung weiter auf max. 59°C. Die kritische Grenze von 60°C wird nicht überschritten.

**Variante 4 – Linit azur - g-Wert 0,67 - Cav. 14 cm – weiß**

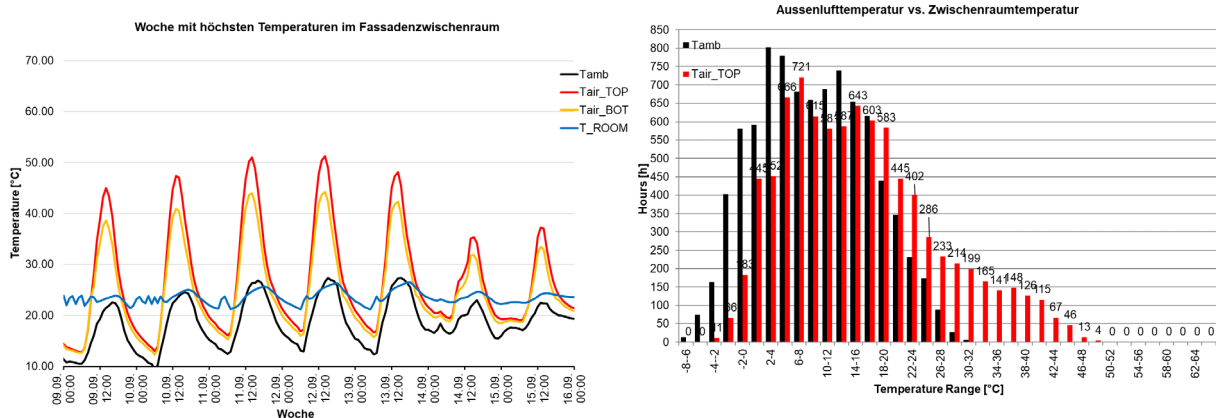


Abbildung 56: V4\_Temperatur im Fassadenzwischenraum im Vergleich zur Außentemperatur; Temperatur und statistische Auswertung

Bei einer weißen Lasur mit einer solaren Reflexion von ca. 80% sinken die Spitzentemperaturen im Zwischenraum deutlich auf max. 51°C. Die kritische Temperatur von 60°C wird zu keiner Zeit erreicht.

**Variante 5 – Linit solar - g-Wert 0,85 - Cav. 10 cm – weiß**

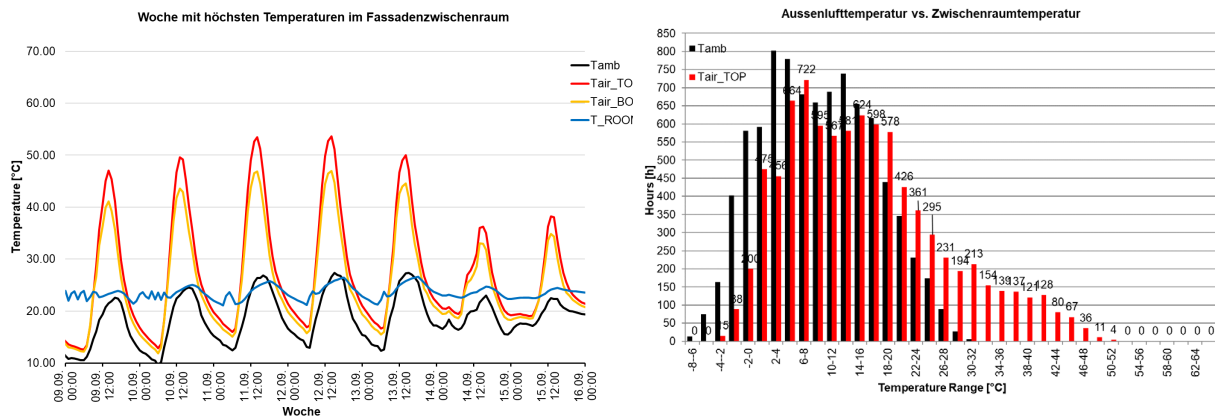


Abbildung 57: V5\_Temperatur im Fassadenzwischenraum im Vergleich zur Außentemperatur; Temperatur und statistische Auswertung

Bei einer weißen Lasur mit einer solaren Reflexion von ca. 80% kann auch bei Verwendung von Linit Solar mit hohem g-Wert und bei nur 10 cm Cavity die Temperatur unter 54°C gehalten werden.

**8.4.2 Empfehlung Fassade**

Den größten Einfluss auf die Zwischenraum-Fassadentemperatur hat die solare Absorptionsfähigkeit der Holzwand. Bei Verwendung von einer weißen Lasur mit >70% solarem Reflexionswert (Näherungsweise auch Lichtreflexionswert) kann die Temperatur deutlich reduziert werden. Die Beschichtung der Linit-Elemente zur Reduktion des g-Wertes hat nur einen geringen Einfluss auf die Temperaturentwicklung, von daher kann sie weggelassen werden. Die Öffnungsflächen oben/unten sollten aufgrund des Luftwiderstandes der Öffnung deutlich größer sein als der eigentliche Querschnitt des Zwischenraumes. Hier werden 0.3 m<sup>2</sup> je 1 m Fassade empfohlen. Der Zwischenraum selber sollte ein möglichst großes Luftvolumen aufweisen, um im Sommer eine gute Durchlüftung gewährleisten zu können. Der freie Querschnitt wird mit einer Tiefe von 14 cm empfohlen.

### 8.4.3 Simulation Raum Süd-Ost

#### Randbedingungen

##### Massivwand

BSH	240 mm
Wärmeleitfähigkeit	0.13 W/mK
Freier Luftspalt	140 mm
Lamberts LINIT - Solar	
V1= ohne, V2= mit Glaselementen	
Temperatur Fassaden-Zwischenraum aus vorheriger Simulation als Eingabe-Randbedingung für vereinfachte Fassade	

##### Fenster

3-fach Verglasung	$U_w=0.95 \text{ W/m}^2\text{K}$
Gesamtenergiedurchlass	$g=0.52$
Sonnenschutz Rollos	$F_c=0.2$
Sonnenschutz Loggia	$F_c=0.5$

##### Wärmebrücken

Wärmebrückenzuschlag  $0 \text{ W/m}^2\text{K}$

##### Lüftung

Infiltration	0.1 1/h
Natürliche Lüftung über Fenster	
Grundlüftung tags	1 1/h
Sommerlüftung zusätzlich über Fensteröffnung	
Öffnungsfläche	$1.68 \text{ m}^2$
Höhe Öffnungsflügel	1.44 m
Öffnet wenn	$T_{\text{room}} > 24^\circ\text{C}$

##### Dach

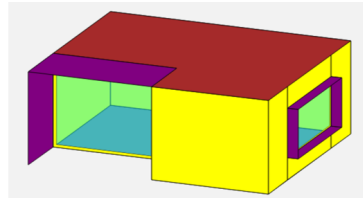
Holzbaukonstruktion gegen Aussenluft	
GK-Platte	15 mm
BSH	180 mm
Dämmung WLG040	200 mm

##### Boden

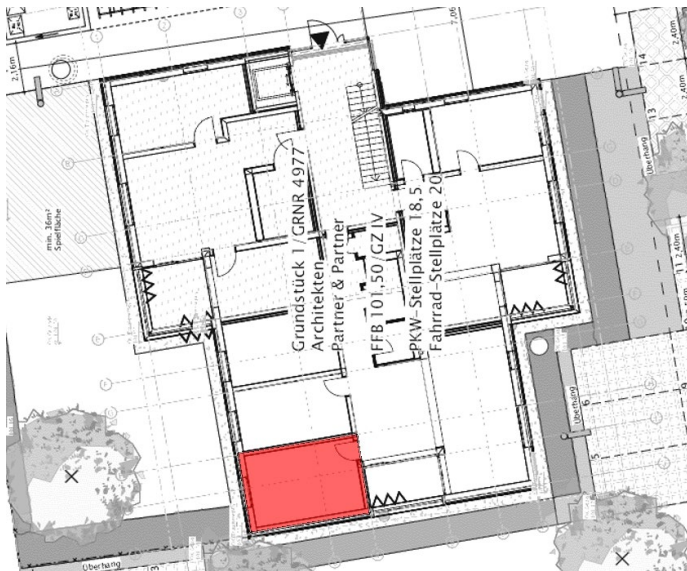
Holzbaukonstruktion gegen warmen Raum	
Holzbelag	20 mm
FBH in Holzweichfaserplatte	25 mm
Trockenestrich + TSD	45 mm
Kalksplitt	100 mm
OSB	15 mm
BSH	180 mm

##### Innenwände

GK	25 mm
BSH	185 mm



Modell Raum Süd-Ost mit Loggia



##### Untersuchte Zone

Wohnraum 3. OG  
Ausrichtung Süd-West  
 $3.5 \times 5.25 \text{ m}$ ,  $h=2.64 \text{ m}$   
Beheizung auf  $20^\circ\text{C}$

##### Wetterdatensatz

Ortsgenauer Datensatz für mittlere Witterungsverhältnisse  
Testreferenzjahr TRY2015y  
N49.398 E08.538

##### Verschattung

Es wird das oberste Geschoss simuliert, hier spielt die Verschattung durch Nachbargebäude keine signifikante Rolle.

##### Nutzung

Wohnnutzung 24 h  
2 Personen a 75 W  
Beleuchtung  $6 \text{ W/m}^2$  mit Tageslichtabhängiger Steuerung

Abbildung 58: Simulierter Raum

### Auswertung Simulation ohne Kollektorfassade

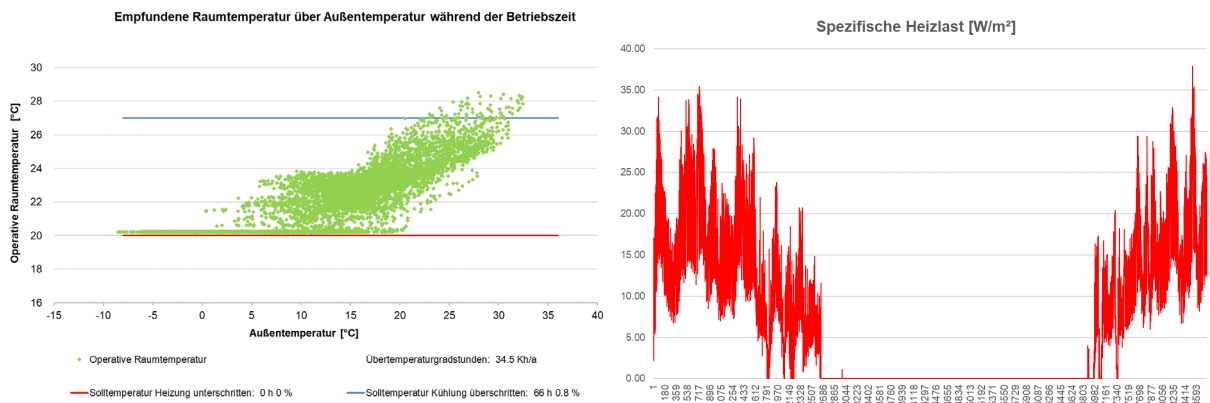


Abbildung 59: Empfundene Raumtemperatur über Außentemperatur während der Nutzungszeit\_Süd Ost Raum ohne Kollektorfassade

Der Raum kann durch ein Heizsystem mit 35 W/m<sup>2</sup> ganzjährig in der Komfort-Temperatur gehalten werden, obwohl es sich um den kritischsten Raum mit 3 Außenflächen handelt und obwohl für die Außenwand neben dem BSH keine Dämmung angesetzt wurde. Der Heizwärmebedarf ist mit 63.5 kWh/m<sup>2</sup>a höher als ein normaler Raum, liegt aber innerhalb typischer Werte.

Im Sommer wird der Raum nur über eine Nachtlüftungspülung über die Fenster passiv gekühlt. Die Zieltemperatur von 27°C wird nur für 66 h und 34.5 Kh überschritten und erfüllt damit sehr gut die Anforderungen der Norm. Mit Hilfe einer passiven Fussbodenkühlung über das Erdreich kann diese Überhitzung weiter reduziert werden.

Im nächsten Schritt werden die Linit-Verglasung und der Luftzwischenraum als Kollektorfassade ergänzt. Damit werden die Temperaturen der Fassade durch solare Gewinne erhöht.

### Auswertung Simulation ohne Kollektorfassade

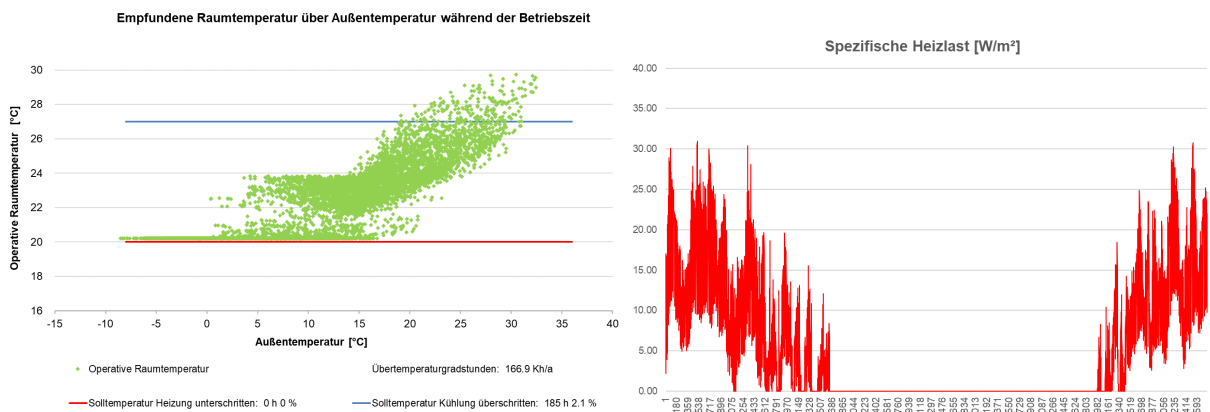


Abbildung 60: Empfundene Raumtemperatur über Außentemperatur während der Nutzungszeit\_Süd Ost Raum mit Kollektorfassade



Der Raum wird mit den gleichen Randbedingungen wie zuvor gerechnet, nur die Linit-Verglasung wird ergänzt. Somit werden die Temperaturen der Fassade durch solare Gewinne erhöht. In der Heizperiode können durch den reduzierten Wärmeverlust durch die Fassade die Heizlasten um ca.  $5 \text{ W/m}^2$  reduziert werden. Der spezifische Heizwärmebedarf sinkt deutlich um -28%. Die Wirksamkeit der Fassade als Wärmepuffer ist somit bewiesen.

Im Sommerfall entstehen im Raum aufgrund der höheren Fassadentemperatur höhere Raumtemperaturen. Die Zahl der Stunden  $>27^\circ\text{C}$  steigt um 116 h auf insgesamt 185 Stunden. Die Übertemperaturgradstunden erhöhen sich um 82,4 kWh/a auf insgesamt 166.9 Kelvinstunden. Diese Werte liegen aber immer noch sehr gut innerhalb der Anforderungen, eine Kühlung über die Fussbodenheizung ist hierbei noch nicht berücksichtigt.

## 8.5 Thermische Simulation Beyer Weitbrecht Storz + Partner

### Randbedingungen:

Raumfläche: 16,8 m<sup>2</sup>

Raumvolumen: 42 m<sup>3</sup>

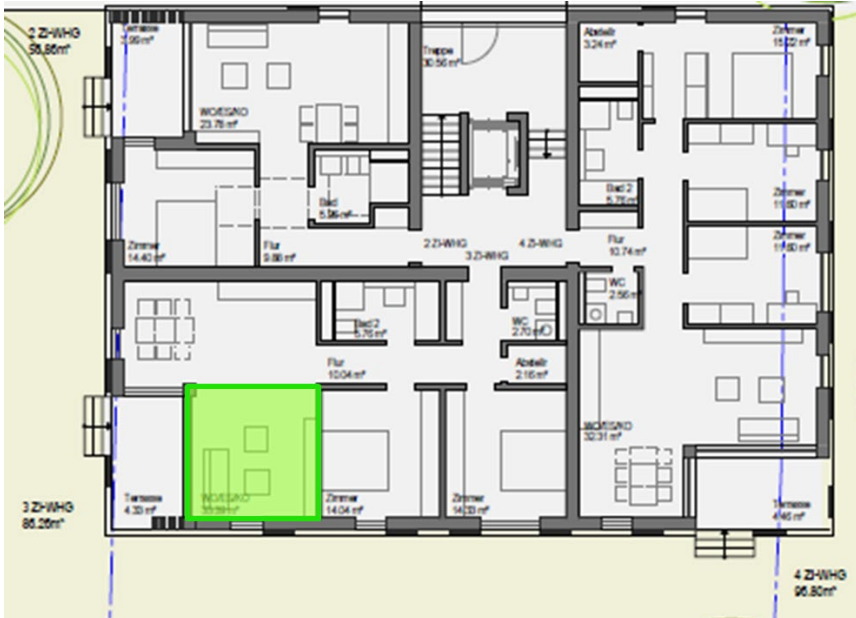


Abbildung 61: Verortung des simulierten Raums im Regelgrundriss \_Wohnzimmer SW

**Opake Fassade:** Außenwand  $U = 0,20 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$   
Dach  $U = 0,15 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$

**Fenster:**

Fenster S: Fensterfläche: 2,4 m<sup>2</sup>,  
 $U_w = 0,86 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$   $U_g = 0,70 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$   
Rahmenanteil 20%  $U_f = 1,5 \text{ W}/\text{m}^2\text{K}$   
 $g = 58\%$   $T_{\text{vis}} = 74\%$

Tür/Fenster W: Fensterfläche: 9,2 m<sup>2</sup>,  
 $U_w = 1,08 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$   $U_g = 0,70 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$   
Rahmenanteil 25%  $U_f = 2,0 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$   
 $g = 58\%$   $T_{\text{vis}} = 74\%$

**Sonnenschutz:** ohne

**Heizung:**

Betrieb: 01. Oktober – 30. April  
Solltemp: 21°C

**Kühlung**

keine

**Lüftung**

Art: natürliche Lüftung  
+ WC-Abluft  
+ Nachluftspülung

Infiltration: 0.1 1/h

Grundlüftung: 1.0 1/h

Nachluftspülung: 2.0 1/h

## Auswertung

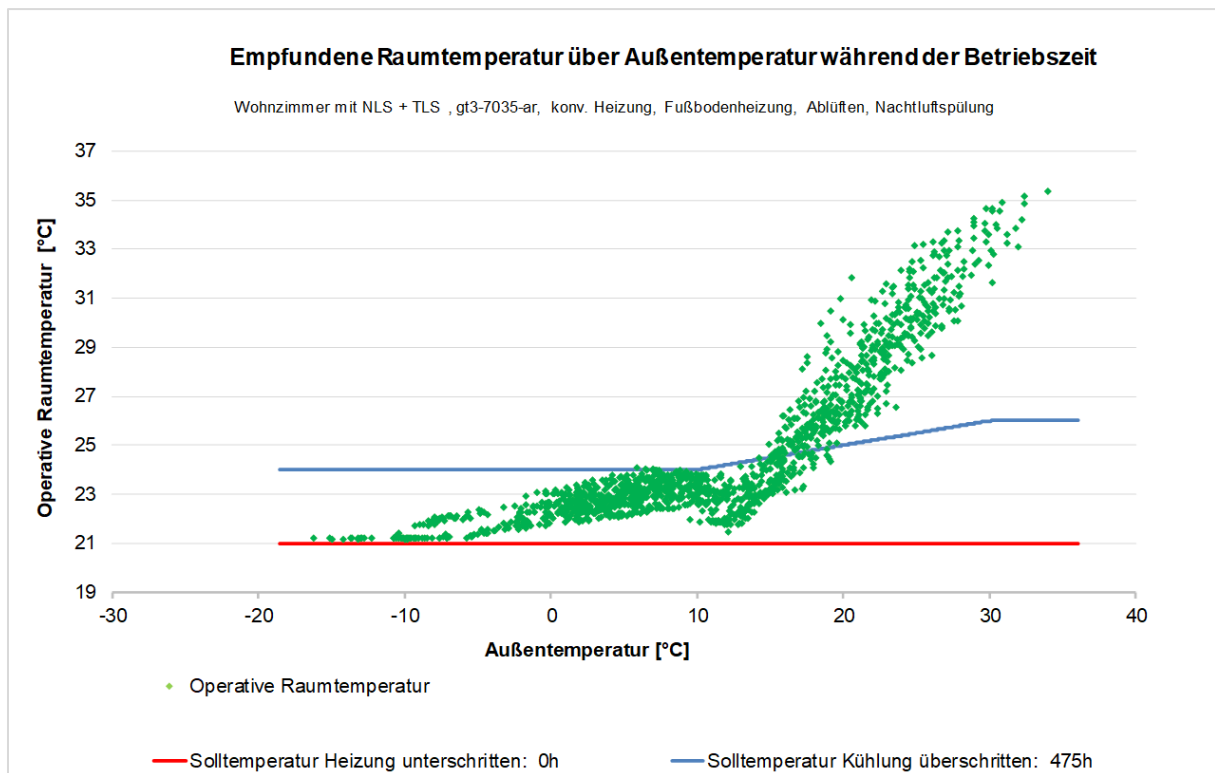


Abbildung 62: Empfundene Raumtemperatur über Außentemperatur während der Nutzungszeit\_Wohnzimmer

An der Temperaturverteilung ist zu erkennen, dass die Solltemperaturen bei kalten Außentemperaturen im komfortablen Bereich befinden. Durch solare Einstrahlung und die internen Lasten steigt die Temperatur sogar über die Heizsolltemperatur von 21°C hinaus und befindet sich im Mittel bei komfortablen 23°C. Ab einer Außentemperatur von 18°C steigen die Raumtemperaturen jedoch über die definierte Solltemperatur von 25°C. Insgesamt überschreiten 475h von 8760h somit etwa 5% der Stunden die definierte komfortabel Solltemperatur. Eine Maximaltemperatur von 35°C wird im Innenraum erreicht.

Zur Reduktion der solaren Einstrahlung durch die großzügige Verglasung (60% Verglasungsanteil) wurden eine außenliegende Verschattung oder eine Sonnenschutzverglasung vorgeschlagen, welche in der Planung berücksichtigt wurde. Zudem bietet das gewählte Gebäudetechnikkonzept die Option der passiven Kühlung.

## 8.6 Thermische Simulation Hermann Kaufmann + Partner ZT GmbH

### Randbedingungen

Raumfläche: 21,9 m<sup>2</sup>

Raumvolumen: 55,2 m<sup>3</sup>



Abbildung 63: Verortung des simulierten Raums im Regelgrundriss \_Wohnzimmer SW

<b>Opake Fassade:</b>	Außenwand $U = 0,247 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ Dach $U = 0,15 \text{ W/(m}^2\text{K)}$	<b>Heizung:</b>	Betrieb: 01. Oktober – 30. April Solltemp: 21°C
<b>Fenster:</b>		<b>Kühlung</b>	keine
Fenster S:	Fensterfläche: 3 m <sup>2</sup> , $U_w = 0,86 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ $U_g = 0,70 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ Rahmenanteil 20% $U_f = 1,5 \text{ W/m}^2\text{K}$ $g = 58\%$ $T_{vis} = 74\%$	<b>Lüftung</b>	Art: natürliche Lüftung + WC-Abluft + Nachtlüftungspülung
Tür/Fenster W:	Fensterfläche: 8,4 m <sup>2</sup> , $U_w = 1,08 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ $U_g = 0,70 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ Rahmenanteil 25% $U_f = 2,0 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ $g = 58\%$ $T_{vis} = 74\%$	Infiltration:	0.1 1/h
<b>Sonnenschutz:</b>	ohne	Grundlüftung:	1.0 1/h
		Nachtlüftungspülung:	2.0 1/h

## Auswertung

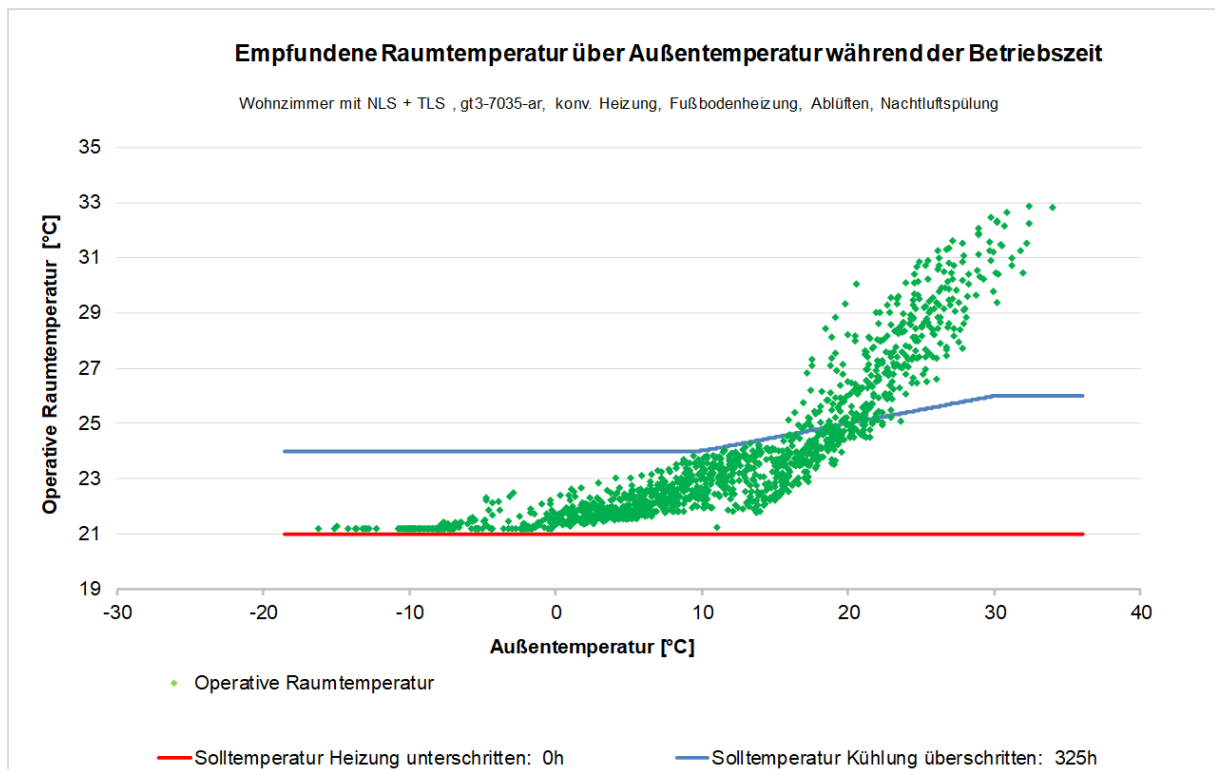


Abbildung 64: Empfundene Raumtemperatur über Außentemperatur während der Nutzungszeit\_Wohnzimmer

Trotz eines höheren U-Wert der Außenfassade heizt sich der Raum aufgrund des größeren Raumvolumens und des geringeren Fensterflächenanteils (46% Verglasungsanteil) langsamer auf. Die Solltemperatur wird ebenfalls ab einer Außentemperatur von 18°C überschritten, insgesamt überschreiten aber nur 325h von 8760h somit etwa 3,7% der Stunden die definierte komfortable Solltemperatur. Die maximale operative Raumtemperatur mit Nachtlüftungspülung und einer Grundlüftung tagsüber erreicht 33°C.

Zur Reduktion der solaren Einstrahlung wurden eine außenliegende Verschattung vorgeschlagen, welche in der Planung berücksichtigt wurde.

## 8.7 Thermische Simulation roedig.schop Architekten

### Randbedingungen

Raumfläche: 34,45 m<sup>2</sup>

Raumvolumen: 93,2 m<sup>3</sup>

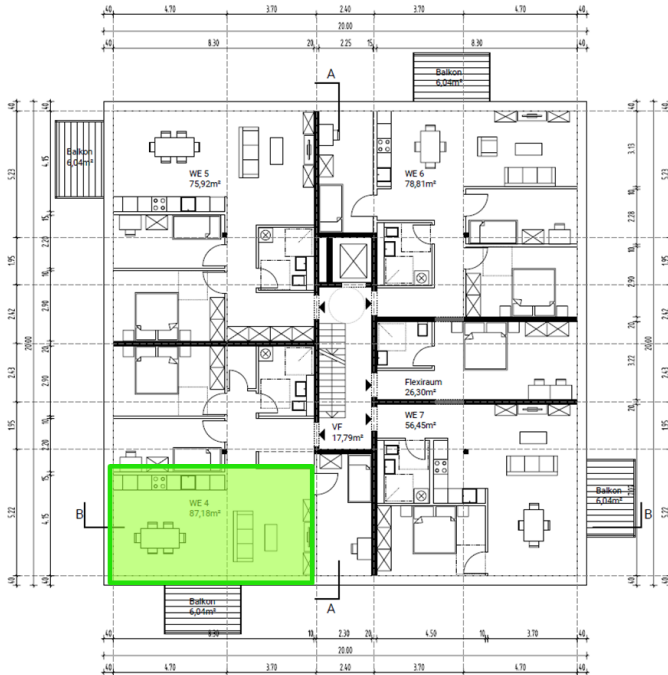


Abbildung 65: Verortung des simulierten Raums im Regelgrundriss \_Wohnzimmer SW

<p><b>Opake Fassade:</b></p> <p><b>V1:</b> Außenwand <math>U = 0,239 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})</math> 4cm Holz + 15cm Dämmung</p> <p><b>V2:</b> Außenwand <math>U = 0,238 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})</math> 20cm Holz + 10cm Dämmung</p> <p>Dach <math>U = 0,15 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})</math></p> <p><b>Fenster:</b></p> <p>Fenster S: Fensterfläche: 6,06 m<sup>2</sup>, <math>U_w = 0,86 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})</math> <math>U_g = 0,70 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})</math> Rahmenanteil 20% <math>U_f = 1,5 \text{ W}/\text{m}^2\text{K}</math> <math>g = 58\%</math> <math>T_{vis} = 74\%</math></p> <p>Tür/Fenster W: Fensterfläche: 3,64 m<sup>2</sup>, <math>U_w = 1,08 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})</math> <math>U_g = 0,70 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})</math> Rahmenanteil 25% <math>U_f = 2,0 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})</math> <math>g = 58\%</math> <math>T_{vis} = 74\%</math></p> <p><b>Sonnenschutz:</b> ohne</p>	<p><b>Heizung:</b></p> <p>Betrieb: 01. Oktober – 30. April</p> <p>Solltemp: 21°C</p> <p><b>Kühlung</b> keine</p> <p><b>Lüftung</b></p> <p>Art: natürliche Lüftung + WC-Abluft + Nachtlüftungspülung</p> <p>Infiltration: 0.1 1/h</p> <p>Grundlüftung: 1.0 1/h</p> <p>Nachtlüftungspülung: 2.0 1/h</p>
--	---

**Auswertung:**

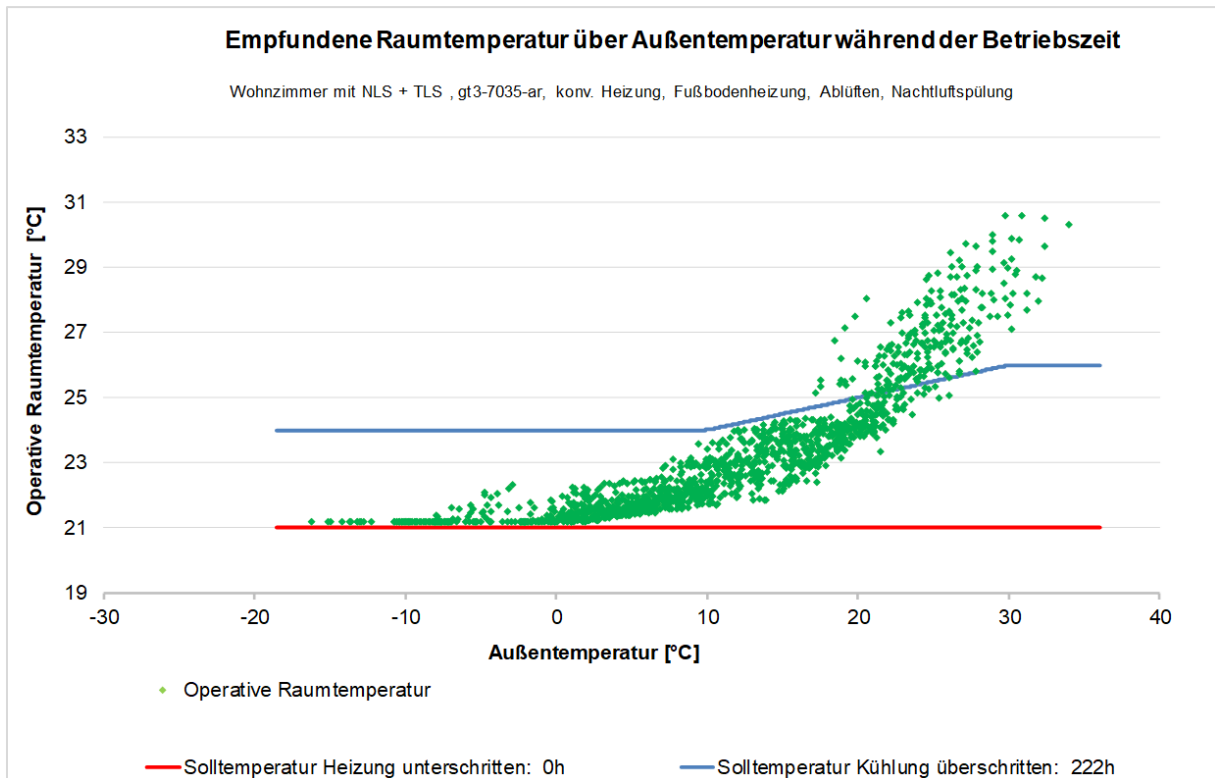


Abbildung 66: Empfundene Raumtemp. über Außentemperatur während der Nutzungszeit\_Wohn/Esszimmer RS Wandaufbau: 4 cm Holz + 15 cm Dämmung – U=0.239 W/m<sup>2</sup>K

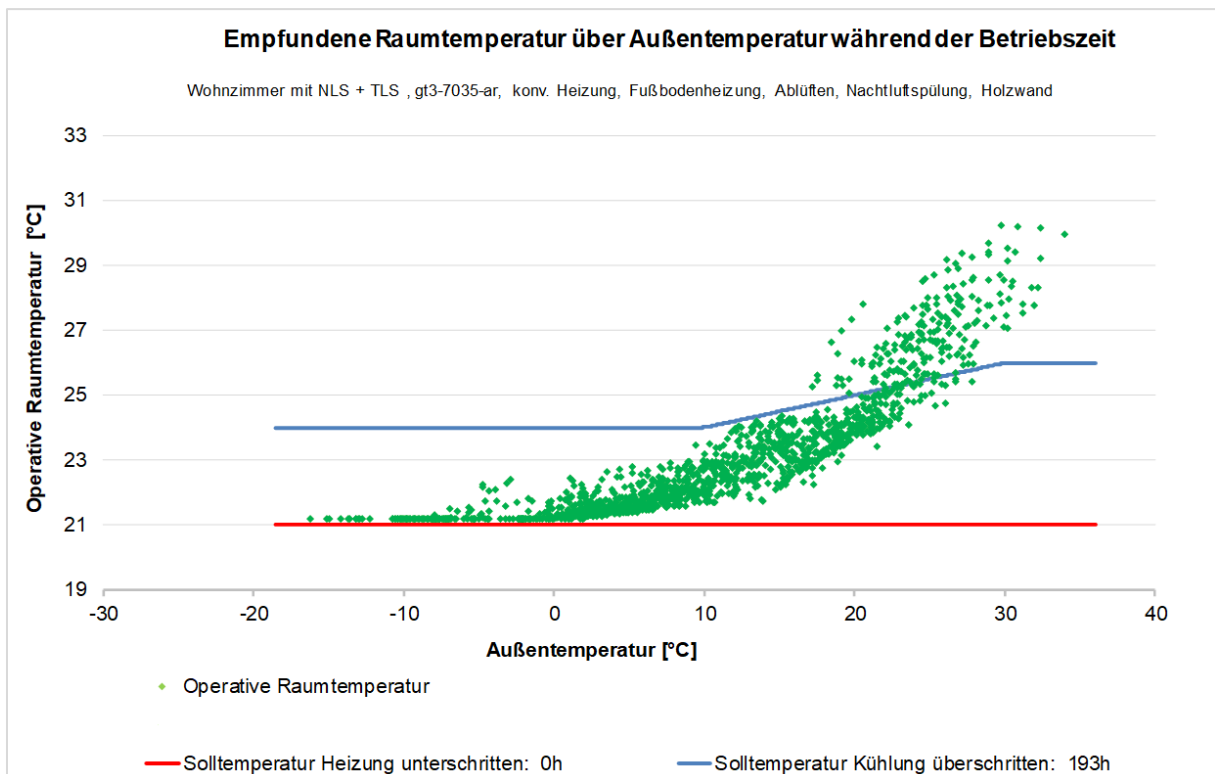


Abbildung 67: Empfundene Raumtemp. über Außentemperatur während der Nutzungszeit\_Wohn/Esszimmer RS Wandaufbau: 20 cm Holz + 10 cm Dämmung – U=0.238 W/m<sup>2</sup>K

Mittels der thermischen Raumsimulation wurden zwei unterschiedliche Wandaufbauten in Hinblick auf deren Auswirkung auf die operative Raumtemperatur untersucht. Beide Variante V1 und V2 haben einen identischen U-Wert, im Aufbau unterscheiden sie sich jedoch im Verhältnis von Holz zu Dämmung. V1 stellt einen Aufbau in leichter Bauweise, etwa in Holzrahmenbau mit einen geringen Holzanteil. V2 stellt eine schwere Bauweise, etwa eine Massivholzwand dar. Vergleicht man beide Varianten, so zeigt sich, dass aufgrund der höheren Speichermasse der schweren Bauweise der Temperaturanstieg gedämpft wird. Insgesamt liegen bei der massiven Bauweise nur 193h oberhalb der Temperaturgrenze im Vergleich zu 222h bei der leichten Bauweise. Da der Unterschied allerdings nicht gravierend ist und auch bei der leichter Bauweise nur 2,5% der Stunde oberhalb der Komfortzone liegen spricht nichts gegen die Ausführung in leichter Bauweise.

## 8.8 Variantenvergleich

Vergleicht man die Varianten hinsichtlich der Kennwerte zum Verhältnis Fassade zu Wohnfläche sowie dem Verglasungsanteil der Außenfassade und setzt diese in Relation zum den resultierenden max. Temperaturen und der spezifischen Heizlast so wird deutlich, dass diese in einem Zusammenhang stehen. Je größer die Fassadenfläche zur Wohnfläche desto höher auch der Heizwärmebedarf, je größer der Verglasungsanteil desto größer auch das Risiko der sommerlichen Überhitzung. Da hier aber auch andere Faktoren zu beachten sind, wie etwa die Ausleuchtung mit Tageslicht über der transparenten Fensterfläche so ist hier keine unidirektionale Optimierung möglich, sondern es sind alle Faktoren und Ihre Abhängigkeiten sowie das architektonische Konzept zu beachten.

		Roedig Schop	Hermann Kaufmann	Beyer Weitbrecht Stotz
max Temperatur Wohnzimmer mit Nachtlüftungspülung + Tagluftspülung	[°C]	31	33	35
Temperaturüberschreitung Wohnzimmer ohne Zusatzlüftung	[h/a]	222	325	475
spezifischer Heizwärmebedarf	[kWh/m <sup>2</sup> a]	52	60	63
Verhältnis Fassade zu Wohnfläche		ca 1 m <sup>2</sup> Fassade pro m <sup>2</sup> Wohnzimmer	ca 1.1 m <sup>2</sup> Fassade pro m <sup>2</sup> Wohnzimmer	ca 1.15 m <sup>2</sup> Fassade pro m <sup>2</sup> Wohnzimmer
Verglasungsanteil		29% Verglasungsanteil im Wohnzimmer	46% Verglasungsanteil im Wohnzimmer	60% Verglasungsanteil im Wohnzimmer

Abbildung 68: Variantenvergleich der Gebäude von Roedig Schop Architekten; Hermann Kaufmann Architekten und Beyer Weitbrecht Stotz Architekten

Des Weiteren wurden auch unterschiedliche energetische Standards und ihre Auswirkung auf den daraus resultierenden Heizwärmebedarf und die maximale benötigten Heizlast simuliert. Basiert die Energieversorgung auf einer regenerativen Energiequelle, wie etwa Geothermie und lässt sich die zusätzlich benötigte elektrische Energie regenerativ und kostengünstig etwas über Photovoltaik zu Verfügung stellen, so sind auch Konzepte mit einem höheren Heizwärmebedarf aber dafür niedrigerem energetischen Standard und folglich geringerem



Einsatz von Materialien insbesondere Dämmstoffen gesamtheitlich nachhaltig. Ziel war es hier ein Optimum zu erzielen und die Annahme ein nachhaltiges Konzept lasse sich nur durch einen hohen Dämmstandard realisieren entkräften.

		Roedig Schop	Hermann Kaufmann	Beyer Weitbrecht Stotz
Heizwärmebedarf Gesamthaus Istzustand	[MWh/a]	75.4	45.0	58.3
	[kWh/m <sup>2</sup> a]	63	61.1	65.7
Heizwärmebedarf Gesamthaus U=0.6 W/m <sup>2</sup> K	[MWh/a]	129.5	76.6	93.8
	[kWh/m <sup>2</sup> a]	108.4	104.1	105.7
Heizwärmebedarf Gesamthaus U=0.15 W/m <sup>2</sup> K	[MWh/a]	64.3	37.9	52.4
	[kWh/m <sup>2</sup> a]	53.8	51.5	59.0
Energiebezugsfläche	[m <sup>2</sup> ]	1195	736	888.0
maximale Heizleistung Istzustand	[kW]	44.4	29.9	38.48
Spezifische Heizleistung	[W/m <sup>2</sup> ]	37.1	38.9	43.3
maximale Heizleistung U=0.6 W/m <sup>2</sup> K	[kW]	66.6	40.8	50.32
maximale Heizleistung U=0.15 W/m <sup>2</sup> K	[kW]	40.7	27.2	35.52
<b>IST EnEV</b>		AW 0.239 W/m <sup>2</sup> K	AW 0.248 W/m <sup>2</sup> K	AW 0.2 W/m <sup>2</sup> K
		Dach 0.15 W/m <sup>2</sup> K	Dach 0.15 W/m <sup>2</sup> K	Dach 0.15 W/m <sup>2</sup> K
		Boden 0.3 W/m <sup>2</sup> K	Boden 0.3 W/m <sup>2</sup> K	Boden 0.3 W/m <sup>2</sup> K
<b>Variante 0.6_Min Dämmung</b>				
		AW 0.6 W/m <sup>2</sup> K	AW 0.6 W/m <sup>2</sup> K	AW 0.6 W/m <sup>2</sup> K
		Dach 0.6 W/m <sup>2</sup> K	Dach 0.6 W/m <sup>2</sup> K	Dach 0.6 W/m <sup>2</sup> K
		Boden 0.6 W/m <sup>2</sup> K	Boden 0.6 W/m <sup>2</sup> K	Boden 0.6 W/m <sup>2</sup> K
<b>Variante 0.15_Passivhaus Standard</b>				
		AW 0.15 W/m <sup>2</sup> K	AW 0.15 W/m <sup>2</sup> K	AW 0.15 W/m <sup>2</sup> K
		Dach 0.15 W/m <sup>2</sup> K	Dach 0.15 W/m <sup>2</sup> K	Dach 0.15 W/m <sup>2</sup> K
		Boden 0.15 W/m <sup>2</sup> K	Boden 0.15 W/m <sup>2</sup> K	Boden 0.15 W/m <sup>2</sup> K

Abbildung 69: Variantenvergleich

## 8.9 Fazit Wohnungen

Nachfolgend die Ergebnisse aus den vorgegangenen Untersuchungen:

- Heizfall: Niedrige spezifisch Heizleistung (< 45 W/m<sup>2</sup>) → Niedertemperatur Flächenheizung über Fußboden-/Deckenheizung möglich
- Kühlfall: Aktives Kühlsystem kann vermieden werden, wenn in den Gebäuden ein Sonnenschutz/Sonnenschutzglas und Möglichkeiten zur Quer- und Nachtlüftung vorgesehen werden.
- Unter Umsetzungen der Maßnahmen ist ein behagliches Raumklima im Heiz sowie im Kühlfall für alle Wohnungen umsetzbar.

## 9 Untersuchung und Optimierung Tageslicht und Sonnenschutz

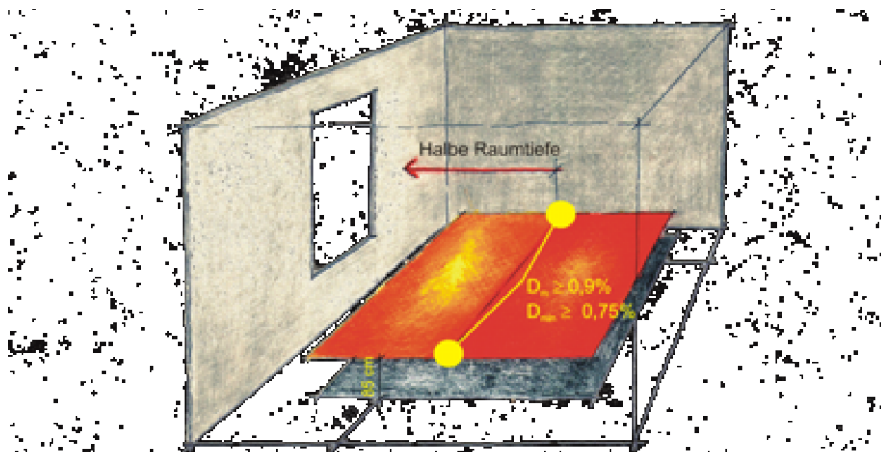
Tageslicht ist ein wichtiges Kriterium hinsichtlich der Behaglichkeit eines Raumes. Neben der Helligkeit (Tageslichtquotient) spielt allerdings auch der Schutz vor einer zu hohen solaren Strahlung und einer daraus folgenden sommerlichen Überhitzung eine wichtige Rolle.

Nachfolgend werden die Randbedingungen für die Bewertung des Tageslichtquotient definiert, Maßnahmen erläutert, sowie die optimierten Regelgrundrisse der einzelnen Gebäude vorgestellt.

### 9.1 Randbedingungen Tageslichtbetrachtung in Wohnräumen

Für den Tageslichtquotienten werden durch die DIN 5034 (Teil 1) Mindestwerte gefordert, die nicht unterschritten werden sollten (Ausnahmen in der Regel nur in Einvernehmen mit dem Bauherrn). Hieraus gehen für Arbeitsräume bis zu einer maximalen Grundfläche von 50m<sup>2</sup> (~max. Raumhöhe 3,5m, max. Raumtiefe 6m) bezüglich der Tageslichtquotienten folgende Kriterien hervor:

Der Helligkeitseindruck in Wohnräumen/Arbeitsräumen, die von dem durch die Fenster eindringenden Tageslicht erzeugt wird, ist im Rahmen ihrer psychischen Bedeutung ausreichend, wenn der Tageslichtquotient auf einer horizontalen Bezugsebene, gemessen in einer Höhe von 0,85m über dem Fußboden in halber Raumtiefe und in 1m Abstand von den beiden Seitenwänden im Mittel wenigstens 0,9% und am ungünstigsten dieser Punkte wenigstens 0,75% beträgt. In Wohnräumen mit Fenstern in zwei aneinandergrenzenden Wänden muss der Tageslichtquotient am ungünstigsten Bezugspunkt mindestens 1 % betragen.



*Ansicht von oben. Mindest erforderlicher mittlerer und kleinster Tageslichtquotient auf der Nutzenebene in halber Raumtiefe, wenn in nur einer Wand Fenster sind.*

Abbildung 70: Anforderungen Tageslichtkoeffizient

## 9.2 Maßnahmen Tageslicht und Lage Sonnenschutz

Aufgrund der teilweise schmalen Zimmergrundrisse im Wohnungsbau ist insbesondere die Ausleuchtung in der Tiefe kritisch. Ziel war es hier diese Situation möglichst zu optimieren. Bei Unterschreitung der Anforderungen der DIN 5034-1 wurde eine Vergrößerung der Fensterflächen empfohlen. Hinsichtlich der Bewertung des sommerlichen Wärmeschutz die Intensität der solaren Einstrahlung und die Qualität der Fensterfläche bzw. den mechanischen Sonnenschutz entscheidend. Im Allgemeinen ist ein außenliegender Sonnenschutz für die nach Ost, Süd, und West ausgerichteten transparenten Bauteile erforderlich. Transparente Bauteile, die eingerückt sind, d.h. mit einer Auskragung oder Flügelmauer vorgesehen sind, werden durch die bauliche Verschattung vor solarer Einstrahlung geschützt und benötigen deshalb nicht zwingend einen Sonnenschutz vorzusehen. Zu Verdunklungszwecken möchte der Bauherr jedoch alle Fenster mit außenliegenden Rollläden/Raffstores versehen. Eine Ausnahme stellt hierbei das Gebäude von Beyer Weitbrecht Storz Architekten dar, händisch verstellbare Schiebeläden sind hier einen elementaren Bestandteil des Entwurfs, der sommerliche Wärmeschutz wird hier durch den Einsatz von Sonnenschutzverglasung gewährleistet.

## 9.3 Tageslichtbetrachtung Partner & Partner

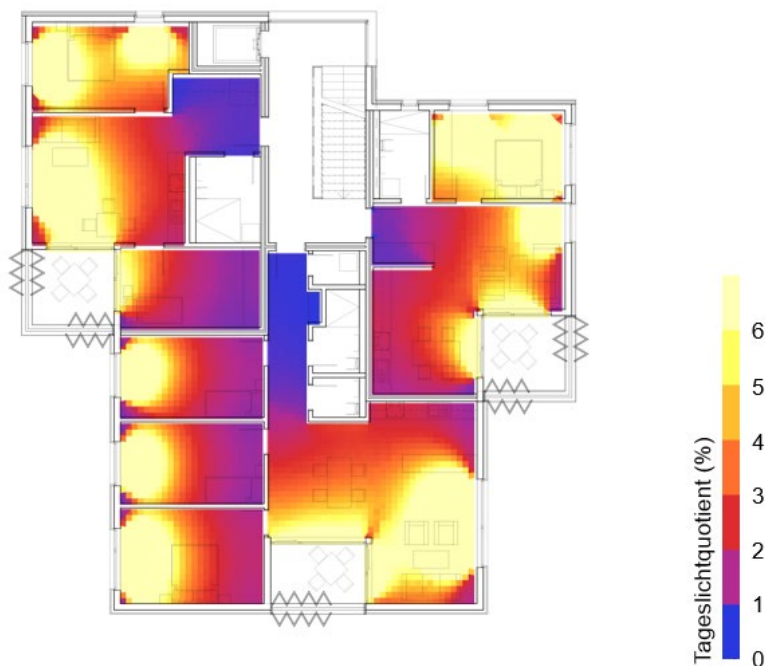


Abbildung 71: Bildhafte Auswertung des Tageslichtquotienten (in %) am Grundriss Partner und Partner Architekten Die Anforderungen an die Ausleuchtung werden in allen Wohnungen erfüllt. Eine verringerte Ausleuchtung in der Tiefe der Schlafzimmer ist hinnehmbar. Die Loggien können zum Schutz vor sommerlicher Einstrahlung zusätzlich durch einen Vorhang/Schiebeläden verschattet werden. Um den Sichtschutz zu gewährleisten, sollte das außenliegende Badezimmer mit einem Milchglas o.ä. ausgestattet werden.

### 9.4 Tageslichtbetrachtung Bayer Weitbrecht Storz + Partner

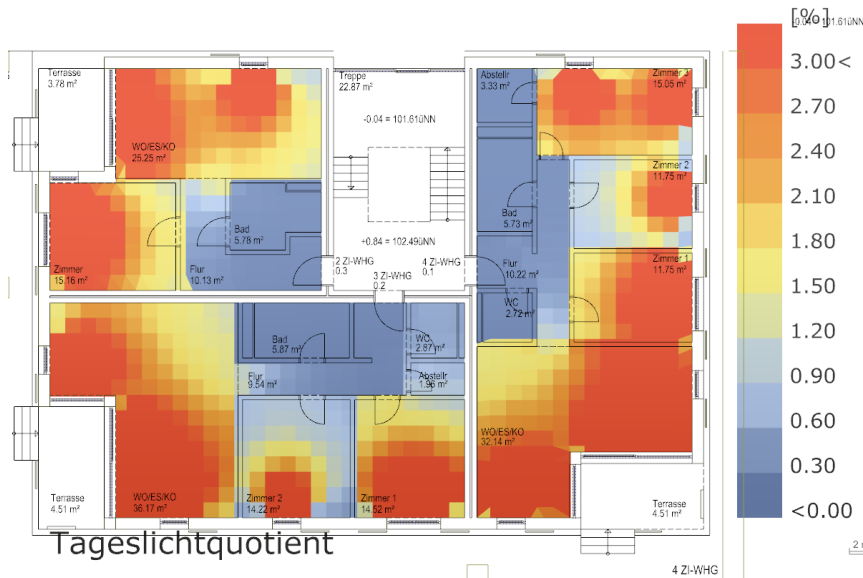


Abbildung 72: Abbildung 1: Bildhafte Darstellung des Tageslichtquotienten (in %) am Grundriss von Bayer Weitbrecht Storz + Partner

Alle Wohnungen werden sehr gut mit Tageslicht versorgt. Zur Gewährleistung des sommerlichen Wärmeschutzes sind mind. die Ost, Süd, und West ausgerichteten Fenster mit einem Sonnenschutzglas, Gesamtenergiedurchlasswert  $>39\%$  auszustatten.

### 9.5 Tageslichtbetrachtung Hermann Kaufmann + Partner ZT GmbH

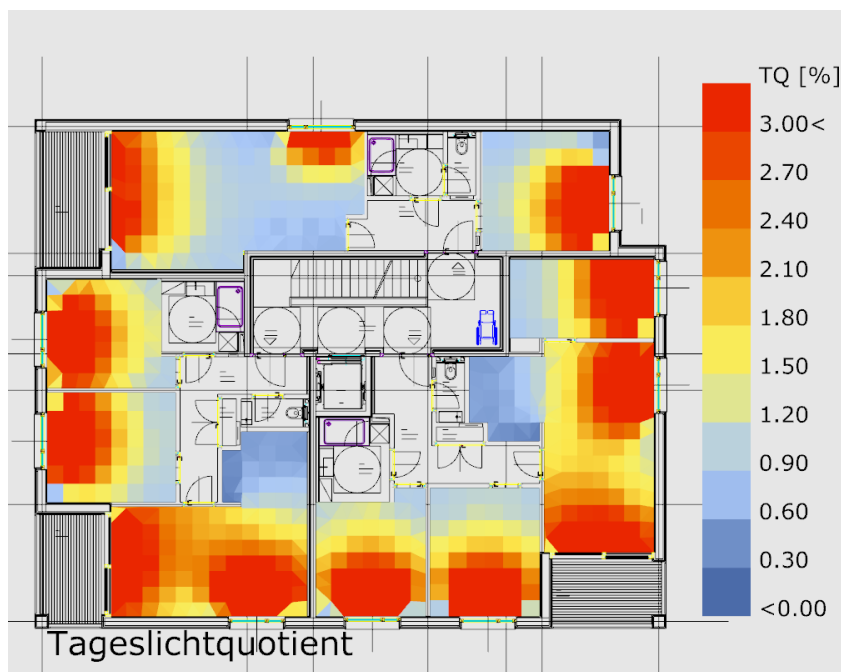


Abbildung 73: Bildhafte Darstellung des Tageslichtquotienten (in %) am Grundriss von Hermann Kaufmann + Partner ZT GmbH

Alle Wohnungen werden sehr gut mit Tageslicht versorgt. Durch die geplanten außenliegend Rollladen lassen sich auch die Anforderungen an den sommerlichen Wärmeschutz einhalten.

### 9.6 Tageslichtbetrachtung roedig.schop Architekten

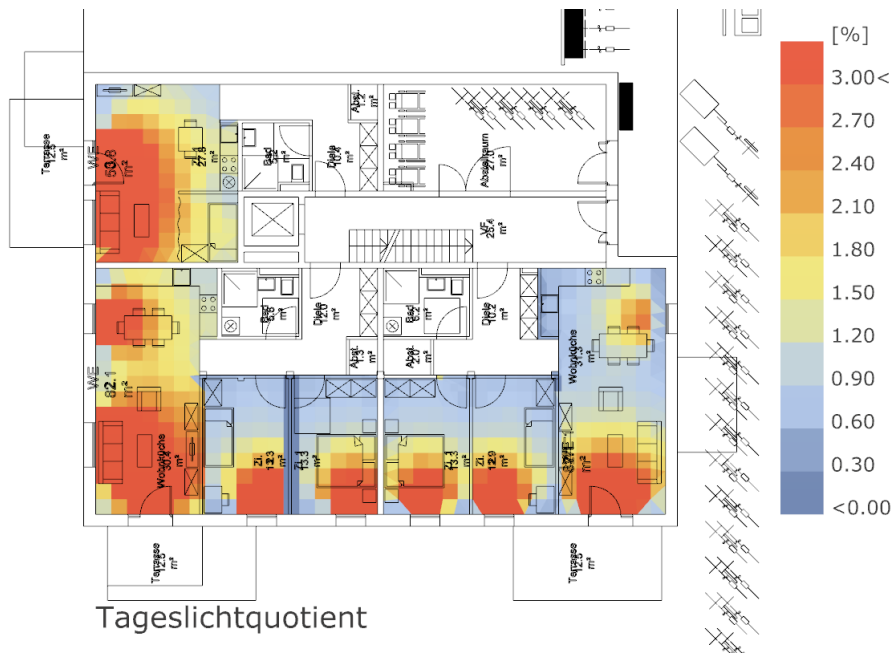


Abbildung 74: Bildhafte Darstellung des Tageslichtquotienten (in %) am Grundriss von roedig.schop Architekten

Die Anforderungen an die Ausleuchtung werden in allen Wohnungen/Zimmern erfüllt. Eine verringerte Ausleuchtung in der Tiefe der Schlafzimmer ist hinnehmbar. Der sommerliche Wärmeschutz kann abgesehen vom bereits geplanten außenliegenden Raffstore ohne weitere Maßnahmen eingehalten werden.

## 10 PV- Potential Dach

Um das Potenzial für regenerative Energie abzuschätzen, und die optimale Lage für die Photovoltaikanlagen festzustellen, wurde eine Strahlungsstudie unternommen.

Brühl bietet ein gutes Solarpotenzial. Die horizontale solare Einstrahlung beträgt übers Jahr 1.170 kWh/m<sup>2</sup>/a. Dies liegt oberhalb des statistischen Mittels in Deutschland von 1.037 kWh/m<sup>2</sup>/a.

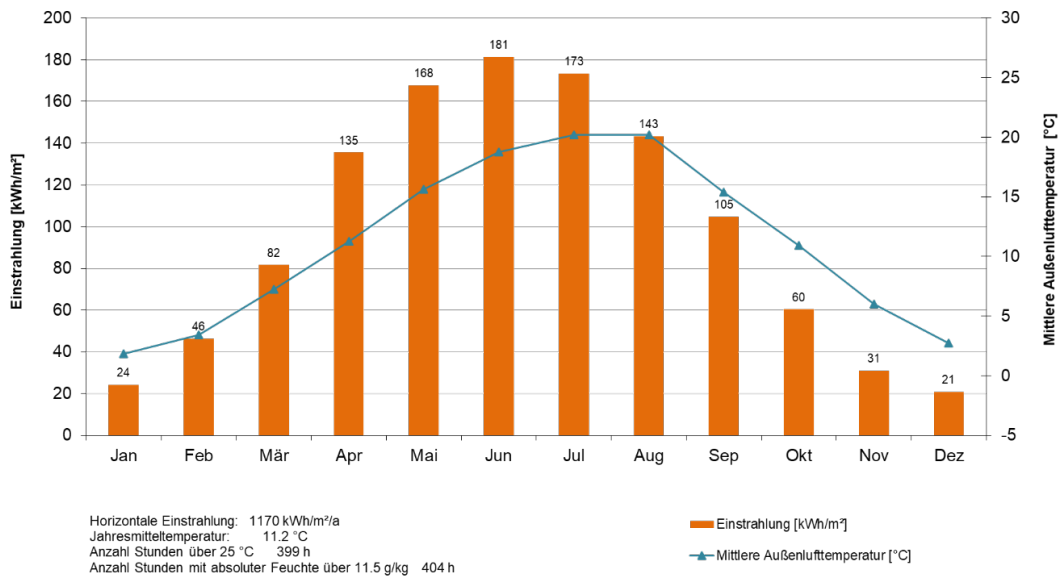


Abbildung 75: Mittlere Außentemperatur und solare Einstrahlung übers Jahr | Datengrundlage: TRY2015

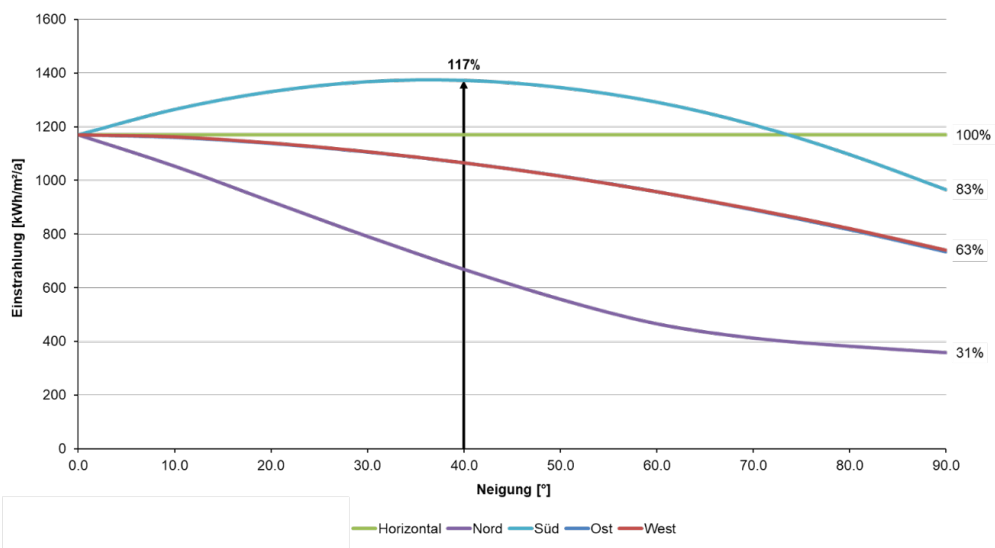


Abbildung 76: Einstrahlung in Abhängigkeit der Flächenneigung | Datengrundlage: TRY2015

Die maximale Einstrahlung am Standort wird auf einer südlich orientierten Fläche mit einem Neigungswinkel von 40° Neigung gezielt.

Da die PV Module aus gestalterischen Aspekten in der Ansicht nicht prägnant in Erscheinung treten sollte war die Positionierung hinsichtlich der max. zulässigen Oberkante der Module eingeschränkt. Abgesehen von Gebäude der Architekten BEYER WEITBRECHT STOTZ wurde ein Aufstellwinkel von  $15^\circ$  und Südausrichtung geplant. Aufgrund einer geringeren Attikahöhe reduziert sich der mögliche Aufstellwinkel auf  $10^\circ$ , hier wurde eine zur optimalen Ausnutzung der Dachfläche eine Ost-West-Ausrichtung der PV Module vorgesehen.

Aufgrund der geplanten Dachbegrünung für die Gebäude der Architekten Partner und Partner sowie roedig.schop musste hier ein geeignetes Trägersystem geplant werden welche eine Vereinbarkeit beider Systeme ermöglicht.



Abbildung 77: Belegungsplan PV-Module Gebäude Partner und Partner (links) und BEYER WEITBRECHT STOTZ Architekten (rechts)

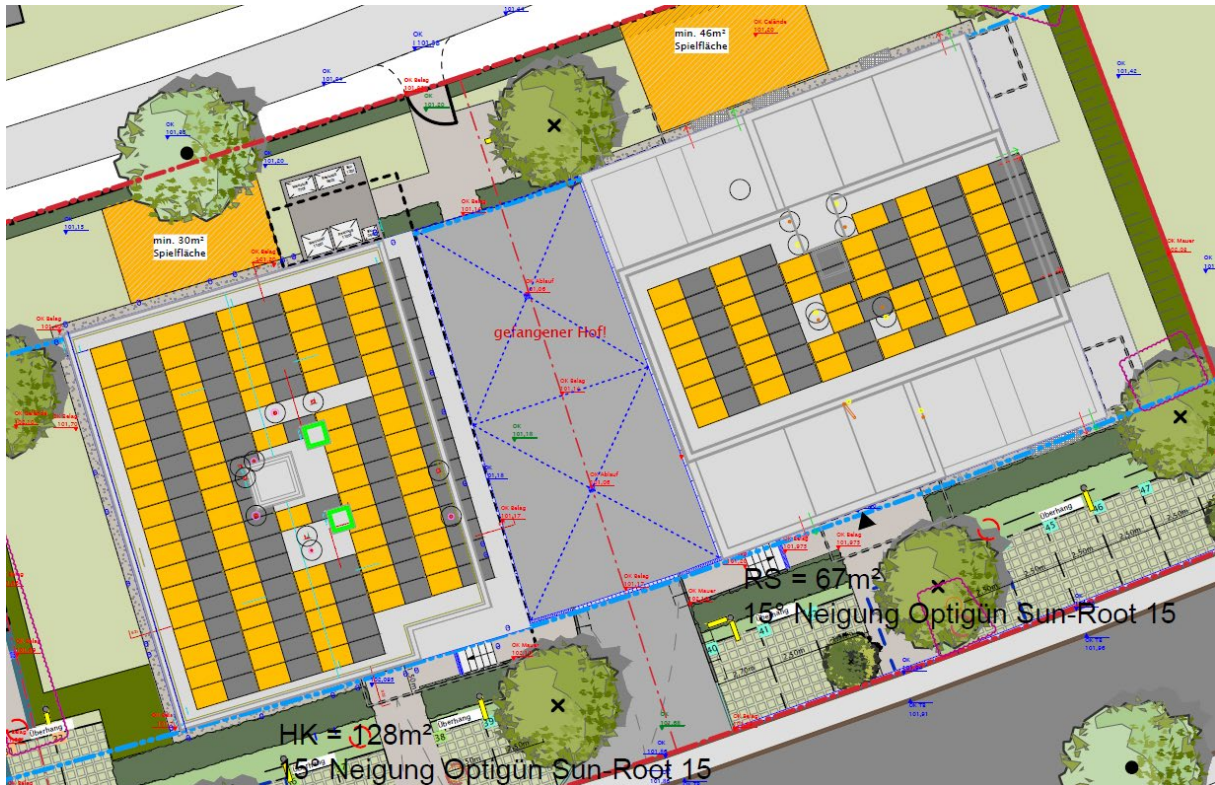


Abbildung 78: Belegungsplan PV-Module Gebäude Hermann Kaufmann Architekten (links) und roedig.schop architekten(rechts)

Der überschlägige jährliche Gesamt-Ertrag wurde nach DIN V 18599-9 berechnet. Für die Gebäude ergibt sich auf Basis der Entwurfsplanung folgender Jahresertrag:

	<b>Partner &amp; Partner</b>	<b>BWS</b>	<b>Kaufmann</b>	<b>RoedigShop</b>
Fläche	86.0 m <sup>2</sup>	176.0 m <sup>2</sup>	128.0 m <sup>2</sup>	67.0 m <sup>2</sup>
Modulwirkungsgrad	12%	12%	12%	12%
Pmpp	10.3 kWp	21.1 kWp	15.4 kWp	8.0 kWp
fleistung	0.75	0.75	0.75	0.75
Eglobal, horizontal	1200 kWh/m <sup>2</sup> a	1200 kWh/m <sup>2</sup> a	1200 kWh/m <sup>2</sup> a	1200 kWh/m <sup>2</sup> a
Faktor Neigung hor./Ver	90%	90%	90%	90%
Eglobal, Modul	1080 kWh/m <sup>2</sup> a	1080 kWh/m <sup>2</sup> a	1080 kWh/m <sup>2</sup> a	1080 kWh/m <sup>2</sup> a
<b>Wel</b>	<b>8359 kWh/a</b>	<b>17107 kWh/a</b>	<b>12442 kWh/a</b>	<b>6512 kWh/a</b>

Abbildung 79: Überschlägige Berechnung des solaren Ertrags



## 11 Die Wahl des Heizsystems

Identisch zur Simulation wurden die Heizsysteme ebenfalls in den drei Gebäudequalitäten (EnEV-Standard, Minstdämmung bei einem U-Wert von 0,6 W/m<sup>2</sup>K und Passivhausstandard mit einem U-Wert von 0,15 W/m<sup>2</sup>K) betrachtet. Hierbei wurden folgende Systeme untersucht:

- Wärmepumpe
- Wärmepumpe + PV (produzierte Elektrizität geht zu 70% ins Netz, 30% direkt für WP)
- Gaskessel
- Holzpellet

### 11.1 Randbedingungen

<b>BRENNSTOFF</b>	<b>PRIMÄRENERGIEFAKTOR</b>
Netzstrom	1,8
Erdgas	1,1
Holz	0,2
Erd- und Umgebungswärme	0
Solarenergie	0

<b>ENERGIEERZEUGER</b>	<b>COP/ WIRKUNGSGRAD</b>
Wärmepumpe	4,5
Wirkungsgrad Gaskessel	90%
Wirkungsgrad Holzpelletkessel	85 %

## 11.2 Primärenergiebedarf

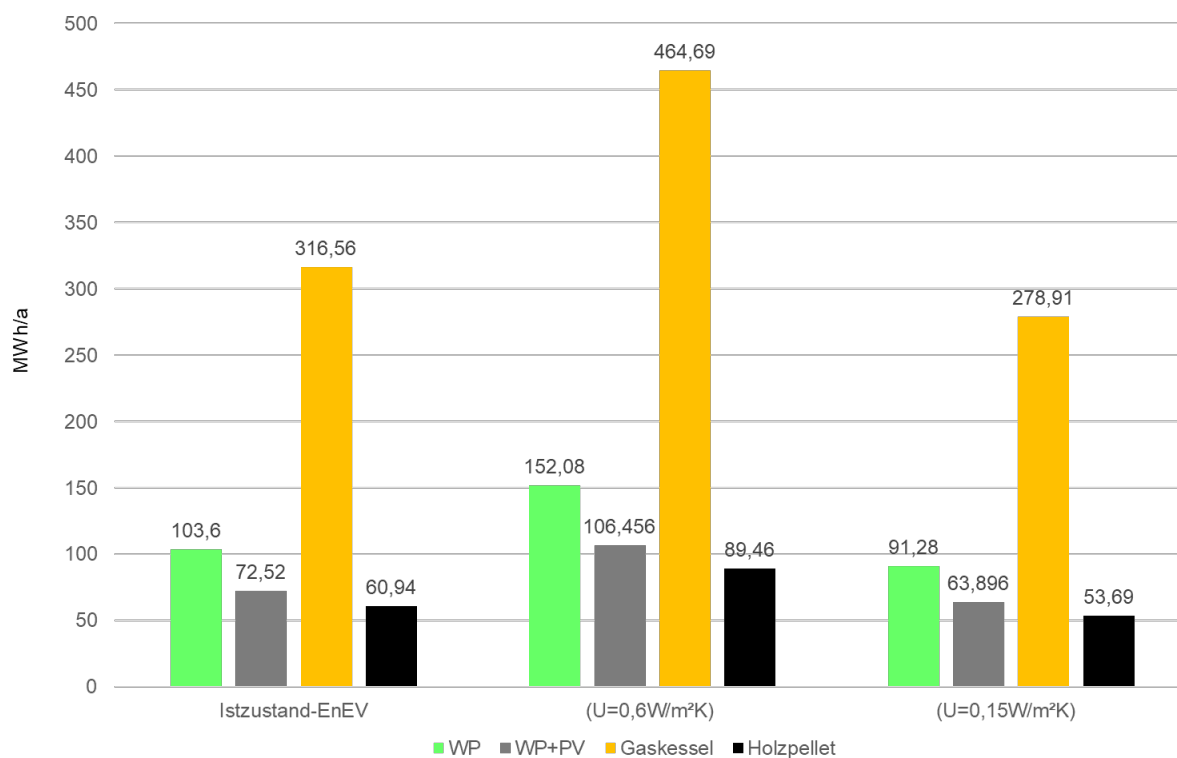


Abbildung 80: Primärenergiebedarf der untersuchten Heizsysteme

Auf den ersten Blick fällt der Gasbrennwertkessel mit einem ca. 3-mal so hohen Primärenergiebedarf im Vergleich zu den anderen Heizsystem auf. Da die nachhaltige Planung in diesem Projekt stark im Vordergrund steht, ist die Nutzung des Gasbrennwertkessels nicht weiter beachtenswert. Der Holzpelletkessel weist in diesem Vergleich den geringsten Primärenergiebedarf auf. Aufgrund des durch die Verbrennungsanlage verursachte Feinstaubbelastung sowie dem logistischen Aufwand der Pellet-Lieferung und Lagerung, kam diese Variante für den Bauherrn jedoch nicht in Frage. Zur weiteren Detaillierung des Konzepts wurde das Heizsystem bestehen aus Wärmepumpe und Photovoltaik herangezogen.

Der Vergleich der drei unterschiedlichen Gebäudequalitäten zeigt, dass Platzierung der unterschiedlichen Erzeugervariante unabhängig vom Gebäudestandart nahezu identisch ist. Die Entscheidung über den Wärmeerzeuger konnte somit an dieser Stelle unabhängig vom Gebäudestandart getroffen werden.

## 12 Geothermie

Als Wärmequelle für die Wärmepumpe steht die Außenlufttemperatur mittels Luft-Wasser Wärmepumpe sowie die Erdwärme mittels Sole/Wasser-Wasser Wärmepumpen zur Verfügung. Aufgrund des Platzbedarfes in den Außenanlagen und akustischen Beeinträchtigung der Außeneinheit von Luft-Wasser Wärmepumpen, beschränkte sich die Untersuchung auf Geothermische Systeme. Die Erdwärme kann in geschlossenen Systemen mit Sonden oder horizontalen Kollektoren genutzt werden. Eine weitere Möglichkeit bietet zudem der Einsatz von zwei Brunnen als offenes System.

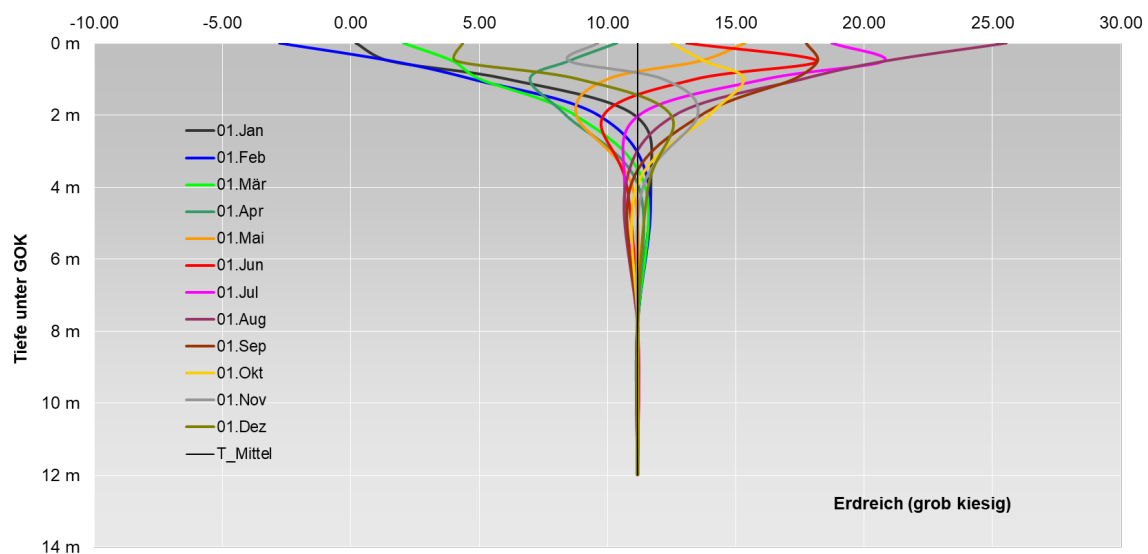


Abbildung 81: Bodentemperatur am Standort Brühl\_Monatliliche Auflösung abhängig von der Tiefe unter der Geländeoberkante| Datengrundlage: TRY2015

Die Nutzung von Geothermie am Gebäudestandort ist prinzipiell erlaubt und ist gemäß Auskunft des Landesamtes für Geologie LGRB auch gut geeignet. Der Standort liegt gemäß den Wasserschutzgebietskarten außerhalb von Wasser- und Quellenschutzgebieten. Jedoch ist die zulässige Bohrtiefe am Standort zum Schutz tiefer genutzter/nutzbarer Grundwasservorkommen auf 31m beschränkt. Dies dient der langfristigen Sicherstellung der Trinkwasserversorgung. Anhand nahegelegener Bohrung kann die zu erwartende Aufschlüsselung des Bodens und die Entzugsleistung gut abgeschätzt werden. Insbesondere im Grundwasser, ab einer Tiefe von 7-8m ist mit einer hohen Entzugsleistung zu rechnen.

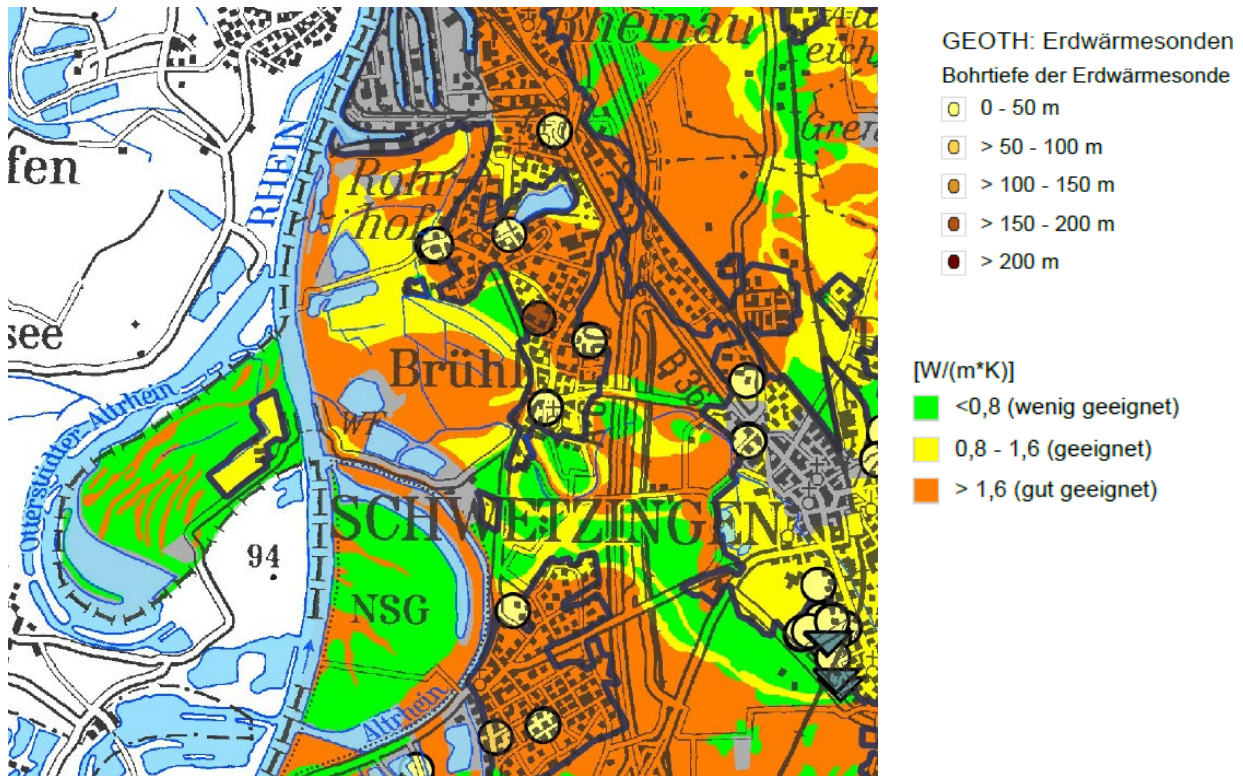


Abbildung 82\_Kartendarstellung zum Geothermischen Potenzial \_(Datengrundlage: LBRB)

Aufgrund des hohen Grundwasserpegels und die vergleichsweise niedrigeren Investitionskosten wurde die Brunnenlösung favorisiert. Aufgrund der ganzjährig konstanten Grundwassertemperaturen von 8-11°C kann, das eine energetisch effiziente Wärmequelle darstellen. Durch einen Förderbrunnen wird das Grundwasser an die Oberfläche gepumpt. Die Wärmepumpe wird mit dem Grundwasser gespeist, bevor das Wasser über einen Schluckbrunnen wieder ins Erdreich zurückgeführt wird. Bei Recherchen stellte sich allerdings heraus, dass sich Brunnenbauunternehmen aus dem Geschäft vor Ort aufgrund der hydrogeologischen Voraussetzungen vor Ort, welche zur Verockerung der Brunnen führen zurückgezogen haben.

Ein geschlossenes System stellt in dieser Hinsicht die sichere Lösung dar, da es abgesehen von der Wärmeleitfähigkeit des Untergrundes weniger von den hydrogeologischen Voraussetzungen vor Ort abhängig ist. Aufgrund der geringen Bohrtiefe und der benötigten Leistung für den monovalenten Betrieb der Wärmepumpe sind entsprechend viele Bohrungen notwendig. Die Platzierung der Sondenbohrungen erfolgen nach reiflicher Überlegung sowie etlicher untersuchter Varianten in Abstimmung mit der Außenanlagenplanung, aufgrund der begrenzten Platzverhältnisse in den Außenanlagen zum Großteil unterhalb der Bodenplatte. Die Bohrungen erfolgen folglich nach dem Ausheben der Baugrube und vor dem betonieren der Bodenplatte und erfordert eine genaue Abstimmung der Beteiligten sodass die Sonden mit Fertigstellung des Gebäudes in Betrieb gehen können- Die Anbindung der Sonden erfolgt dann über einen Durchbruch in der Bodenplatte.



Abbildung 83: Positionierungsplan der Erdsondenbohrungen der einzelnen Anlagen unter der Bodenplatte und in den Außenanlagen

Als Variante zur Kostenreduzierung wurden auch die Umsetzung mit einem System vom oberflächennahen Erdabsorbern geprüft. Die Absorber liegen horizontal und nur max 2m tief unterhalb der Geländeoberkannte. Die Verlegung der Absorber ist entsprechend technisch einfacher, jedoch bestehen hierdurch Einschränkungen und etliche Kreuzungspunkte in den Außenanlagen. Aufgrund der beschränkten Platzverhältnisse, welche keine vollständige Abdeckung der benötigten Leistung durch eine entsprechende Anzahl ermöglichte wurden diese Variante wieder verworfen.



Abbildung 84: Untersuchte Variante mit Erdwärmeabsorbern in den Außenanlagen

### 13 Zentrale und dezentrale Energiesysteme

Die untersuchten Varianten beinhalten Kombinationen aus dezentralen und zentralen Systemen, sowohl auf der Heizungs-, als auch auf der Trinkwasserversorgungsseite. Daher wurden für die Trinkwasserbereitung folgende Wärmeerzeuger betrachtet:

- Trinkwasserbereitung im Technikraum über die Heizung (zentral)
- Durchlauferhitzer (dezentral)
- Frischwasserstation mit und ohne Durchlauferhitzer (dezentral)

#### 13.1 Unterschied zwischen dezentraler und zentraler Wärmeversorgung

Bei der zentralen Wärmeversorgung ist eine räumliche Trennung von Wärmeerzeuger und zu versorgendem Gebäude charakteristisch. Im betrachteten Projekt bildet dies ein zentraler Technikraum in einem der Gebäude, welcher die weiteren Gebäude von dort aus versorgt ab.

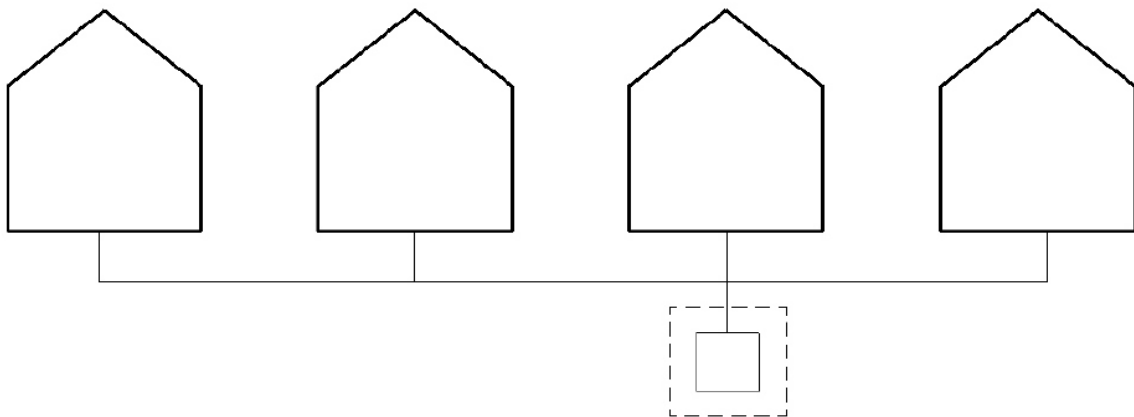


Abbildung 85: Verständnis von zentraler Wärmeversorgung im Projekt

Bei der dezentralen Wärmeversorgung wird hingegen jedes Gebäude durch einen eigenen Technikraum versorgt. Die Wärmebereitstellung erfolgt hierbei also direkt im zu versorgenden Gebäude.

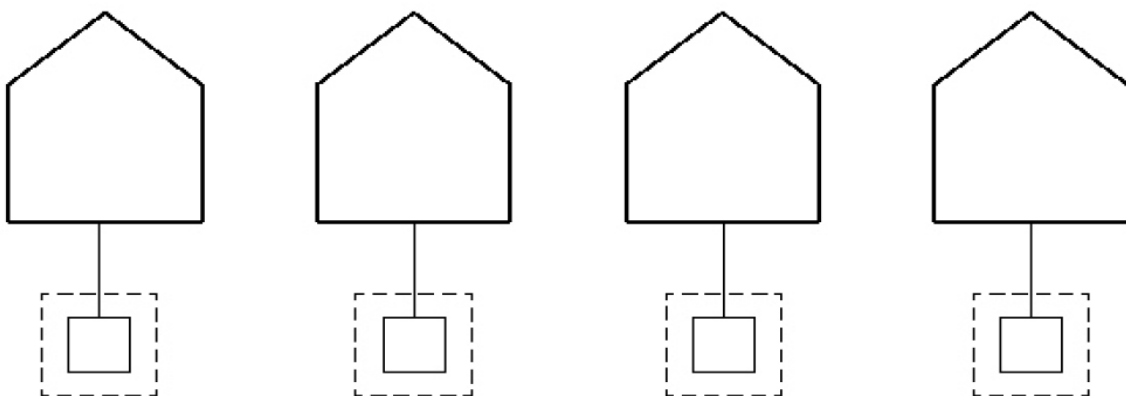


Abbildung 86: Verständnis von dezentraler Wärmeversorgung im Projekt

### **13.2 Unterschied zwischen dezentraler und zentraler TWW-Versorgung**

Bei zentralen Trinkwarmwasserversorgungen wird das Warmwasser zentral in der Nähe des Wärmeerzeugers in einem Speicher oder im Durchlaufprinzip erwärmt und anschließend zu den Zapfstellen geleitet. Im betrachtenden Projekt stellt dies eine Versorgung vom Technikraum zu den Verbraucherstellen dar.

Bei einer wohnungsweisen Versorgung oder einer Erwärmung des Trinkwassers in unmittelbarer Nähe einzelner Zapfstellen spricht man von dezentraler Trinkwasserversorgung.

### **13.3 Vor- und Nachteile von dezentralen und zentralen Systemen**

Grundsätzlich unterscheiden sich zentrale und dezentrale Versorgungssysteme in ihren Leitungslängen und den damit verbundenen Wärmeverlusten. Lange Warmwasserleitungen, die bei zentralen Versorgungssystemen auftreten, sind aufgrund von Energieverlusten, sowie Zeit- und Wasserverlusten benachteiligt. Das nachgeströmte und nicht verbrauchte Warmwasser kühlt durch das Verbleiben in den Leitungen vor allem in langen Leitungen ab. Typisch für lange Wasserleitungen und damit einhergehenden Zeit- und Wasserverluste, ist das zu Beginn kalte fließendes Wasser, bis das warme Wasser an der Entnahmestelle nachfließt. Durch Zirkulationsleitungen können diese Effekte zwar vermieden werden jedoch ist hierfür zusätzliche Pumpenleistung erforderlich und durch die konstante Zirkulation des Warmwasser steigen auch die Energieverluste.

Bei einer verbrauchsnahe Erwärmung können die Leitungsverluste aufgrund der kürzeren Leitung reduziert werden. Auf eine Zirkulationsleitung kann bei Wohnungsstationen und Durchlauferhitzer verzichtet werden, da hier das Warmwasser direkt bei Bedarf erwärmt und über kurzem Weg zur Zapfstelle geführt wird. Ein weiterer positiver Effekt ist die Sicherstellung der Trinkwasserhygiene.

Mit zunehmenden Wohneinheiten steigen jedoch die Materialkosten für die dezentralen Lösungsansätze stark an, sodass diese die Mehrkosten für längere Leitungen bei einer zentralen Lösung übersteigen könnten.

## 14 Variantenuntersuchung verschiedener Energiesysteme

Als Basisvariante wurde das Konzept mit Gasbrennwertkessel, auch wenn diese nicht realisiert wird, dennoch als ökonomischen und ökologischen Vergleich mitgeführt.

Folgende Varianten wurden untersucht:

Table 1: Varianten der Energiesysteme

VARIANTE	HEIZUNG	TRINKWARMWASSERBEREITUNG
Variante 0.0	Gasbrennwertkessel pro Gebäude	Zentrale TW-Versorgung pro Gebäude
Variante 1.0	Gemeinsame Wärmepumpe	Gemeinsame zentrale TW-Versorgung
Variante 1.1	Wärmepumpe pro Gebäude	Zentrale TW-Versorgung pro Gebäude
Variante 2.0	Gemeinsame Wärmepumpe	Durchlauferhitzer in den Wohnungen
Variante 2.1	Wärmepumpe pro Gebäude	Durchlauferhitzer in den Wohnungen
Variante 3.0	Gemeinsame Wärmepumpe	Frischwasserstation mit Durchlauferhitzern pro Wohnung
Variante 3.1	Wärmepumpe pro Gebäude	Frischwasserstation mit Durchlauferhitzern pro Wohnung
Variante 4.0	Gemeinsame Wärmepumpe	Frischwasserstation ohne Durchlauferhitzer pro Wohnung
Variante 4.1	Wärmepumpe pro Gebäude	Frischwasserstation ohne Durchlauferhitzer pro Wohnung

### 14.1 Randbedingungen

Maßnahme		Basisförderung <sup>7</sup>	Innovationsförderung <sup>1 7</sup>	
Wärmepumpen (WP) bis 100 kW Nennwärmeleistung		Gebäudebestand	Gebäudebestand	Neubau
Gasbetriebene Wärmepumpen (gasmotorische WP, SorptionsWP)	→	100 €/kW	150 €/kW	100 €/kW
	Mindestförderbetrag	4.500 € (bis 45,0 kW)	6.750 € (bis 45,0 kW)	4.500 € (bis 45,0 kW)
Elektrisch betriebene Luft/Wasser-WP	→	40 €/kW	60 €/kW	40 €/kW
	Mindestförderbetrag bei leistungsgeregelten und/ oder monovalenten WP	1.500 € (bis 37,5 kW)	2.250 € (bis 37,5 kW)	1.500 € (bis 37,5 kW)
	Mindestförderbetrag bei anderen WP	1.300 € (bis 32,5 kW)	1.950 € (bis 32,5 kW)	1.300 € (bis 32,5 kW)
Elektrisch betriebene Wasser/Wasser-WP oder Sole/Wasser-WP	→	100 €/kW	150 €/kW	100 €/kW
	Mindestförderbetrag bei elektr. Sole-WP mit Erdsondenbohrungen	4.500 € (bis 45,0 kW)	6.750 € (bis 45,0 kW)	4.500 € (bis 45,0 kW)
	Mindestförderbetrag bei anderen WP	4.000 € (bis 40,0 kW)	6.000 € (bis 40,0 kW)	4.000 € (bis 40,0 kW)

Abbildung 87: Förderübersicht für Wärmepumpen der BAFA



### WÄRMEVERLUSTFAKTOR

Zentral (Technikraum in einem der Gebäude)	1,35
Mittel (Technikraum pro Gebäude)	1,25
Dezentral (Wohnungen)	1,1

### KOSTEN IN €/KWH

Stromtarifpreis	0,12
Gaspreis	0,07

### WARTUNGSKOSTEN IN €/JAHR

Wärmepumpe	250
Gasbrennwertkessel	300
Frischwasserstation	25

### THERMISCHE EFFIZIENZ / COP

Wärmepumpe 180 kW	4,6
Wärmepumpe 150 kW	4,6
Wärmepumpe 50 kW	4,7
Wärmepumpe 40 kW	4,8
HT-Wärmepumpe 13 – 40 kW	2,8
Gasbrennwertkessel	0,9

### WÄRMEERZEUGER

### INVESTITIONSKOSTEN IN €

Sole-Wasser-Wärmepumpe 180 kW	67.500
Sole-Wasser-Wärmepumpe 150 kW	57.000
Sole-Wasser-Wärmepumpe 50 kW	24.000
Sole-Wasser-Wärmepumpe 40 kW	21.000
Hochtemperatur-Wärmepumpe 40 kW	20.500
Hochtemperatur-Wärmepumpe 13 kW	7.500
Gas-Brennwertkessel 60 kW	7.000

### SPEICHER

### INVESTITIONSKOSTEN IN €

Pufferspeicher 2.000 Liter	3.500
Pufferspeicher 1.500 Liter	2.000
Pufferspeicher 600 Liter	1.500
Warmwasserspeicher 1.000 Liter	4.500

Warmwasserspeicher 500 Liter	2.500
Kombispeicher 1.500 Liter	7.500

**DEZENTRALE TRINKWASSERERWÄRMER** **INVESTITIONSKOSTEN IN €**

Durchlauferhitzer	600
Frischwasserstation	2.000

**SONSTIGE KOSTENPUNKTE** **INVESTITIONSKOSTEN IN €**

Enthärtungsanlage für alle Gebäude	9.000
Enthärtungsanlage pro Gebäude	4.500
Gasanschluss	1.800
Schornstein	6.000
Gesamtpreis Erdsonden	350.000
Fußbodenheizung	50 €/m <sup>2</sup>

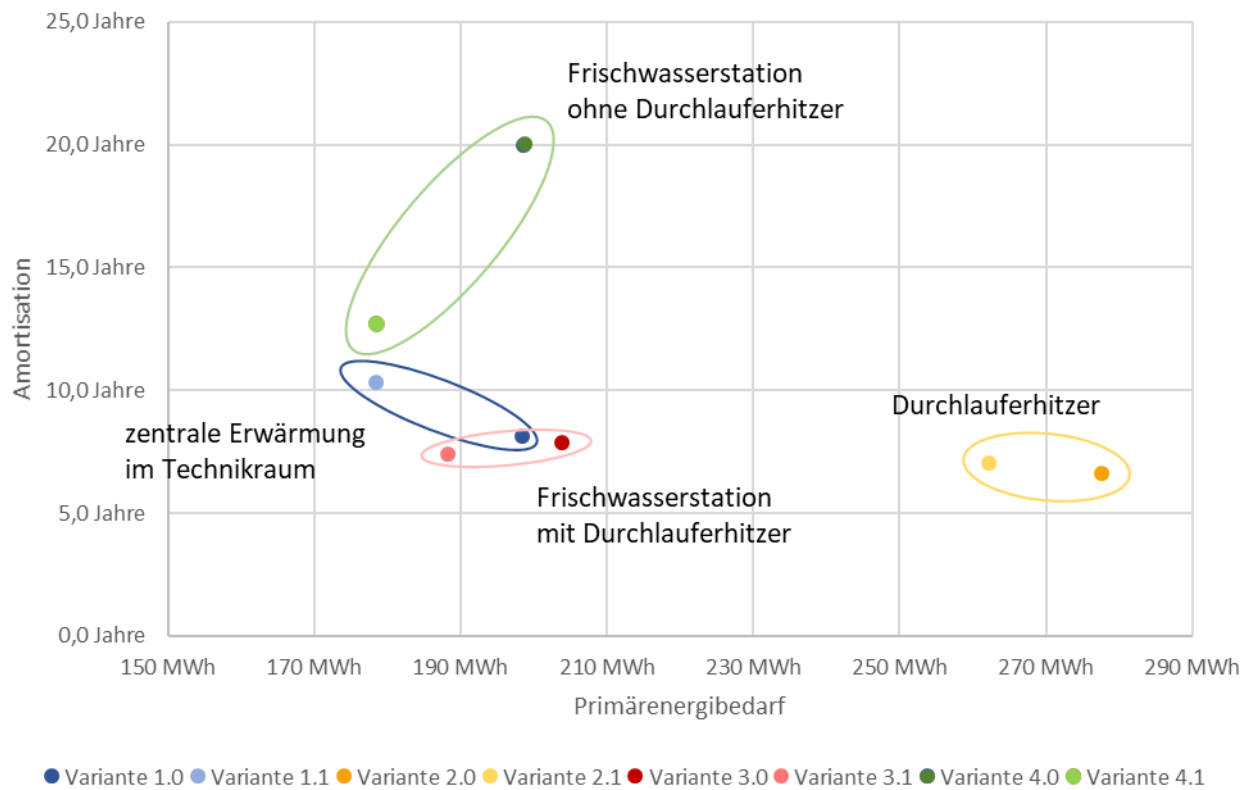
**14.2 Vergleich der unterschiedlichen Varianten**

	VARIANT E 0.0	VARIANT E 1.0	VARIANT E 1.1	VARIANT E 2.0	VARIANT E 2.1
<b>INVESTITIONSKOSTEN</b>	525.900 €	680.400 €	759.500 €	630.000 €	645.500 €
<b>BETRIEBSKOSTEN</b>	33.296 €	15.237 €	13.904 €	19.511 €	18.483 €
<b>PRIMÄRENERGIEBEDARF</b>	504 MWh	199 MWh	179 MWh	278 MWh	262 MWh
<b>AMORTISATION</b>		8,1 Jahre	10,3 Jahre	6,6 Jahre	7,0 Jahre

	VARIANTE 3.0	VARIANTE 3.1	VARIANTE 4.0	VARIANTE 4.1
<b>INVESTITIONSKOSTEN</b>	692.650 €	684.000 €	806.050 €	809.500 €
<b>BETRIEBSKOSTEN</b>	14.843 €	14.549 €	15.237 €	13.904 €
<b>PRIMÄRENERGIEBEDARF</b>	204 MWh	188 MWh	199 MWh	179 MWh
<b>AMORTISATION</b>	7,9 Jahre	7,4 Jahre	> 20,0 Jahre	12,7 Jahre

### 14.3 Bewertung und Fazit zur Wahl des Versorgungskonzepts

Zur Bewertung der unterschiedlichen Varianten wird die Amortisation (stellvertretend für die Wirtschaftlichkeit) dem Primärenergiebedarf (stellvertretend für die energetische Bewertung) gegenübergestellt.



Die im Diagramm dargestellte Amortisationszeit bezieht sich auf die Variante mit Gas-Brennwertkessel (Variante 0.0).

Eine dezentrale Heizungsversorgung ist aufgrund der kürzeren Leitungswege und der damit verbundenen geringeren Wärmeverluste energetisch sinnvoller. Auffallend sind die Varianten mit rein elektrischem Durchlauferhitzer, da sie aufgrund des Strombezugs der Durchlauferhitzer einen hohen Primärenergiebedarf aufweisen. Aufgrund der Mehrkosten für ein zusätzliches Leitungspaar, Speicher und Wärmepumpen für die Variante ohne nachgeschaltetem Durchlauferhitzer, bedingt durch ein Nieder- und Hochtemperatursystem, amortisieren sich die Varianten mit Frischwasserstation ohne Durchlauferhitzer allerfings erst später. Durch die Integration von Durchlauferhitzern in den Frischwasserstationen wird die restliche Differenz zwischen Nieder- und Hochtemperatursystem mittels Stroms erzielt. Dadurch verschlechtert sich der Primärenergiebedarf, im Vergleich zur normalen Frischwasserstation, jedoch nur geringfügig. Aufgrund der reduzierten Anzahl an Komponenten, sowie geringeren Leitungsmengen amortisieren sich diese Varianten jedoch

deutlich schneller. Die Varianten Frischwasserstation mit Durchlauferhitzer (rot) und zentraler Erwärmung im Technikraum (blau) liegen nah beieinander. Variante 1.1 hat jedoch eine vergleichsweise lange Amortisationszeit. Diese sieht bei Variante 3.1 deutlich besser aus. Der etwas abweichende Primärenergiebedarf ist in diesem Ausmaß nicht ausschlaggebend.

Für die weitere Ausarbeitung des Energiekonzepts wurde daher im ersten Schritt die Variante mit Frischwasserstation und elektrischem Durchlauferhitzer V3(rot) gewählt.

Im Zuge der weiteren Planung und unter Berücksichtigung der gewählten Wärmeversorgung durch eine Wärmepumpe mit Erdsondenfeld wurden das Konzept jedoch noch mal angepasst. Zur Nutzung der freien Kühlung, welche sich durch das Erdsondenfeld bietet, ist ein Zweileitersystem erforderlich, da nur so eine Kühlung über das Fußbodensystem und die dezentrale Warmwassererzeugung parallel erfolgen kann. Ist ein Zweileitersystem somit bereits gegeben verschiebt sich die Aufstellung und eine Frischwasserstation ohne zusätzliche elektrische Nacherhitzung mittels Durchlauferhitzer stellt die wirtschaftlichste Variante dar. Zur Ausführung kommt somit Variante 4.1.

Betrachtet man nun die Auswertung unabhängig von der Trinkwarmwassererzeugungsvariante sondern lediglich hinsichtlich der Überlegung zwischen dezentralem (alle Gebäude versorgen sich selbst) und zentralem (alle Gebäude werden über ein kleines Nahwärmenetz zusammen versorgt) Energiesystem, so zeigt sich, dass die dezentrale Varianten in dieser Konstellation jedem Fall die energetisch sinnvollere Option darstellt. Die Gebäude sollten folglich unabhängig voneinander versorgt werden.

#### 14.4 Fazit Versorgungsvarianten

Variante	Investitionskosten [€]	Nutzenergiebedarf [MWh/a]	Endenergiebedarf [MWh/a]	Betriebskosten [€/a]	PE [MWh/a]	CO2 [tonne/a]
Var 0 - Gas + ST	129,250	143	152	17,690	185	43
Var 1 - Gas + WP + ES	173,150	147	116	18,552	170	42
Var 2 - WP + ES	234,900	135	75	18,763	135	37

Variante 0 ist die günstigste Variante bei den Investitionskosten, aber die Ungünstigste bei der Primärenergie und den CO<sub>2</sub> Emissionen. Variante 2 verfügt über die Möglichkeit, das Haus ohne fossile Energieträger zu betreiben, ist aber teurer hinsichtlich den Investitions- und Betriebskosten.

Variante 2: 75 MWh/a Strombedarf kann mit 577 m<sup>2</sup> Photovoltaik abgedeckt werden (Bruttodachfläche 964 m<sup>2</sup>) – Net-Zero Haus

- Investitionskosten 250 €/m<sup>2</sup> PV = 145,000 € Mehrkosten
- 8 Jahre Amortisationszeit mit Eigennutzung der PV-Strom
- Mit Netzeinspeisung ist die Vergütung nur 0.13 €/kWh (Stromkosten 0.25 €/kWh)
- → Es lohnt sich, PV-erzeugter Strom zur Eigennutzung zu verwenden

Zur Ausführung kommt Variante 2.

### **14.5 Technik**

Die Wärmeversorgung für die Fußbodenheizung sowie für die Warmwasserbereitung erfolgt jeweils über eine monovalenten Sole-Wasser Wärmepumpe, welche durch ein Erdsondenfeld gespeist wird. Die vier Erdsondenfelder für die vier Wärmepumpen sind jeweils unter der Bodenplatte des entsprechenden Gebäudes angeordnet, zudem gibt es einzelne zusätzliche Bohrungen in den Außenanlagen. Das Erdsondenfeld kann im Sommer in Kombination mit dem Fußbodensystem auch zur freien Kühlung eingesetzt werden.

Der benötigte Luftwechsel zum Feuchteschutz sowie zur Belüftung von innen liegenden WC und Kochnischen wird durch ein bedarfsgeführtes Abluftanlage in den Bädern sichergestellt. Die Zuluft-Versorgung der Wohnungen erfolgt durch Nachströmung über Fensterfalz und Außenluftdurchlässe. Für die Wohnungen, bei denen nächtliches Fensterlüften aufgrund der zur erwartenden Außenschallpegel nicht zumutbar ist, wird die Belüftung der Schlafräume über schallgedämmte Lüftungseinrichtungen sichergestellt.

Die Trinkwasserversorgung sowie die Schmutzwasserentsorgung erfolgen durch den Anschluss an die in der Straße vorliegenden Ver- und Entsorgungsleitungen. Zur Sicherung der Trinkwasserqualität sind Enthärtungsanlagen vorgesehen. Die Trinkwasserhygiene wird durch den Einsatz von dezentralen Frischwasserstationen in den einzelnen Wohneinheiten sichergestellt.

Zur Stromversorgung der Gebäude und der elektrischen Ladestationen wird ein Netzanschluss hergestellt. Über Photovoltaikanlagen auf den Dächern erfolgt eine anteilige Eigenstromversorgung.

## 15 Fazit

Zusammenfassend kann festgestellt werden, dass es mit zielgerichteter Planung und der frühzeitigen interdisziplinären Zusammenarbeit aller beteiligten Fachplaner durchaus gelungen ist, Geschosswohnungsbau für Mietwohnungen in nachhaltiger Holzbauweise wirtschaftlich zu planen.

Für eine schnellere und breitere Umsetzung weiterer Bauprojekte dieser Art wäre jedoch eine Weiterentwicklung des Holzbaus mit marktoffenen Systemen wünschenswert, da dies eine Möglichkeit bieten würde über den fairen Wettbewerb die Baukosten zu senken.

Bei der nachhaltigen Gebäudetechnik fehlen zum Teil rechtliche Rahmenbedingungen, um die höheren Investitionskosten sinnvoll refinanzieren zu können. Es bleibt sonst zu hoffen, dass diese zielgerichtet angepasst werden, sodass ähnliche Konzepte nicht nur modellhaften Projekten vorbehalten bleiben, sondern in der Breite des Bauens ankommen werden.

Die erfolgreiche Planung und Realisierung einzelner Modellprojekte wie diesem ist dabei essenziell für die Weiterentwicklung im Holzbau und die Einführung nachhaltiger Energiekonzepte. Nur so können sie als gebaute Umwelt den Beweis führen und wodurch die erarbeiteten und erlernten Ergebnisse in anderen Bereichen des Bausektors Einzug halten als und zum Standard werden.