FORSCHUNGSINITIATIVE ZukunftBAU

Förderprogramm für Modellvorhaben zum nachhaltigen und bezahlbarem Bau von Variowohnungen

Endbericht

Stand: 28.06.2019

Der Forschungsbericht wurde mit Mitteln der Forschungsinitiative Zukunft Bau des Bundesinstituts für Bau-, Stadt- und Raumforschung gefördert. Die Verantwortung für den Inhalt des Berichtes liegt beim Autor.

Modellvorhaben zum nachhaltigen und bezahlbaren Bau von Variowohnungen“ Projekt Chemnitz, Brühl 65

Aktenzeichen: Stab ZIP – 20.30.08-05

Antragsteller: Grundstücks- und Gebäudewirtschafts-
Gesellschaft m.b.H
Clausstraße 10/12
09126 Chemnitz

Forschung: Steinbeis+Akademie GmbH
an der Steinbeis-Hochschule-Berlin gmbH
Steinbeis-Transfer-Institut
Bau- und Immobilienwirtschaft
Cossebauder Straße 42/44
01157 Dresden

Projektlaufzeit 23 Monate

Inhalt

1 Gebäudesteckbrief ... 3

2 Kurzfassung des Endberichts ... 5

Kurzfassung des Bauvorhabens und der Forschung ... 5

Kurzfassung der Ergebnisse und Bewertung ... 7

3 Aufbau und Methodik der durchgeführten Forschungsleistung ... 14

4 Ergebnisse und Bewertung ... 16

a. Bauweise/Baukonstruktion ... 16

b. Gemischte Nutzung und flexible Nachnutzung, räumliche und gestalterische Qualitäten ... 24

c. Nachhaltigkeit ... 29

d. Kosten und Effizienz ... 51

e. Weitere Forschungsschwerpunkte ... 56

5 Quellen- und Literaturverzeichnis ... 60

6 Anlagen ... 61

1 Gebäudesteckbrief

Projekt, Standort und Akteure

Projektstandort	Brühl 65 Ecke Brühl 63/Elisenstraße 25 91111 Chemnitz
Bauherr	Grundstücks- und Gebäudewirtschafts-Gesellschaft m.b.H. Projektleiter Rocco Brüsch Clausstraße 10/12, 09126 Chemnitz
Architekt	Raumfeld Architekten Dipl.-Ing. Dirk Friedrich Sehmsdorf Schönbrunnstr. 5, 01097 Dresden
Fachplanungen, Projektmanagement und Bauüberwachung	AIC Ingenieurgesellschaft für Bauplanung Chemnitz GmbH Projektleiter Dipl.-Ing. (BA) Matthias Koch Brückenstraße 8, 09111 Chemnitz
Forschungseinrichtung	Steinbeis-Transfer-Institut Bau- und Immobilienwirtschaft an der Steinbeis-Hochschule-Berlin GmbH (jetzt an der Steinbeis+Akademie GmbH) Institutsleiter Dipl.-Ing. Bernd Landgraf Cossebauder Str. 42/44, 01157 Dresden

Art der Maßnahme	Neubau
Innovative Maßnahmen/ Förderkriterien	Umsetzung des Konzepts "ready" bzw. "ready Plus" für eine vorbereitete Barrierefreiheit Umsetzung eines flexiblen Nachnutzungskonzepts Nutzung innerstädtische Grundstücke, besondere städtebauliche Gestaltung Gestaltung gemeinschaftlicher Flächen, innovative Konzepte des Zusammenwohnens Ausbau des Erdgeschosses mit höheren Geschosshöhen Erhebliche Bauzeitverkürzung Besondere Aufwendung zur Senkung der Betriebskosten Ökologische Freiraumgestaltung

Gebäudekennwerte

Anzahl Wohneinheiten	18
Anzahl Wohnplätze	54
Gebäudetyp	Block / Gebäude im Block
Anzahl der Gebäude	1
Anzahl der Geschosse	6
BRI (a+b+c)	7.898,40
BRI (a)	6.999,60

BRI (b)	714,00
BRI (c)	184,80
BGF (a+b+c)	2.629,50
BGF (a)	2.197,90
BGF (b)	273,40
BGF (c)	158,20
NRF	2.141,50
NUF	1.633,50
VF	482,70
TF	25,30
NE	18
Gesamte Wohnfläche nach WoFIV (Wohn + Gemeinschaftsfläche)	1.460,38
Gesamte Wohnfläche abzgl. Gemeinschaftsfläche nach WoFIV	1.319,10
Gesamte Gemeinschaftsfläche nach WoFIV	141,28
Gemeinschaftsfläche je Wohnplatz	2,62

Konstruktion/Bauprozess

Bauweise	Stahlbetonmassivbau
Tragsystem	Massivbau (Zellen)
Baustoff	Stahlbeton
Grad der Vorfertigung	20 %
Bauzeit (von – bis)	01.03.2018 - 28.06.2019
Dauer des Baus (in Monaten)	16

Wirtschaftlichkeit

Gesamtkosten Bau (KG 200 – 700, ohne 710/720/760) (nur für den Vario-Anteil)	3.157.030
Baukosten (KG 300 + 400)	3.157.030
Baukosten (KG 300+400)/BRI	400
Baukosten (KG 300+400)/BGF	1.201
Baukosten (KG 300+400)/NUF	1.933
Baukosten (KG 300+400)/WF	2.393
Warmmiete	280,00
Möblierungszuschlag	10,00

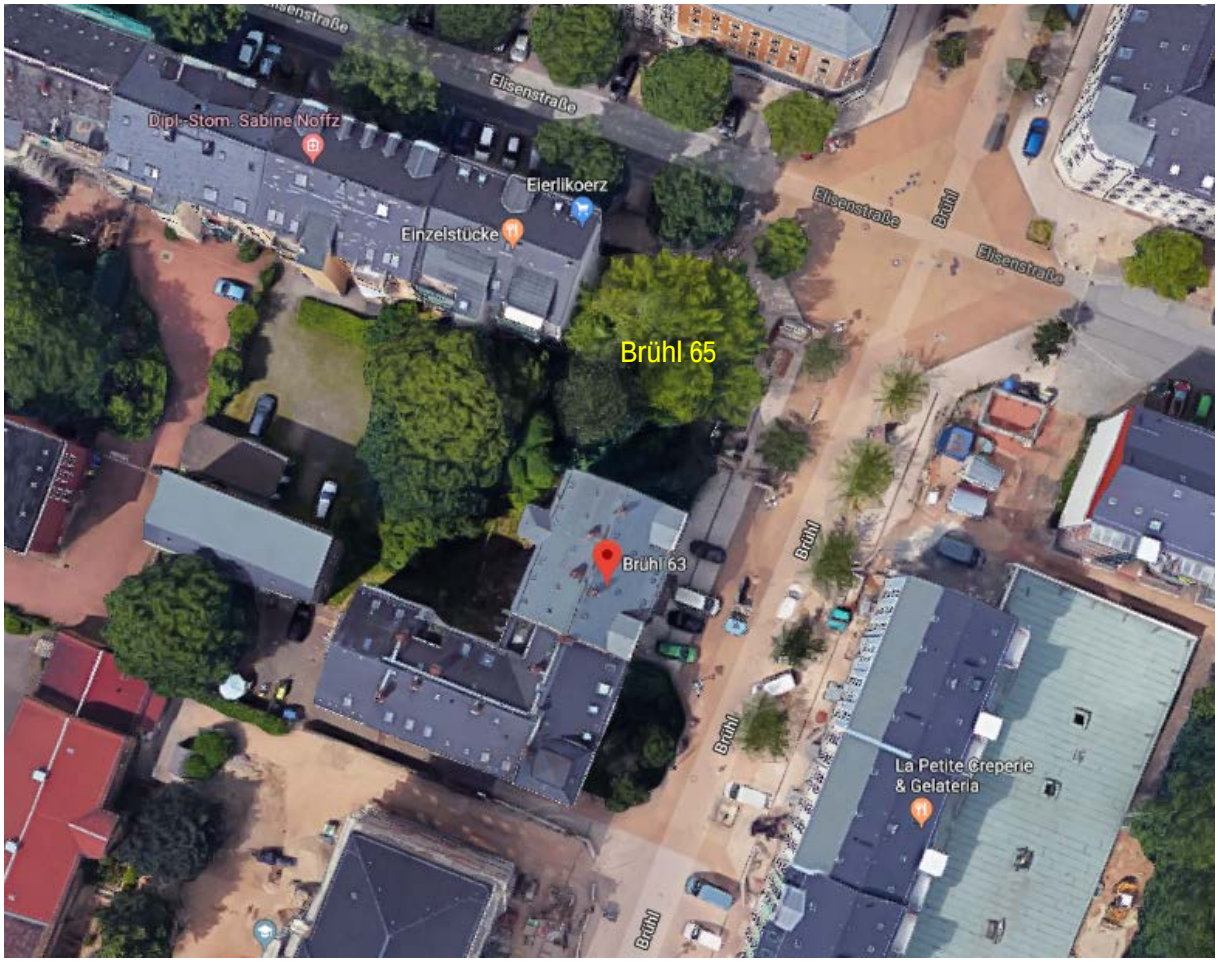
Ökologie

Nachhaltigkeitszertifizierungen	NaWoh Version 3.1
Ergebnis der Nachhaltigkeitszertifizierungen	NaWoh Qualitätssiegel
Ready-Standard	Ready
Voraussichtlicher Primärenergiebedarf	37,29 kWh/m²
Voraussichtlicher Primärenergiebedarf nicht erneuerbar	35,50 kWh/m²
Voraussichtlicher Primärenergiebedarf erneuerbar	1,79 kWh/m²
Voraussichtlicher Endenergiebedarf	49,40 kWh/m²
Lebenszykluskosten (gemäß Nachhaltigkeitszertifizierung)	1.666 €/m^2_{BGF}

2 Kurzfassung des Endberichts

Kurzfassung des Bauvorhabens und der Forschung

Im März 2016 erfolgten die ersten Überlegungen zur Bebauung des Eckgrundstückes Brühl 65. Das ehemalige Gebäude wurde nach dem Krieg abgerissen und die Nachbargiebel standen seit dieser Zeit frei. Auf dem Grundstück standen zwei große Bäume und eine Mauer aus Beton-Steinen. Im Boden befanden sich Leitungstrassen, die vor der Fundamentierung verlegt und gesichert werden mussten. Die Gebäude im Umfeld wurden überwiegend saniert. Auf dem Brühl-Boulevard wurden Bäume gepflanzt und Sitzmöglichkeiten aufgestellt. Der Brühl gewinnt wieder an Attraktivität.



Luftbild der Umgebungsbebauung des Baugrundstücks Brühl 65, Quelle: Google Maps

Städtebauliche Modelldarstellung des Brühl-Boulevards

Der Brühl war während der DDR-Zeiten eine lebendige Einkaufsstraße mit Fußgängerzone. Nach 1990 verlor der Brühl seine Anziehungskraft, da die Gebäude einen hohen Instandsetzungs-stau aufwiesen und die Nutzer kontinuierlich auszogen.
Im Jahr 2012 erstellte die AS&P - Albert Speer & Partner GmbH eine „Städtebauliche Planungsstudie zur Entwicklung des Gebietes „Brühl-Boulevard“ in Chemnitz“.

Die „roten Gebäude“ stellen die Neubebauung der Kriegslücken dar.

Das Grundstück hat eine exponierte Lage, da es sich an einer Straßenecke eines kleinen Platzes befindet und eine Fassadenseite am Brühl liegt. Die Nachbargebäude haben ein Vollgeschoss weniger und das Dach ist nur zum Teil ausgebaut. Aus wirtschaftlichen Gründen und wegen der kleinen Außenanlage wurde das 5. OG als Staffelgeschoss ausgebildet und darüber eine Dachterrasse mit Gründach ausgeführt.

Studentisches Wohnen „Brühl 65 in Chemnitz“, Entwurf Dirk Friedrich Sehmsdorf, raumfeld architekten (Dresden), Ansicht Brühl (li.), Ansicht Elisenstraße

Grundstück vor Projektbeginn (links) und nach der Baufeld-Freimachung (rechts), Quelle: eigene Aufnahme

Nachbarbebauung längs des Brühl (links: stadteinwärts, rechts: stadtauswärts), Quelle: eigene Aufnahme

Die Umsetzung der Forschungsschwerpunkte wurde zum einen von der besonderen städtebaulichen Situation und zum anderen von der schwierigen Baugrundsituation bestimmt. Folgende Randbedingungen prägten die Untersuchungsschwerpunkte.

<u>Städtebauliche Randbedingungen</u>

1. Kleine Baufläche (Erfüllbarkeit der Flächenanforderungen der Förderrichtlinie und des NaWoh)
2. Winklige Gebäudeform (aufwendige Statik)
3. Giebellinien der Nachbarbebauung (Nutzungskonzept Dachflächen)
4. Baulinie am Brühl (Gestaltung der Balkone)

Baugrundsituation

1. Nicht ausreichend tragfähiger Baugrund (Baugrubensicherung für den Bau eines Kellers war zu teuer, Mehrkosten für die Fundamentierung ohne Keller betrugen ca. 250.000 €)
2. Ungesicherte Giebel (Notwendigkeit einer unterirdischen Bohrpfahlgründung und einer oberirdischen Giebelsicherung)
3. Entfall des Kellers (Reduzierung der Nutz- und Technikflächen einschließlich Verlegung in das EG, Verkleinerung der Bäder und Reduzierung der Barrierefreiheit von ready plus auf ready)

Die projektbegleitende Forschung konzentrierte sich auf die Sicherung der Umsetzung der Förderschwerpunkte und der Erfüllung der NaWoh-Anforderungen. Dazu waren folgende Zielkonflikte zu lösen.

1. Einsatz von Halbfertigteilen >> zusätzliche Außenwanddämmung >> Erhöhung der KGF >> Erhöhung des Ökobilanzanteils der Baukonstruktion >> Optimierung der Dämmdicke für die Einhaltung der EnEV und der NaWoh-Anforderung an das Treibhauspotenzial
2. Große Fensterflächen für gute Tageslichtverfügbarkeit >> Gefährdung der Einhaltung des sommerliches Wärmeschutzes >> thermische Raumsimulation >> Reduzierung des Umfangs an Sonnenschutz
3. Einsatz von nicht einheitlichen Halbfertigteilen aufgrund der Grundstücksgeometrie >> Abhängigkeit vom Hersteller >> Verschiebung aller Gewerke bei Lieferverzug >> Mehraufwand für Zwischenlösungen (z. B. Notdach für den Winter)
4. Öffentliche Ausschreibung >> wenige Angebote oder Aufhebung und Neuausschreibung >> höhere Baukosten und Zeitverzug
5. Einzelvergaben >> erhöhter Aufwand für Kommunikation und Durchsetzung der Bauproduktprüfungen
6. Entfall des Kellers >> Reduzierung der Nebenflächen >> Optimierung der Unterbringung der Fahrräder, der Waschmaschinen und Trockner sowie der Abstellflächen (Stauraum)
7. Verringerung der bebaubaren Fläche nach der Grundstücksneuvermessung >> Änderung der Wohnungsgrundrisse >> Sicherung Stauraum, Küchenarbeitsflächen und Wenderadien in den Bädern
8. Kleine Außenanlagenfläche >> Optimierung Fahrradstellplätze
9. Mehrkosten für Bohrpfahlgründung >> Reduzierungszwang zur Budgeteinhaltung >> Wirtschaftlichkeits-analyse „Messstellen und Energie-Monitor“ sowie „Leuchten-Vollausstattung“

Kurzfassung der Ergebnisse und Bewertung

Die Entwurfsplanung sah eine sechsgeschossige Bebauung mit Keller und Dachterrasse vor. Aufgrund des Ergebnisses der Baugrunduntersuchung musste die Planung geändert, d. h. auf den Keller verzichtet werden. Durch die Verlegung von Nutzungen aus dem Keller in das Erdgeschoss reduzierten sich die Wohnplätze von 60 auf 54. Außerdem verschob sich der Baubeginn von 07/2017 auf 03/2018.

Bei der Vermessung des Grundstücks ergab sich eine Verminderung der Grundstücksfläche gegenüber dem Lageplan um ca. 10 %. Daraus resultierte die Notwendigkeit alle Grundrisse und damit auch die Wohnungsgrößen anzupassen. Die Einhaltung der Wohnflächenanforderungen war aufgrund der kleinen Baufläche von 376 m² schwierig. Die Einhaltung der Vorgaben der Förderrichtlinie für die Mindestraumgrößen konnte nur gesichert werden, in dem von „ready plus“ auf „ready“ reduziert und auf die bauliche Abgrenzung des Abstellraumes im Flur (bei Umnutzung für eine separate Toilette gedacht) verzichtet wurde. Die Stellfläche für Schränke als Stauraum konnte außerhalb der Wohnräume im Flur bereitgestellt werden. Das war sehr wichtig, da der im Keller vorgesehene Stauraum nicht mehr zur Verfügung stand.

Die 18 Wohnungen umfassen jeweils drei Wohnräume mit Küche und Bad. Die Konzeption von ausschließlich Dreiraumwohnungen basiert auf den Erfahrungen der GGG, die aktuell ca. 800 Wohnplätze an Studenten vermietet. Dabei werden die Wohnungen nicht komplett vermietet, sondern nur die Wohnplätze. Damit entscheidet die GGG über die Zusammensetzung der Bewohner.

Die Küchen erhielten Einbauküchen und alle Räume einschließlich Verkehrs- und Technikflächen wurden mit LED-Leuchten ausgestattet. Im Erdgeschoss wurden vier Waschmaschinen- und vier Trockneranschlüsse realisiert. Für

eine Umnutzung wurden in den Küchen Kombianschlüsse für Geschirrspüler und ggf. Waschmaschine (falls die Aufstellung im Bad aufgrund der Barrierefreiheit ungünstig wäre) installiert.

Das Gebäude verfügt über 141 m² Gemeinschaftsfläche (ca. 11 % der Wohnfläche). Diese besteht aus einem Gemeinschaftsraum im EG mit Zugang von außen und innen, einem Fitnessraum im 5. OG und einer Dachterrasse. Aufgrund der Ausbildung des 5. OG als Staffelgeschoss konnten in diesem Geschoss nur zwei Wohnungen realisiert werden. Diese sind größer und haben Terrassen statt Balkone. Eine der Wohnungen wurde durchgängig barrierefrei ausgestattet.

Die Wohnungsgrundrisse wurden so angelegt, dass eine Bildung von 2- und 4-Raumwohnungen möglich ist.
Dazu wurden an bestimmten Stellen „bewehrungsarme Felder“ in den Betontrennwänden statisch berücksichtigt und ausgeführt. Diese lassen sich bei einer Grundrissveränderung heraustrennen. Einige Trennwände wurden mit Sturz und Trockenbauwand ausgeführt, die eine Zusammenlegung von Wohnraum und Küche zu einer Wohnküche ermöglichen.
Die Schächte wurden mit ca. 30 % Reserve belegt. Aufgrund der ausreichenden Fenstergrößen wurden keine Reserven für die Nachrüstung von Lüftungsrohren zur Wohnraumlüftung vorgesehen. Alle Fenster und Balkontüren wurden mit Zwangslüftern im Rahmen oben ausgeführt.

Die Außenwände stehen nicht rechtwinklig zueinander. Für den Rohbau war zu Projektbeginn eine Fertigteilbauweise aus Leichtbetonplatten für Wände und Decken angedacht. Dadurch sollte eine zusätzliche Außenwanddämmung vermieden werden. Diese Bauweise ließ sich nicht umsetzen, da jede Platte eine Einzelanfertigung und damit die Kosten sehr hoch gewesen wären und der Schallschutz der Wohnungstrennwände aufgrund der Längsschallübertragung nicht eingehalten wäre.
Ein sinnvoller Kompromiss war die Verwendung von Stahlbeton-Hohlwänden mit eingelegten Leerrohren und Aussparungen für die Elektrodosen. Zur Verwendung von Filigrandecken wurden die Auflager im Gebäudeinneren nur vereinzelt durch Stützen und überwiegend durch tragende Wände ausgeführt. Die statischen Grundrissfelder ergeben frei konfigurierbare Flächen von 5,5 - 7,0 m x 9 - 11 m, so dass auch großzügige Grundrisslösungen bei einer Umnutzung machbar sind. Die Balkone sind Fertigteile, deren Plattenbelag aufgeständert wurde.
Die Treppen sind Fertigteile mit fertigen Oberflächen, die i.d.R. keine Fliesen- oder Plattenbeläge oder Bekleidung der Unterseiten erforderlich machen. Die Zwischenpodeste mussten gefliest werden, um die Einbautoleranzen und Übergänge zwischen den Treppenläufen auszugleichen und den Kontrast für sehbehinderte Menschen zu erhöhen.

Abbildung: Brühl 65 in Chemnitz, Quelle: AIC Ingenieurgesellschaft für Bauplanung Chemnitz GmbH

Zusammenfassend ergibt sich folgende Bewertung in Bezug auf die Erfüllung der Förderkriterien.

Förderkriterium		Anforderung	Umsetzung	Punkte Max	Punkte Ist
1	Bauzeitverkürzung	ca. 14 Monate (< 18 Monate) durch modulares Bauen (Fertigteile für Wände, Decken und Nasszellen)	16 Monate Bauzeit Verwendung von Betonhohlwänden und Filigrandecken Fertignasszellen konnten nicht verwendet werden, da die Badgrundrisse eines Geschosses verschieden sind und ein Kostenvorteil gegenüber einer Vorortausführung erst ab ca. 100 Badzellen entsteht.	9	7
2	Innerstädtisches Grundstück	Aufwendungen wegen besonderer Anforderungen an die städtebauliche Gestaltungsqualität, für Schallschutzmaßnahmen, (ggf. auch Baugrundertüchtigungsmaßnahmen)	Fassadengestaltung, Dachformgestaltung, Baugrundertüchtigungsmaßnahmen, Hofdurchgang	9	9
3	Barrierefreiheit	Umsetzung von "ready" oder "ready Plus"	"ready"	9	5
4	Nachnutzungskonzept	Zusammenschaltbarkeit von Variowohnungen, Verändern von Raumgrößen durch flexible Trennwände, Anpassungsfähigkeit von Nassräumen und Küchen	Varianten der Zusammenlegung: - Familienwohnen mit Kombination Wohnen/Essen/Kochen (4-Raumwohnung) und Seniorenwohnung (2-Raumwohnung) - Familienwohnen mit großem Wohnzimmer und getrennter Küche (4-Raumwohnung) und Azubi-Wohngemeinschaft (2-Raumwohnung) Unterstützende Maßnahmen: - heraustrennbare Tür-Felder in Betontrennwänden - Wohnungstrennwände teilweise mit Sturz und Trockenbau (für eine Zusammenlegung) - Aktivierung Waschmaschinenanschluss in der Küche für mehr Bewegungsfreiheit im Bad	6	6
5	Betriebskostensenkung	Rückmeldesystem zum Energieverbrauch, Energiespartechnologien, Nutzung erneuerbarer Technologien	Es wurde kein Energieverbrauchsmonitor für Wasser, Wärme und Strom im Treppenhaus des EG installiert, da die Einsparpotenziale sehr gering sind und keine Motivation zum Sparen darstellen. Als alternative Maßnahme wurden alle Räume mit LED-Leuchten ausgestattet.	6	1
6	Gemeinschaftsflächen	multifunktionale Gemeinschaftsräume (Gemeinschaftscafe, Fitnessraum)	Gemeinschaftscafe im Erdgeschoss und Fitnessraum im 5. Obergeschoss	9	9
7	Ökologische Freiraumgestaltung	Dachgarten, Dachbegrünung, Fassadenbegrünung, recycling- und versickerungsfähige Beläge im Außenbereich, einheimische Gehölze	Dachterrasse mit Begrünung Die Hoffläche umfasst 71 m², von denen nur ca. 10 m² begrünt werden konnten. Befestigte Hofflächen waren notwendig für: - Weg zum Hofeingang - Fahrradständer - Zufahrt und Stellfläche für Reststoffbehälter	6	5
8	Geschosshöhe EG	Ausbau EG mit höherer Geschosshöhe für gemeinschaftlich nutzbare Flächen	EG hat eine lichte Raumhöhe von 3,1 m, d. h. 50 cm höher als die Obergeschosse mit 2,6 m	3	3
				57	45

Förderkriterien: Anforderungen, Umsetzung und Punkte

Die erreichten 45 Punkte übersteigen die Mindestpunktzahl für herausragende Modellvorhaben von 40 Punkten, so dass aus Sicht der Forschungsbegleitung eine Förderung in Höhe von 500 €/m² gerechtfertigt ist.

Die Bewertung erfolgte kritisch, in dem die Maximalpunktzahl pro Förderkriterium verringert wurde, wenn nicht alle Merkmale erfüllt wurden. Eine Umsetzung aller Merkmale war bei diesem Projekt aufgrund der geringen Grundstücksfläche und des schwierigen Baugrundes einerseits technisch nicht möglich und andererseits wirtschaftlich nicht sinnvoll.

Die parallel laufende NaWoh-Bewertung war teilweise eine noch größere Herausforderung, da hier die Flächenknappheit eine Erfüllung der funktionalen Anforderungen an Stauraum, Fahrradstellplätzen, Pkw-Stellplätzen, Waschmaschinenaufstellung, Küchenarbeitsflächen, u.a. erschwerte.

Die NaWoh-Bewertung ergab folgende Ergebnisse.

Nr.	Nachhaltigkeitskriterium	Erfüllungsgrad	Dokumentation
1.	WOHNQUALITÄT		
3-stufig			
1.1.1	Funktionale Qualität der Wohnungen		vollständig
1.1.1.1	Funktionalität der Wohnbereiche	erfüllt	vorhanden
1.1.1.2	Funktionalität Koch- & Essbereiche	erfüllt	vorhanden
1.1.1.3	Funktionalität Sanitärbereiche	erfüllt	erfolgt später
1.1.1.4	Vorhandensein von Stau- und Trockenraum	erfüllt	vorhanden
1.1.2	Freisitze / Außenraum		vollständig
1.1.2.1	Vorhandensein von Balkon, Terrasse, Mietergärten	erfüllt	vorhanden
1.1.3	Barrierefreiheit - Zugang und Wohnungen		vollständig
1.1.3.1	Barrierefreiheit des Zugangs zum Gebäude	erfüllt	vorhanden
1.1.3.2	Barrierefreiheit des Zugangs zu Wohnungen	erfüllt	vorhanden
1.1.3.3	Grad der Barrierefreiheit von Wohnungen	erfüllt	vorhanden
1.1.4	Stellplätze		vollständig
1.1.4.1	Stellplätze für Fahrräder	erfüllt	vorhanden
1.1.4.2	Stellplätze für Kinderwagen / Rollatoren	erfüllt	vorhanden
1.1.4.3	Stellplätze für PKW / Mobilitätskonzept	erfüllt	erfolgt später
1.1.5	Freiflächen		unvollständig
1.1.5.1	Freiflächen für die Allgemeinheit	erfüllt	vorhanden
1.1.5.2	Freiflächen für Kinder	entfällt	nicht notwendig
1.1.5.3	Freiflächen für Jugendliche	entfällt	nicht notwendig
1.1.6	Thermischer Komfort		vollständig
1.1.6.1	Thermische Behaglichkeit im Sommer	erfüllt	vorhanden
beschreibend			
1.2.1	Visueller Komfort / Tageslichtversorgung		vollständig
1.2.1.1	Tageslicht	vollständig	vorhanden
1.2.1.2	Sichtverbindung nach außen	vollständig	vorhanden
1.2.1.3	Besonnung	vollständig	vorhanden
1.2.1.4	Farbwiedergabe bei aktivierter Verschattung	vollständig	vorhanden
1.2.2	Raumluftqualität		unvollständig
1.2.2.1	Konzentration an VOC/Schadstoffen	vollständig	erfolgt später
1.2.3	Sicherheit		unvollständig
1.2.3.1	Sicherheitsvorrichtungen	vollständig	erfolgt später
1.2.3.2	Sicherheitsrelevante Entwurfsmerkmale	vollständig	erfolgt später
1.2.4	Flächenverhältnisse		vollständig
1.2.4.1	Flächenverhältnisse	vollständig	vorhanden
1.2.5	Einrichtungen zum Müllsammeln und -trennen		unvollständig
1.2.5.1	Müllsammlung / Mülltrennung / Müllstandort	vollständig	erfolgt später
1.2.6	Gestalterische und städtebauliche Qualität		unvollständig
1.2.6.1	Gestalterische und städtebauliche Qualität	vollständig	vorhanden

Erfüllung der NaWoh-Kriterien: 1. Wohnqualität

Nr.	Nachhaltigkeitskriterium	Erfüllungsgrad	Dokumentation
2.	TECHNISCHE QUALITÄT		
3-stufig			
2.1.1	Schallschutz		vollständig
2.1.1.1	Schallschutz gegen Außenlärm	erfüllt	vorhanden
2.1.1.2	Luft- und Trittschallschutz	übererfüllt	vorhanden
2.1.1.3	Schallschutz gegen Körperschall / Installationen	erfüllt	vorhanden
2.1.2	Energetische Qualität		vollständig
2.1.2.1	Effizienzniveau	erfüllt	vorhanden
2.1.3	Effizienz der Haustechnik		unvollständig
2.1.3.1	Effizienz der Haustechnik	erfüllt	erfolgt später
2.1.4	Lüftung		vollständig
2.1.4.1	Lüftung	erfüllt	vorhanden
beschreibend			
2.2.1	Brandschutz		vollständig
2.2.1.1	Brandschutz	vollständig	vorhanden
2.2.2	Feuchteschutz		unvollständig
2.2.2.1	Bautechnischer Feuchteschutz	vollständig	erfolgt später
2.2.3	Luftdichtheit der Gebäudehülle		unvollständig
2.2.3.1	Luftdichtheit	vollständig	erfolgt später
2.2.4	Reaktion auf standortbezogene Gegebenheiten		nicht notwendig
2.2.4.1	Reaktion auf erhöhtes Radon-Vorkommen	vollständig	vorhanden
2.2.4.2	Reaktion auf erhöhtes Hochwasser-Risiko	vollständig	vorhanden
2.2.4.3	Reaktion auf erhöhtes Sturm-Risiko	vollständig	vorhanden
2.2.5	Dauerhaftigkeit		vollständig
2.2.5.1	Dauerhaftigkeit	vollständig	vorhanden
2.2.6	Wartungsfreundlichkeit / Nachrüstbarkeit TGA		unvollständig
2.2.6.1	Wartungsfreundlichkeit / Nachrüstbarkeit TGA	vollständig	erfolgt später
2.2.7	Rückbau-/ Recyclingfreundlichkeit der Baukonstruktion		unvollständig
2.2.7.1	Rückbau-/ Demontagefreundlichkeit	vollständig	erfolgt später

Erfüllung der NaWoh-Kriterien: 2. Technische Qualität

Nr.	Nachhaltigkeitskriterium	Erfüllungsgrad	Dokumentation
3.	ÖKOLOGISCHE QUALITÄT		
3-stufig			
3.1.1	Ökobilanz – Teil 1		vollständig
3.1.1.1	Treibhauspotenzial	erfüllt	vorhanden
3.1.2	Primärenergiebedarf		vollständig
3.1.2.1	Primärenergiebedarf nicht erneuerbar	erfüllt	vorhanden
3.1.2.2	Primärenergiebedarf erneuerbar	erfüllt	vorhanden
3.1.3	Flächeninanspruchnahme und Flächenversiegelung		vollständig
3.1.3.1	Flächeninanspruchnahme	erfüllt	vorhanden
3.1.3.2	Flächenversiegelung	erfüllt	vorhanden
beschreibend			
3.2.1	Ökobilanz – Teil 2		vollständig
3.2.1.1	Andere Wirkungskategorien	vollständig	vorhanden
3.2.2	Energiegewinnung für Mieter und Dritte		vollständig
3.2.2.1	Energiegewinnung für Mieter und Dritte	vollständig	vorhanden
3.2.3	Trinkwasserbedarf		vollständig
3.2.3.1	Trinkwasserbedarf	vollständig	vorhanden
3.2.4	Vermeidung von Schadstoffen		unvollständig
3.2.4.1	Vermeidung von Schadstoffen	vollständig	erfolgt später
3.2.5	Einsatz von zertifiziertem Holz		unvollständig
3.2.5.1	Einsatz von zertifiziertem Holz	vollständig	erfolgt später
4.	ÖKONOMISCHE QUALITÄT		
3-stufig			
4.1.1	Lebenszykluskosten		vollständig
4.1.1.1	Ausgewählte Kosten im Lebenszyklus	übererfüllt	vorhanden
4.1.2	Werthaltigkeit der Investition		vollständig
4.1.2.1	Investitionskosten / Marktwert	erfüllt	vorhanden
beschreibend			
4.2.1	Langfristige Wertstabilität		vollständig
4.2.1.1	Zukunftsfähigkeit des Gebäudes	erfüllt	vorhanden

Erfüllung der NaWoh-Kriterien: 3. Ökologische Qualität sowie 4. Ökonomische Qualität

Nr.	Nachhaltigkeitskriterium	Erfüllungsgrad	Dokumentation
5.	PROZESSQUALITÄT		
3-stufig			
5.1.1	Qualität der Bauausführung / Messungen		unvollständig
5.1.1.1	Qualität der Bauausführung / Messungen	erfüllt	erfolgt später
beschreibend			
5.2.1	Qualität der Projektvorbereitung		unvollständig
5.2.1.1	Integraler Prozess	vollständig	erfolgt später
5.2.1.2	Bedarfsplanung	vollständig	erfolgt später
5.2.2	Dokumentation		unvollständig
5.2.2.1	Objektdokumentation	vollständig	erfolgt später
5.2.2.2	Produktdokumentation	vollständig	erfolgt später
5.2.3	Übergabe / Einweisung		unvollständig
5.2.3.1	Einweisung Personal	unvollständig	erfolgt später
5.2.3.2	Bereitstellung von Informationen für Nutzer	vollständig	erfolgt später
5.2.4	Inbetriebnahme / Einregulierung		unvollständig
5.2.4.1	Inbetriebnahme / Einregulierung	unvollständig	erfolgt später
5.2.5	Voraussetzung für Bewirtschaftung		unvollständig
5.2.5.1	Messkonzept	vollständig	erfolgt später
5.2.6	Reinigungs- / Wartungs- / Instandhaltungsplan		unvollständig
5.2.6.1	Reinigungs-/ Wartungs-/ Instandhaltungsplan	vollständig	erfolgt später
0.0.0	BESCHREIBUNG MERKMALE ZIELE		
A1	Standortsituation	vollständig	
A2	Hinweise und Prognosen	vollständig	
B1	Umweltmerkmale	vollständig	
B2	Trends und Prognosen	vollständig	
C1	Objektidentifikation	vollständig	
C2	Ausgewählte Kennwerte und Merkmale	vollständig	
D1	Konzept / Strategie zu wohnungswirtschaftliche	vollständig	

Erfüllung der NaWoh-Kriterien: 5. Prozessqualität sowie Beschreibung Merkmale und Ziele

Die Objektübergabe durch die „Stabsabteilung Stadt- und Projektentwicklung“ an die „Hausverwaltung“ der GGG erfolgte bereits vor Fertigstellung und den Abnahmen der Ausbau- und Haustechnik-Gewerke. Die Übergabe erfolgte bewusst zu diesem Zeitpunkt, damit die Vermietung vorbereitet und die finale Ausstattung (Wandfarben, Möblierung) auf der Grundlage der Erfahrungen mit dem bisherigen „Studi-Wohnen“ durch die Mitarbeiter der Vermietung und Hausverwaltung erfolgen kann.
Die Einweisung des Dienstleistungspersonals und die Inbetriebnahme erfolgen noch.
Vermietungsbeginn ist der 01.08.2019.

3 Aufbau und Methodik der durchgeführten Forschungsleistung

Die Forschungsleistungen umfassten folgende Schwerpunkte.

1. Vergleich der Bauweise mit und ohne Fertigteile
   Methodisches Vorgehen:
   - Festlegen relevanter Vergleichsmerkmale
   - Ermitteln von Vor- und Nachteilen
   - Bewerten der Vor- und Nachteile
   - Ableiten einer Entscheidungsempfehlung

2. Vergleich von Energiestandards
   Methodisches Vorgehen:
   - Festlegen der relevanten Entscheidungsgrößen
   - Ermitteln der Gebäude- und Energieversorgungsdaten
   - Berechnen der Energiebedarfe
   - Berechnen der Herstellungs-, Energie- und Finanzierungskosten
   - Erstellen des Wirtschaftlichkeitsvergleichs
   - Ableiten einer Entscheidungsempfehlung

3. Vergleich der Wirtschaftlichkeit mit oder ohne Keller
   Methodisches Vorgehen:
   - Ermitteln der Gebäudedaten
   - Ermitteln der Finanzierungbedingungen
   - Ermitteln der Herstellungs- und Finanzierungskosten, Fördermittel und Erträge
   - Erstellen des Wirtschaftlichkeitsvergleichs
   - Ableiten einer Entscheidungsempfehlung

4. Maßnahmen zur Energieverbrauchsoptimierung
   Methodisches Vorgehen:
   a) Energie-Monitor
   - Ermitteln der Verbrauchsmengen für Energie und Wasser
   - Ermitteln der Kosten für Mess- und Auswertetechnik
   - Erstellen des Wirtschaftlichkeitsvergleichs mit Simulation des Verbraucherverhaltens
   - Ableiten einer Entscheidungsempfehlung

   b) Ausstattung der Wohnungen mit LED-Leuchten
   - Ermitteln der Leistungswerte der Leuchten
   - Ermitteln der Kaufpreise und Energieverbräuche der Leuchten
   - Erstellen des Wirtschaftlichkeitsvergleichs
   - Ableiten einer Entscheidungsempfehlung

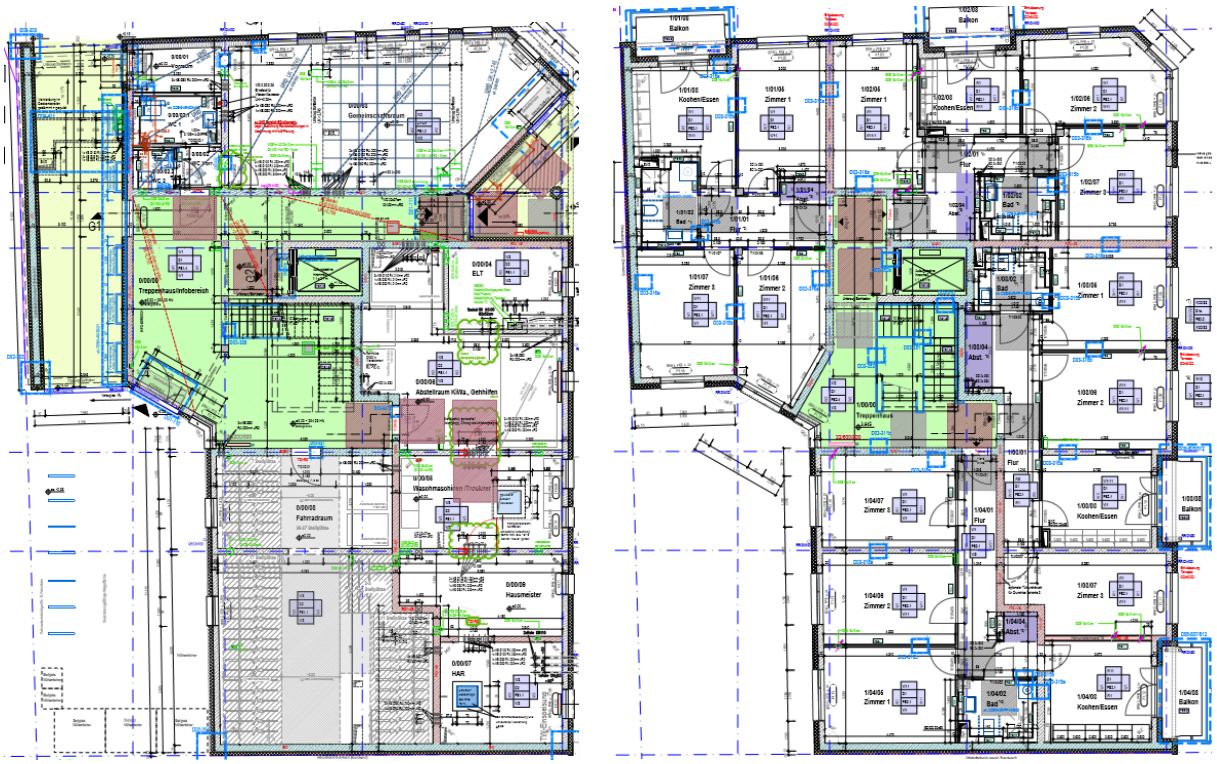
5. Standard der Barrierefreiheit
   Methodisches Vorgehen:
   - Vergleichen der Entwurfs- und Ausführungsplanung mit den Anforderungen „ready plus “ und „ready“
   - Bewerten und Entscheiden von Planungsvarianten
   - Abwägen des Umsetzungsumfangs für die Anforderungskategorien „vorbereitet“ und „vorzugsweise“
   - Auslegen von Einzelfällen (bei kleinen Abweichungen)

6. NaWoh-Bewertung
   Methodisches Vorgehen:
   - Aufstellen der NaWoh-Mindestanforderungen („erfüllt“) als Planungsgrundlage
   - Erstellen des Pre-Checks zur Entwurfsplanung
   - Überprüfen der NaWoh-Einhaltung bei Planungs- und Ausführungsänderungen
   - Abstimmen des Unterlagenbedarfs für die Nachweisführung mit den am Bau Beteiligten
   - Erstellen der NaWoh-Bewertung
   - Erstellen der NaWoh-Nachweise

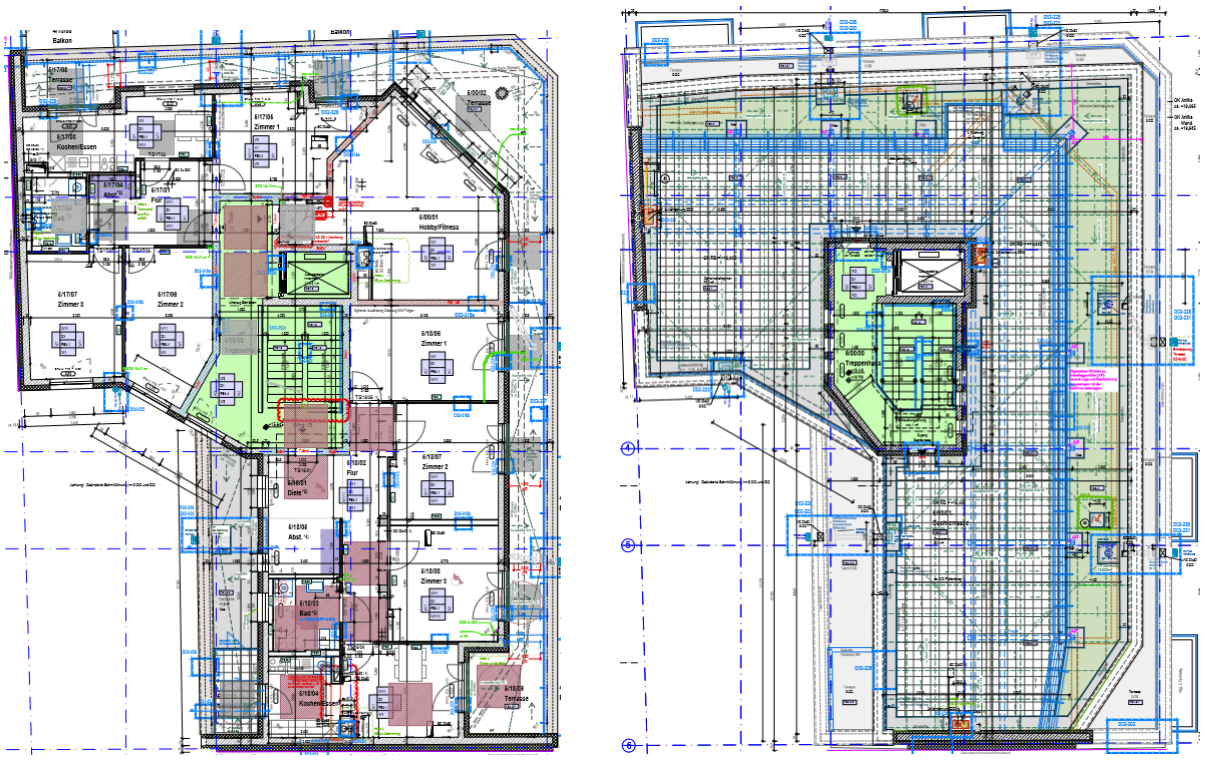
4 Ergebnisse und Bewertung

a. Bauweise/Baukonstruktion

Grundrisse

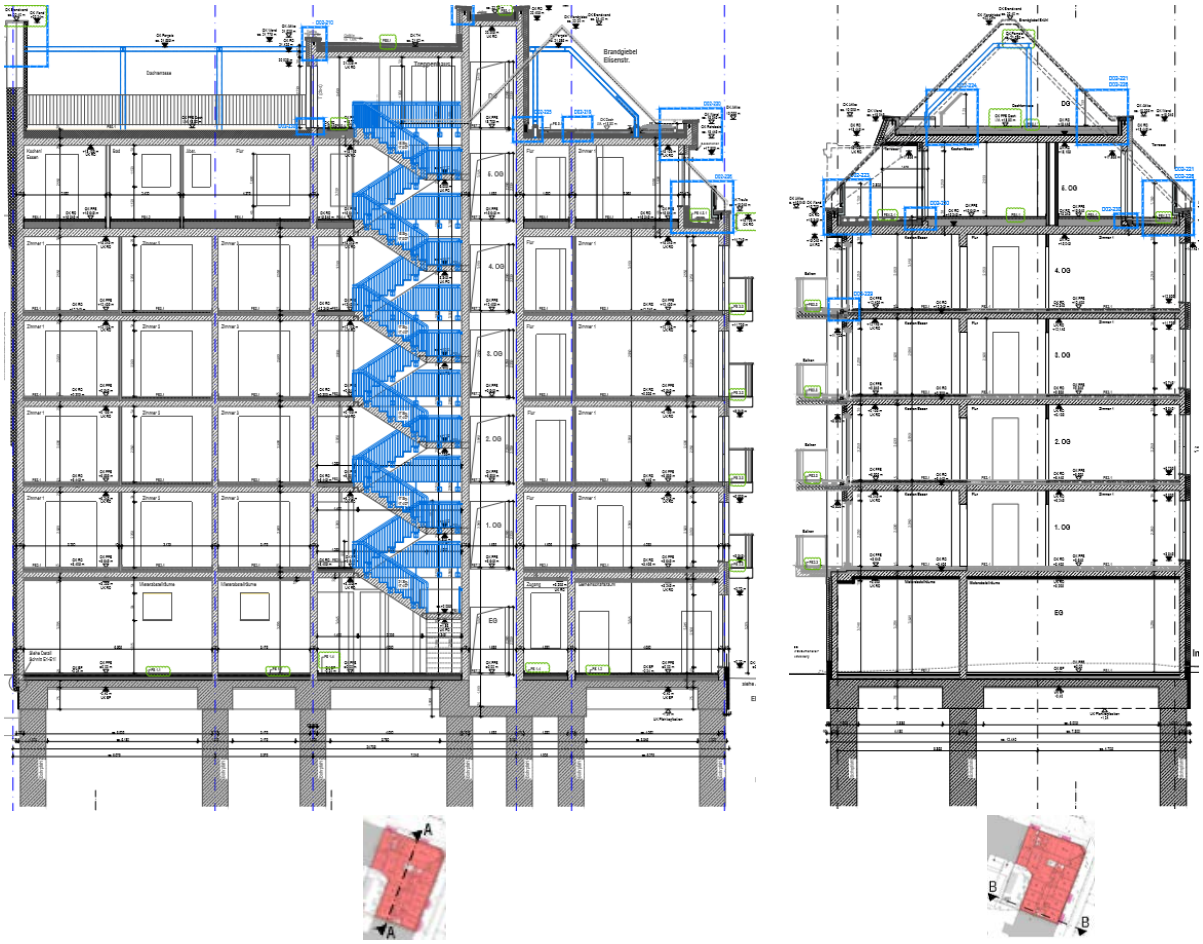


Grundriss EG (links), Grundriss 1. OG (2.-4. OG analog), Quelle: AIC Ingenieurgesellschaft für Bauplanung Chemnitz GmbH

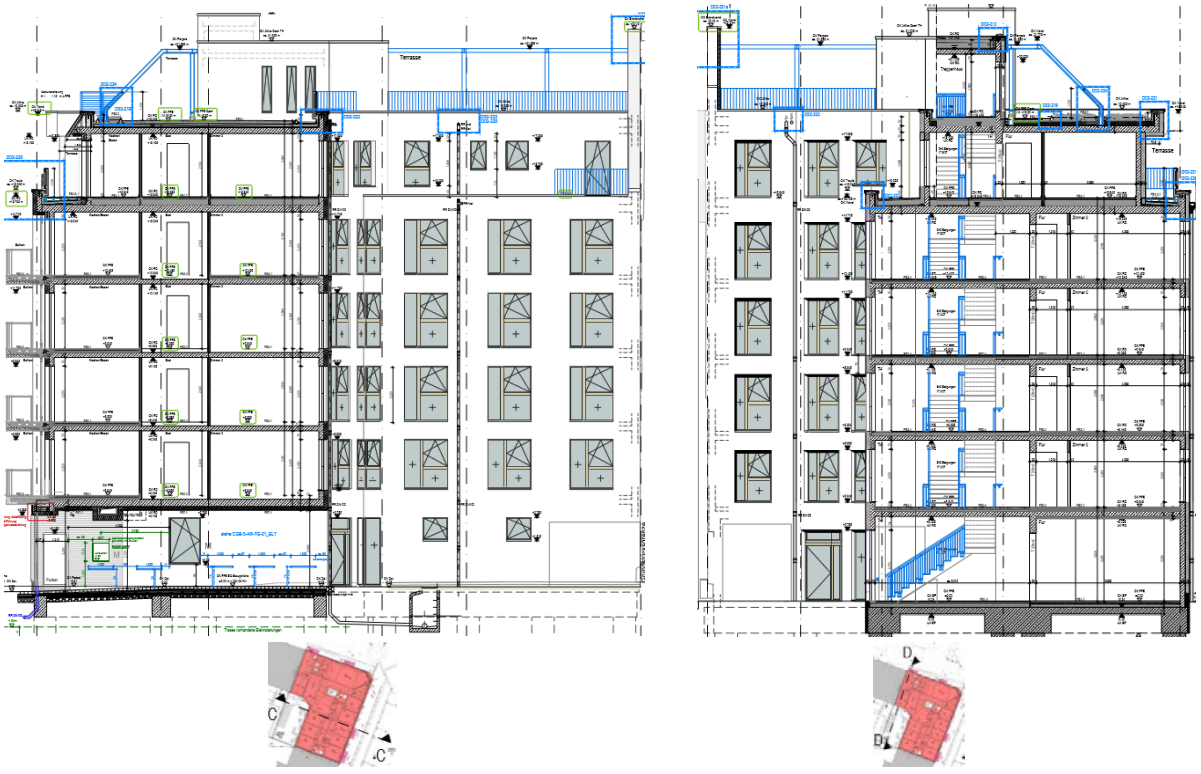


Grundriss 5. OG (links), Grundriss DG mit Dachterrasse und Gründach (rechts), Quelle: AIC Ingenieurgesellschaft für Bauplanung Chemnitz GmbH

Schnitte



Schnitt A-A (links), Schnitt B-B (rechts), Quelle: AIC Ingenieurgesellschaft für Bauplanung Chemnitz GmbH



Schnitt C-C (links), Schnitt D-D (rechts), Quelle: AIC Ingenieurgesellschaft für Bauplanung Chemnitz GmbH

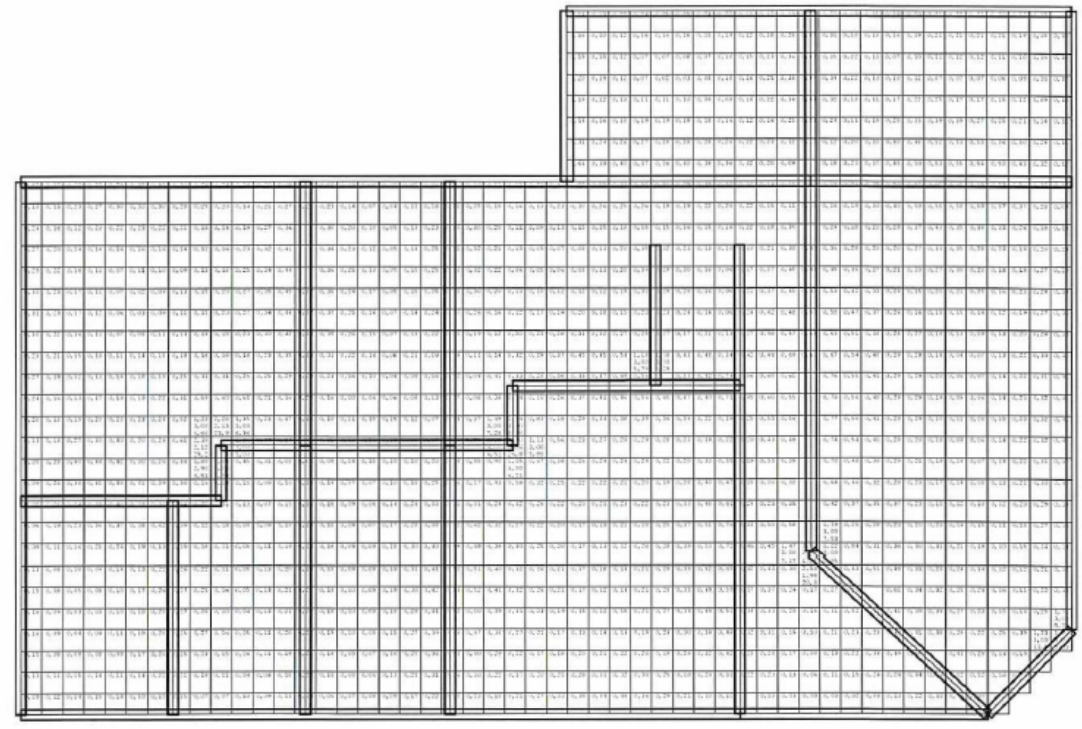
1. Bauzeitverkürzung durch modulares Bauen

Für das modulare Bauen kommen zwei Bautechnologien in Betracht. Die erste Möglichkeit sind Raummodule und die zweite sind Fertigteile. Beide werden in einem Werk vorgefertigt und mittels Lkw zur Baustelle transportiert und mit Hilfe eines Krans montiert. Die Brückendurchfahrtshöhen beschränken die Geschosshöhe der Module. Beim Wohnungsbau liegt die Geschosshöhe i.d.R. nicht über 3,20 m, so dass für diese Nutzung keine Beschränkung vorliegt.
Raummodule sind dann vorteilhaft, wenn eine große Anzahl an gleichartigen Räumen gebaut wird. Die Module sind statisch selbsttragend und können horizontal und vertikal aneinandergefügt werden. Der Vorfertigungsgrad kann bis zu 80 % betragen. In den meisten Fällen enthalten die Module alle technischen Installationen, soweit sie sich integrieren lassen. Die Außenwandbekleidung wird erst nach der Aufstellung angebracht. Damit ist die Gestaltungsfreiheit analog zum konventionellen Bauen hoch und Wärmebrücken werden vermieden.
Auch für Bäder gibt es Raummodule, die anschlussfertig hergestellt und i.d.R. in die Geschosse mit einem Kran gehoben und dann reingezogen werden. Ein geschossweises Hineinheben der Module ist auch denkbar, aber logistisch nicht effizient.

Fertigteile gibt es für Wände, Decken, Treppen und Dächer. Am Verbreitetsten sind Stahlbeton- und Holzfertigteile. Beide lassen sich gut in Tafeln vorfertigen und mit dem Lkw transportieren. Der Vorfertigungsgrad der Fertigteile kann bei Wänden bis zu 100 % betragen. Bei Decken ist er geringer, da der Bodenbelag und die Abhangdecken nachträglich montiert werden müssen. Im Geschosswohnungsbau werden bei allen Bauweisen (Modulbau, Fertigteilbau, monolithischer Bau) für die Treppen Stahlbetonfertigteile verwendet. Diese werden entweder in Sichtbetonqualität hergestellt oder mit Fliesen, Platten oder einer Beschichtung belegt.

Zu Projektbeginn wurden die Varianten diskutiert und Vergleiche vorgenommen. Die Modulbauweise wurde nach der Analyse des statischen Systems nicht weiterverfolgt. Die Lage der tragenden Wände hätte keine annähernd gleichen Module ergeben. Die Außenwände verlaufen nicht rechtwinklig zu den Innenwänden, so dass jedes Modul eine Einzelanfertigung gewesen wäre.

Durchgang von der Elisenstraße in den Hof



Brühl

Gebäudegrundriss mit den tragenden Außen- und Innenwänden, Quelle: Statik, AIC

Ebenso wurden Badfertigzellen nicht weiterbetrachtet, da die Badgrundrisse verschieden und die Anzahl gleicher Bäder einstellig gewesen wäre. Für die Einhaltung von „ready“ ist die Anordnung der Badausstattung (Waschbecken, Dusche, WC-Becken) sowie die Lage der Tür unterschiedlich, so dass die Anzahl gleichartiger Badfertigzellen sehr gering wäre. Ein Kostenvorteil wird i.d.R. erst ab ca. 100 Badfertigzellen erzielt.

Bei der Auswahl geeigneter Fertigteile bestand anfangs das Ziel, die Außenwände ohne eine zusätzliche Dämmung zu versehen. Für das Projekt wurde daher die Eignung von Liapor-Massiv-Elementen für Wände, Decken und Dach untersucht. Für die Herstellung von Liapor wird ein Ton verwendet, der sich in der Jurazeit im Meer ablagerte. Dieser wird fein gemahlen, granuliert und ohne chemische Zusätze bei 1.200 °C in einem dreistufigen Drehrohrofen gebrannt und gebläht. Aus 1 m³ Ton entstehen ca. 5 m³ Liapor. Die von Luftporen durchsetzten keramischen Liapor-Tonkugeln mit Klinker-Außenschale haben sehr gute konstruktive und bauphysikalische Eigenschaften. Aus den Liapor-Kugeln können unterschiedliche Liapor-Leichtbeton-Bauteile gegossen werden Da die Baufläche ein wesentlicher Begrenzungsfaktor des Projektes war, musste auch bei der Konstruktionsgrundfläche gespart werden, so dass eine Wandstärke von 36,5 cm gewählt wurde. Diese besteht bei einem U-Wert, der dem des EnEV-Referenzgebäudes entspricht, aus einer 20 cm Liapor-Tragschicht und 16,5 cm Liaver-Dämmschicht.

Liapor-Massiv-Wand in cm	Liaver-Wärme-dämmschicht in cm	Wanddicke in cm	U-Wert* [W/(m²K)]
20	10,0	30,0	0,37
26,5	10,0	36,5	0,32
20	16,5	36,5	0,28
32,5	16,5	49,0	0,23

U-Werte für verschiedene Wandaufbauten aus Liapor (Tragschicht) und Liaver (Dämmschicht)
Quelle: Liapor GmbH & Co. KG, Produktkatalog

Die Wandlängen sind entsprechend der maximalen Transportlänge herstellbar.
Die Decken haben eine maximale Spannweite von 7,5 m, die für das Projekt ausreichend gewesen wäre.

Die Liapor-Vollmassiv-Decke in Zahlen

Betonrohdichte	ρ_d = 1,3-1,5 kg/dm³
Flächengewicht	270-310 kg/m² (bei d = 0,20 m)
Betongüte	LC16/18 bis LC25/28 nach DIN 1045-1
Bemessungswert der Wärmeleitfähigkeit	λ = 0,50-0,60 W/(mK) nach Z-23.11-1244
Plattenbreite bis	2,40 m
Stützweite	Typenstatik bis 7,5 m
Spannschloss	nach DIN 1480

Produktdaten, Verbindungsmittel und Verguss von Liapor-Decken, Quelle: Liapor GmbH & Co. KG, Produktkatalog

Die Deckenelemente werden mit Spannschlössern zusammengezogen, so dass sich punktuell biegesteife Verbindungen ergeben. Danach werden die Fugen sowie die Mulden mit den Spannschlössern mit Beton vergossen. Der Vorentwurf wurde mit den Maßvorgaben des Liapor-Systems erstellt und durch die Fachplaner (Statik, Wärmeschutz, Schallschutz) auf Eignung überprüft. Die Ergebnisse waren wir folgt.

Statik

Die Bauweise mit Liapor-Massiv-Elementen ist für max. 4 Vollgeschosse vorgesehen. Für das Projekt mit Keller und 6 Vollgeschossen würde das bedeuten, den Keller und das Erdgeschoss aus Beton-Fertigteilen (Hohlwände mit Ortbeton vergossen) und das 5. OG (Staffelgeschoss) zur Lastminderung in Holzbauweise auszuführen.
Da der Grundriss im EG wegen des Studenten-Café nicht mit dem des 1. OG übereinstimmt, müsste das EG für die Lastabtragung ohnehin Unterzüge erhalten. Grundsätzlich wäre die dargestellt Bauweise möglich gewesen.
Nach dem 1 Baugrundgutachten, dass keinen tragfähigen Baugrund bescheinigte, drohte das Bauvorhaben aufgrund der entstehenden Mehrkosten zu scheitern.

Auszug aus dem 1. Baugrundgutachten:

„Entsprechend den Erkundungsergebnissen ist einzuschätzen, dass am geplanten Standort bis in eine Tiefe von ca. 6,5 m eingeschränkt tragfähige Böden vorkommen können. Von einer Flachgründung ist deshalb abzuraten. Überschlägige Setzungsberechnungen haben für eine lastabtragende Bodenplatte Setzungen in einer Größenordnung von teilweise > 10 cm ergeben, die als bauwerksunverträglich gelten. Die bindigen Verwitterungsböden sind bei der meist nur steifen Konsistenz nicht für die Lastaufnahme des geplanten Mehrfamilienhauses geeignet."
Auf der Grundlage dieser Einschätzung wurde eine Tiefgründung mit Pfählen empfohlen.

Für die Forschungsbegleitung und die Tragwerksplaner von AIC war nicht einsehbar, dass die möglichen Setzungen nach einer Bebauung zu nicht zulässigen Rissgrößen führen würden, wenn die Nachbarbebauungen mit freistehenden Giebeln keine derartigen Risse zeigten.
Die Forschungsbegleitung empfahl ein zweites Baugrundgutachten von Sachverständigen, die bereits in der Chemnitzer Innenstadt Bauvorhaben begleitet haben, einzuholen. Das erfolgte und das Ergebnis war wie folgt.

Auszug aus dem 2. Baugrundgutachten:

„Anhand eigener Erfahrungen aus Baugrunduntersuchungen in der Innenstadt von Chemnitz (z.B. Mittelstandsmeile, Galerie Roter Turm, Peek & Cloppenburg, Kaufland) wurden die in den Baugrundgutachten vorab ermittelten Steifezahlen anhand von Plattendruckversuchen in der Baugrubensohle und anhand von Kompressionsversuchen (Oedometerversuche) bestätigt. Ausgehend von der vorliegenden Überdeckungsmächtigkeit und den resultierenden Bodenspannungen können somit für den Porphyrtuffzersatz Steifezahlen von Es = 17...35 MN/m², und damit **deutlich höhere Werte als in [U1]** *mit dort angegebenen Es = 10 MN/m²* **abgeleitet werden.**
Ausgehend von den vorliegenden Planungsunterlagen [U3] liegt die Baugrubensohle ca. 3,3 m unter Gelände. Die Gründungssohle wurde daher in ca. 3,4 m Tiefe angenommen. Unter diesen Bedingungen ergaben sich wahrscheinliche Setzungen von s = 3,0 cm.
Es wird somit eingeschätzt, dass eine Flachgründung des unterkellerten Gebäudes mit Bodenplatte möglich ist. *Die Setzungen stellen sich zum größten Teil (60%-70%) bereits in der Bauphase ein. In der Baugrubensohle ist der Lehm vollständig auszuheben und mit Schotter oder Magerbeton auszutauschen. Bei Durchsicht der Unterlagen wurde festgestellt, dass im südlichen Bereich des Baugeländes, im Anschluss an das Gebäude 63 keine Aufschlüsse vorhanden sind. Es wird empfohlen, in diesem Bereich zumindest noch 2 schwere Rammsondierungen durchzuführen, um sicherzustellen, dass die Bodenschichtung im gesamten Baugelände gleichmäßig ist.*

Für den Bodenaustausch wäre eine wasserdichte Baugrube notwendig gewesen, die mit einem normalen Verbau nicht hätte sichergestellt werden können. Das Rammen von Spundwänden wurde wegen der Erschütterungsfolgen für die Nachbarbebauung ausgeschlossen.
Daher wurden drei Varianten zur vorliegenden Planung erstellt und bezüglich Kosten und Zeit bewertet.

Die Variante 1 (Kostenberechnung 06/2017) ist ein Neubau mit Keller und einer Baugrubensicherung mit Bohrpfählen gemäß dem 1. Baugrundgutachten.
Die Variante 2 (Kostenberechnung 09/2017) ist ein Neubau mit Keller und einer Flachgründung gemäß dem 2. Baugrundgutachten.
Die Variante 3 (Kostenanschlag 12/2017) ist ein Neubau ohne Keller und einer Flachgründung.
In allen drei Varianten werden Bohrpfähle für die Giebelwände und die Auflager der Betonbalken unter der Bodenplatte benötigt.

	Kostenschätzung 06/2016	Kostenberechnung 06/2017	Kostenberechnung 09/2017	Kostenanschlag 12/2017	Kostenfeststellung 06/2019
Keller	ja	ja, Tiefgründung	ja, Flachgründung	nein	nein
bebaute Fläche	432,00 m²			375,70 m²	
BGF (a+b)	2.961,40 m²			2.452,30 m²	
WF	1.498,20 m²			1.319,10 m²	
WF + GF	1.655,00 m²			1.460,38 m²	
WF / BGF(a+b)	0,51			0,54	
KG 200-700 (brutto)	3.357.870 €	4.901.112 €	3.784.044 €	3.505.555 €	3.661.680 €
KG 200-700 / BGF (a+b)	1.134 €	1.655 €	1.278 €	1.429 €	1.493 €
KG 200-700 / WF	2.241 €	3.271 €	2.526 €	2.658 €	2.776 €
Anteil an KG 200-700	100%	146%	113%	104%	109%

Übersicht der Kostenermittlungen nach DIN 276 im Projektverlauf

Der Unterschied zwischen den Kostenberechnungen der Varianten 1 und 2 beträgt 1.117.068 €. Bezogen auf die Kostenschätzung wäre das eine Kostensteigerung von 46 %. Da diese Kosten das Budget weit überschritten, wurde die Variante 3 umgesetzt. Die Umsetzung der Variante 1 hätte außerdem zu einer Bauzeitverlängerung für den Baugrubenverbau von ca. 3 Monaten geführt. Da die Baugrunduntersuchungen und Umplanungen bereits zur Verschiebung des Baubeginns von 07/2017 auf 03/2018 geführt hatten, wurde die Entscheidung zugunsten der Variante 3 gefällt. Für das Gesamtprojekt bedeutete das eine Verlängerung um 7 Monate auf 06/2019.

Auf die Verwendung von Fertigteilen aus Liapor hat die Entscheidung ohne Keller zu bauen keinen Einfluss. Aber die Baugrundsituation und die sich einstellenden Setzungen werden durch eine Leichtbetonkonstruktion, d. h. eine geringere Lasteintragung begünstigt, aber die Rissbegrenzung wäre schlechter.
Aus der Statik heraus konnte keine eindeutige Entscheidung für oder gegen Liapor-Fertigteile getroffen werden.

Wärmeschutz

Der mit Liapor realisierbare U-Wert der Außenwand entspricht dem U-Wert des EnEV-Referenzgebäudes. Die EnEV verlangt seit 01.01.2016 eine Unterschreitung des Primärenergiebedarfes des Referenzgebäudes von 25 %. Die Wärmeversorgung am Standort ist Fernwärme mit einem Primärenergiefaktor von 0,7 und einem erneuerbaren Anteil von 2,75 %. Da die Erfüllung der Primärenergiebedarfsanforderung durch die Gebäudehülle (Außenwand hat einen Flächenanteil von ca. 50 %) sowie die Wärmeversorgung maßgeblich beeinflusst wird, war zu prüfen, ob ein U-Wert von 0,28 W/(m²K) und ein Primärenergiefaktor von 0,7 unter Beibehaltung der Fensterflächenanteile eine EnEV-Erfüllung ermöglicht. Ein Pelletkessel hätte die EnEV-Erfüllung sichergestellt. Der Platzbedarf für Kessel und Lagerraum stand allerdings nicht zur Verfügung.
Der Primärenergiebedarf lag 29 ,1 % unter dem des Referenzgebäudes und würde die EnEV-Anforderung von mindestens 25 % erfüllen.

Schallschutz

Zur Einschätzung des Schallschutzes der Liapor-Fertigteile erfolgte eine Bewertung nach DIN 4109 durch die Dr. Blechschmidt & Reinhold GmbH. Diese berücksichtigte sowohl die Nutzung als Studentenwohnheim als auch eine Nachnutzung mit unterschiedlichen Wohnungsgrößen (2- und 4-Raumwohnung).

Auszug aus der Stellungnahme

„Zu den monolithischen Außenwänden aus Leichtbeton der Rohdichte 500 kg/m³ (Klimapor/Liapor-Massiv-Wand) in Fertigteilbauweise (Rw,R(d = 42,5 cm) = 46 dB/ Rw,R(d = 36,5 cm) = 44 dB) ist aus schalltechnischer Sicht festzustellen, dass aufgrund der relativ ruhigen Lage des Gebäudes an einer Fußgängerzone/Anliegerstraße bzw. zum Quartiershof hinsichtlich des Schallschutzes gegen Außenlärm keine Bedenken bestehen.
Hinsichtlich der flankierenden Schallübertragung bei trennenden Bauteilen zwischen fremden Wohnungen und Arbeitsbereichen und der Empfehlung einen der Nutzung entsprechenden höheren Schallschutz nach Beiblatt 2 der DIN 4109 umzusetzen, ist von diesen leichten Außenwänden abzuraten. Selbst für den bauordnungsrechtlich zu erbringenden Mindestschallschutz nach DIN 4109 sind an den Bauteilanschlüssen schalltechnische Maßnahmen, wie das Einbinden der Wohnungstrennwände und Treppenhauswände in die Außenwand und Anordnung von Plattenstößen im Anschlussbereich dieser Wände erforderlich.
Zum Erreichen des Mindestschallschutzes für die gemäß Nachnutzungskonzept in Trockenbauweise zu errichtende eine Wohnungstrennwand je Geschoss wäre eine Trennung der Leichtbetonschale über den gesamten Querschnitt oder das Anbringen von Gipskartonvorsatzschalen an der Innenseite der flankierenden Außenwände erforderlich. Planungssicherheit ist zudem aufgrund fehlender schalltechnischer Kennwerte für die Leichtbetonkonstruktion nicht in ausreichendem Maße gegeben. Der erhöhte Schallschutz sowie der Schallschutz zwischen Gemeinschafts- und Wohnräumen kann mit den leichten Außenwänden nicht erreicht werden.
Deutlich einfacher und unkomplizierter sind sowohl der Mindestschallschutz nach DIN 4109 als auch ein erhöhter der Nutzung entsprechender Schallschutz bei Ausführung einer mehrschaligen Außenwand mit schwerer innerer Tragschale z.B. in Fertigteilbauweise aus Stahlbeton zu erreichen.“

Entscheidungsempfehlung

Die statischen und energetischen Anforderungen wären mit den Liapor-Fertigteilen erfüllbar. Der innere Schallschutz wäre nicht erfüllt. Daher wurde gemeinsam mit dem Planerteam und dem Bauherrn die Umplanung auf Stahlbetonfertigteile (Beton-Hohlwände und Filigrandecken) entschieden.

Gebäudegrundriss mit den tragenden Außen- und Innenwänden, Quelle: Statik, AIC

Die Hohlwände werden aufgestellt, mit Fußbrettern und Stützen positioniert und anschließend wird die Platten verbindende Bewehrung eingelegt. Die Öffnungen für die Schächte sind ausgespart und die Leerrohre und Dosen für die Elektroinstallation sind in den Fertigteilen integriert. Die Kabelführung erfolgt über den Fußboden in die Wände. Für den Umnutzungsfall wurden an Stellen, wo eine zusätzliche Verbindungstür benötigt wird, heraustrennbare Felder mit geringerer Bewehrung in den Fertigteilen vorgesehen.
Die Oberflächen der Fertigteile sind i.d.R. malerfertig. Da die Fugen verfüllt und zusammen mit den Bohrlöschern und Abplatzungen gespachtelt werden mussten, wurde vor dem Innenanstrich ein Malervlies aufgebracht.

Das Verfüllen der Hohlwände erfolgt geschossweise.
Der Terminplan sah eine Herstellung des Rohbaus in 5 Monaten vor. Durch die verspätete Lieferung wurde dieser erst nach 7 Monaten fertiggestellt. Das hatte aufgrund der Winterzeit (Dezember) zusätzlich zur Folge, dass ein Notdach aufgebracht werden musste.

Die Tragkonstruktion besteht aus folgenden Bauteilen.

- Gründung
  664 m Bohrpfähle bis max. 14,5 m tief, D = 88 cm
  Streifenfundamente als Pfahlkopfbalken 140 x 75 cm (Ortbeton C30/C37)
  Streifenfundamente 100 x 75 cm (Ortbeton C30/C37)
- Bodenplatte
  30 cm Kies
  5 cm unbewehrter Beton C16/20
  25 cm WU-Beton
  8 cm EPS-Dämmung
- Decken
  EG: Filigrandecken d = 20 cm (d = 25 cm über Cafe, d = 30 cm über Durchgang zum Hof)
  1.-3. OG: Filigrandecken d = 20 cm
  4. OG: Filigrandecken d = 30 cm
  5. OG (Dachterrasse): Filigrandecken d = 25 cm
  verschiedene Stahlbetonunterzüge (Ortbeton)
  Trittschalldämmung d = 30 mm
- Außenwände
  Stahlbeton-Hohlwände (Verbindung mit Bewehrung und Betonverfüllung erfolgen vor Ort)
  Giebelwände d = 25 cm
  Fassadenwände d = 20 cm
  Sockelbereich d = 14 cm, EPS-Hartschaum
  EG mit Klinkerriemchen: Steinwolle-WDVS d = 14 cm
  1.-5. OG mit Putz: Steinwolle-WDVS d = 16 cm
- Tragende Innenwände und Stützen
  Stahlbeton-Hohlwände d = 25 cm
  Stahlbeton-Stützen 25 x 25 cm und Ø 25 cm

Hohlwände des 2. OG werden verfüllt, eigene Aufnahme

Die großen Stahlbeton-Anteile wirkten sich negativ auf die Ökobilanz aus. Der Anteil der Baukonstruktion am Treibhauspotenzial des Gebäudes im Lebenszyklus beträgt 45 %.
Für die Dämmung der Fassade wurde ein WDVS aus Mineralwolle gewählt. Dieses ist zwar teurer als EPS, erfüllt aber die Brandschutzanforderungen an eine Fassade der Gebäudeklasse 5. Ein WDVS aus EPS ist zwar schwerentflammbar, benötigt aber zusätzlich Brandriegel aller zwei Geschosse oder einen Sturzschutz über jeder Öffnung (jeweils mit Mineralwolle). Der Materialwechsel wäre aufgrund der Balkone und relativ vielen Öffnungen zu aufwendig und der Kostenvorteil wäre insgesamt gering. Daher entschied man sich, nur den Sockelbereich mit EPS-Hartschaumplatten auszuführen.
Für die Fassadendämmung wurde „Coverrock® II“ von Rockwool, eine nichtbrennbare Putzträgerplatte aus Steinwolle mit WLG 035 und hochverdichteter Oberlage verwendet.

Fassadendämmung im EG, eigene Aufnahme

Diese Vorbeschichtung ermöglicht eine sehr gute Putzhaftung und einfachere Verdübelung. Eine maschinelle Verarbeitung des Klebemörtels auf dem Untergrund sowie Putzauftrag ohne Pressspachtelung ist ebenso möglich.

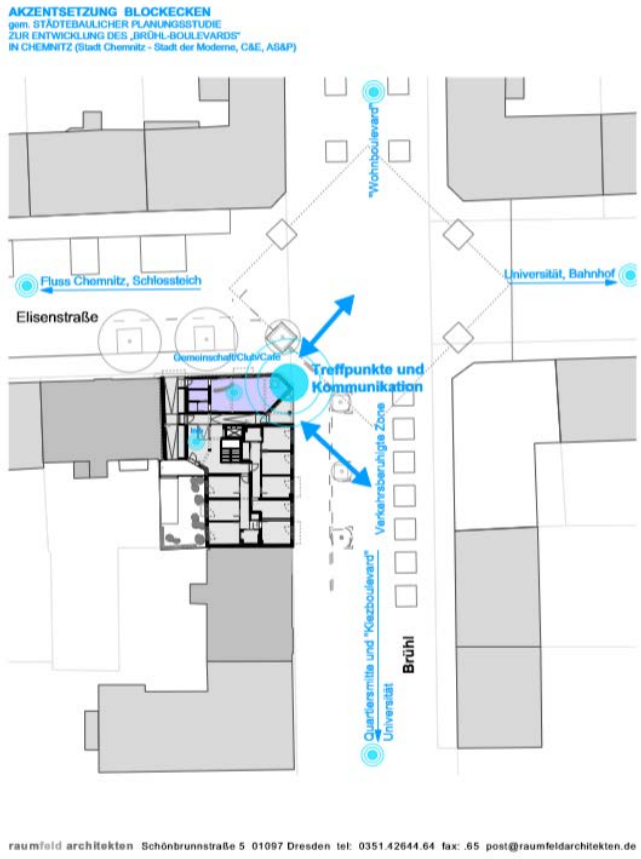
Die Bauzeit konnte mit den Betonfertigteilen von 18 Monaten (monolithische Bauweise) auf 16 Monate verkürzt werden. Die angestrebte Verkürzung auf 14 Monate konnte nicht erreicht werden, da der Hersteller nicht alle Fertigteile pünktlich lieferte. Der Bauablauf wurde daraufhin angepasst, allerdings konnten nicht alle Nachfolgegewerke flexibel reagieren, da sie auf anderen Baustellen bereits eingeplant waren. Das ist eine Erfahrung, die man für das Bauen mit Fertigteilen verallgemeinern kann. Durch die Maßanfertigung ist ein Wechsel des Anbieters nur mit hohem Zeitverlust möglich. Hier könnte theoretisch mit einem größeren Vorlauf gearbeitet werden, aber der Lieferant (=Hersteller) taktet seine Fertigung entsprechend der Liefertermine, um die Lagerkapazität zu begrenzen.

b. Gemischte Nutzung und flexible Nachnutzung, räumliche und gestalterische Qualitäten

Der Standort liegt 1,5 km nördlich vom direkten Stadtzentrum und wichtige Zielorte für Studenten sind fußläufig schnell erreichbar.

1. Bahnhof Chemnitz, 11 min
2. Stadtzentrum, 12 min
3. Schlossteich, 12 min
4. TU Chemnitz, 12 min

Der Standort ist sehr funktional, da er mit dem Fahrrad oder Pkw erreichbar ist und aufgrund der Lage an der Fußgängerzone (die ihre Urbanität noch entwickeln wird) keinem Verkehrslärm ausgesetzt ist. Damit sind beste Voraussetzungen für Studierende gegeben.



Lage des Grundstücks „Brühl 65“ in Bezug zu wichtigen Zielorten für Studenten

Alle 18 Wohnungen des Gebäudes sind 3-Raumwohnungen bestehend aus drei Wohnräumen, einer Küche, einem Bad und einem Flur mit einer Abstellfläche. Die 4 Wohnungen pro Geschoss sind vom 1. bis 4. OG identisch. Die Wohnräume haben eine Grundfläche von 14 m². An jeder Küche befindet sich ein Balkon. Die Balkone befinden sich an der Elisenstraße und dem Brühl. Der Brühl ist eine Fußgängerzone und die Elisenstraße geht mit Beginn des Gebäudes in einen kleinen Platz des Brühl-Boulevards über. Damit sind die Balkone ruhig gelegen. Die Attraktivität der Süd-Ost Balkone zum Brühl ist höher als die der Nord-Ost Balkone zur Elisenstraße. Die Wohnungsgrößen bewegen sich zwischen 68 und 78 m² bis auf die Wohnung 18. Diese ist vollständig barrierefrei gebaut und hat 104 m².

WOHNFLÄCHENBERECHNUNG gesamt

FLÄCHENBERECHNUNG (nach WoFlV 25.11.2003)			ermittelte Grundfläche	Anrechnungsfaktor	
Nr.	Wohneinheit	Anzahl Zimmer	m²		= m²
1	OG 1 Wohnung 01	3	69,53	1	69,53
2	OG 1 Wohnung 02	3	68,30	1	68,30
3	OG 1 Wohnung 03	3	72,10	1	72,10
4	OG 1 Wohnung 04	3	74,23	1	74,23
5	OG 2 Wohnung 05	3	69,53	1	69,53
6	OG 2 Wohnung 06	3	68,30	1	68,30
7	OG 2 Wohnung 07	3	72,10	1	72,10
8	OG 2 Wohnung 08	3	74,23	1	74,23
9	OG 3 Wohnung 09	3	69,53	1	69,53
10	OG 3 Wohnung 10	3	68,30	1	68,30
11	OG 3 Wohnung 11	3	72,10	1	72,10
12	OG 3 Wohnung 12	3	74,23	1	74,23
13	OG 4 Wohnung 13	3	69,53	1	69,53
14	OG 4 Wohnung 14	3	68,30	1	68,30
15	OG 4 Wohnung 15	3	72,10	1	72,10
16	OG 4 Wohnung 16	3	74,23	1	74,23
17	OG 5 Wohnung 17	3	78,20	1	78,20
18	OG 5 Wohnung 18	3	104,30	1	104,30

Wohnfläche gesamt	**1319,10**
Flächen der Wohnfläche einschl. Gemeinschaftsraum/Hobby und Gemeinschaftsraum/Hobby/Fitness	**1460,38**

Die Wohnungen 1, 5, 9,13 und 17 haben Räume zur Elisenstraße und zum Hof.
Die Wohnungen 2, 6, 10 und 14 haben Räume zur Elisenstraße und zum Brühl.
Die Wohnungen 3, 7, 11 und 15 haben Räume zum Brühl.
Die Wohnungen 4, 8, 12, 16 und 18 haben Räume zum Hof und zum Brühl.

Damit haben drei von vier Wohnungen pro Geschoss zwei Fassadenseiten, so dass bei einer Umnutzung die jeweilige Raumnutzung (außer Küche) verändert werden kann.

Die Wohnungen 17 und 18 im 5. OG sind durch den Fitness-Raum getrennt, der von tragenden Wänden ohne Öffnungsfelder begrenzt ist. Damit sind im 5. OG keine Grundrissveränderungen möglich.

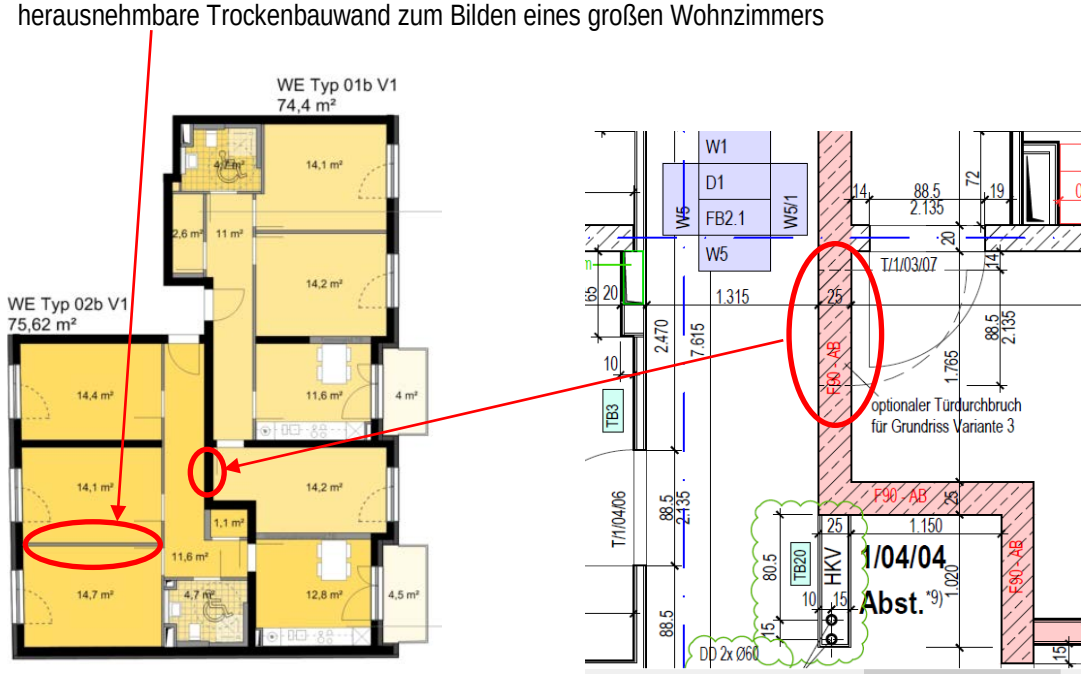
Eine Veränderung der Wohnungen wäre wie folgt möglich.

1. Aus zwei benachbarten 3-Raumwohung können eine 2-Raumwohnung und eine 4-Raumwohnung gebildet werden.
2. In den gebildeten 2- und 4-Raumwohnungen kann ein Wohnraum mit der Küche verbunden werden.
3. In der gebildeten 4-Raumwohnung können (ggf. zusätzlich zu 2.) aus zwei Wohnräumen ein großer Wohnraum gebildet werden.

Damit können für unterschiedliche Nutzergruppen folgende Wohnungen gebildet werden.

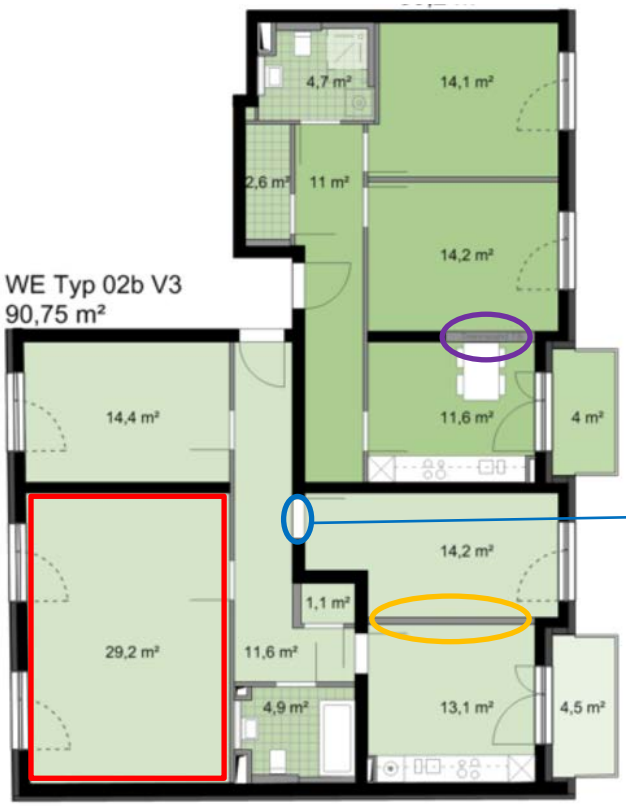
A) 2-Raumwohnung mit Wohnküche als Wohnung für Single sowie junge und ältere Paare
B) 2-Raumwohnung mit separater Küche für Paare oder als Wohngemeinschaft für zwei Azubis oder Studenten
C) 3-Raumwohnung mit Wohnküche als größere Wohnung für Paare
D) 3-Raumwohnung für Familien mit einem Kind oder als Wohngemeinschaft für drei Azubis oder Studenten (aktuelle Nutzung)
E) 3-Raumwohnung mit großem Wohnzimmer für Familien mit einem Kind
F) 3-Raumwohnung mit großen Wohnzimmer und kombiniertem Küche-Essbereich für Paare
G) 4-Raumwohnung für Familien mit zwei Kindern oder als Wohngemeinschaft für vier Azubis oder Studenten
Bei dieser Nutzung ist das Wohnzimmer mit 14,8 m² bzw. die Gemeinschaftsküche mit 12,8 m² für die meisten Bedarfe zu klein, so dass diese Variante wahrscheinlich nicht gewählt werden würde.
H) 6-Raumwohnung mit großen Wohnzimmer und kombiniertem Küche-Essbereich für Familien mit drei Kindern

Für das Zusammenschalten von zwei Räumen zweier Wohnungen oder von zwei Wohnungen sind in jedem Geschoss zwei Wohnungen (im 1. OG die Wohnungen 3 und 4) vorgesehen.
Da die Wohnungen durch tragende Wände (im Flur) voneinander getrennt sind, ist das Einbringen einer Öffnung für den Einbau einer Tür im Normalfall nicht möglich oder schwierig. Daher wurden an den relevanten Stellen gering bewehrte Stahlbeton-Hohlwände eingebaut. Die heraustrennbaren Felder sind durch eine Nut gekennzeichnet. Um die Felder ist die Bewehrung verstärkt, so dass die Felder selbst wenig Bewehrung enthalten. Diese dient nur für den Einbau, ist aber nach dem Verfüllen mit Beton für die Gewährleistung der Tragfähigkeit nicht notwendig.



Wohnungsgrundriss mit Kennzeichnung der Öffnungsmöglichkeiten für ein Zusammenschalten von zwei Wohnungen und zwei Räumen

Für alle Varianten ist der Einbau einer Türöffnung in der Flurwand von Wohnung 4 im 1. OG (2. bis 4. OG analog) notwendig. Die Bildung der Varianten C) bis H), ist durch das Herausnehmen der Trockenbauwände möglich. Bei der Installationsführung wurden die Umnutzungsfälle berücksichtigt.



Wohnungsgrundriss mit Kennzeichnung des großen Wohnzimmers (rot) der möglichen Öffnung für eine Tür (blau) und die Trockenbauwand zum Herausnehmen für die Bildung von Wohnküchen in der 2-Raumwohnung (lila) und der 3-/4-Raumwohnung (gelb)

Flurwand aus Stahlbeton (Fuge kennzeichnet Öffnungsmöglichkeit)

Wohnungsgrundriss mit Kennzeichnung eines Trennwandfeldes in Trockenbau zur Bildung einer Wohnküche in einer 2-Raumwohnung

Wohnungsgrundriss mit Kennzeichnung einer Trennwand zur Bildung einer Wohnküche in einer 4-Raumwohnung

Für die Größe des Objektes sind die Varianten der Umnutzung ausreichend, um sich langfristig an wechselnde. Marktbedarfe anpassen zu können.

c. Nachhaltigkeit

Der NaWoh-Pre-Check wurde am 03.05.2017 vor Abschluss der Entwurfsplanung erstellt. Dieser wies in allen zu bewertenden Kriterien mindestens den Erfüllungsgrad „erfüllt“ aus. Im Kriterium 4.1.1 Lebenszykluskosten lautete die Bewertung „deutlich übererfüllt“ und im Kriterium 4.1.2 Werthaltigkeit „übererfüllt“.
Eine Übererfüllung weiterer Kriterien wäre wünschenswert gewesen, wurde aber aufgrund des Kostendrucks, des kleinen Grundstücks und der fehlenden Außenanlage nicht erreicht. Dennoch wurden einige nachhaltige Lösungen für Details gefunden und umgesetzt, die nachfolgend beschrieben werden.
Neben den Einzellösungen wurden große Anstrengungen unternommen, die Barrierefreiheit gemäß dem „ready-Standard“, der auch ein Förderkriterium ist, sicherzustellen. Das war unter Einhaltung der Mindestflächen für die Wohnräume und Küchen sowie die Bereitstellung von Stauraum teilweise schwierig.

Ein besonderes Augenmerk wurde auf die Auswahl schadstoffarmer Bauprodukte gelegt. In Abstimmung mit dem Generalplaner wurden die Leistungsverzeichnisse um eine Anlage mit Anforderungen an schadstoffarme Bauprodukte ergänzt. Die Angebote der Bieter wurden bzgl. Erfüllung der Nachhaltigkeitsanforderungen positionsweise erfasst und geprüft. Für nicht zugelassene Bauprodukte wurden Alternativprodukte empfohlen. Der Einbau der freigegebenen Bauprodukte wurde durch 4 Stichprobenkontrollen auf der Baustelle überprüft.
Da das aktuelle NaWoh keine Qualitätsstufen vorgibt und die Anforderungen teilweise nicht aktuell sind (Stand 2011), wurde als Qualitätsmaßstab die Qualitätsstufe 4 des BNB-Kriteriums 1.1.6 verwendet. Diese Entscheidung wurde getroffen, um die nicht notwendige Raumluftmessung zu rechtfertigen. Die Messung wäre wünschenswert, aber der Zeitraum zwischen Fertigstellung und Möblierung wird max. 1 Woche betragen, so dass der Zeitraum für das Abklingen der Anfangsemissionen (nach AgBB bis 4 Wochen) zu kurz ist.

Nachhaltigkeitslösungen im Detail

Sommerlicher Wärmeschutz

Die Fassaden zum Brühl und zur Elisenstraße sind nord-östlich bis süd-östlich orientiert. Diese Orientierung bereitet bei Fensterflächenanteilen bis 40 % keine Probleme bei der Erfüllung des sommerlichen Wärmeschutzes. Der Eckraum des 4. OG hat 9,00 m² Fensterfläche (Rohbaumaß) und eine Grundfläche von 14,27 m². Das entspricht einem Fensterflächenanteil von ca. 63 %. Zusätzlich war die obere Raumbegrenzung eine Dachfläche zur Außenluft (Terrasse im 5. OG). Dieser Raum ist ein kritischer Raum im Sommer und die Einhaltung des sommerlichen Wärmeschutzes muss nach 4108-2 mit dem Sonneneintragskennwert (einfaches Tabellenverfahren) oder den Übertemperaturgradstunden (thermische Raumsimulation) nachgewiesen werden.

Dazu wurden folgende Varianten gebildet. Für alle Varianten wurde der Sonneneintragswert ermittelt. Die Varianten 4 bis 8 wurden simuliert.
Die Varianten 1 bis 3 haben eine Wärmeschutzverglasung und die Varianten 4 bis 8 eine Sonnenschutz-verglasung. Die Varianten 4 und 6 bis 8 haben einen g-Wert von 0,4 und die Varianten 5 einen sehr niedrigen g-Wert von 0,2. Diese Variante hat keinen Sonnenschutz.

	Variante 1	Variante 2	Variante 3	Variante 4	Variante 5	Variante 6	Variante 7	Variante 8
g-Wert der Verglasung	0,60	0,60	0,60	0,40	0,31	0,40	0,40	0,40
Senkrechtmarkise außen (Glasflächenanteil)	0%	0%	100%	0%	0%	44%	72%	100%
Rollo innen (Glasflächenanteil)	0%	100%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Bauart	schwer							
Nachtlüftung	erhöht: 2-fach							

Varianten für die Berechnung des sommerlichen Wärmeschutzes für Raum 4/14/06

Folgende Ziele wurden mit den Berechnungen und Simulationen verfolgt.

1. Kann die Größe der Fensterflächen erhalten bleiben (Fassadenansicht)
2. Ist eine Sonnenschutzverglasung notwendig?
3. Kann auf einen außenliegenden Sonnenschutz komplett oder teilweise verzichtet werden?

	Variante 1	Variante 2	Variante 3	Variante 4	Variante 5	Variante 6	Variante 7	Variante 8
Fensterflächen des Raumes (Rohbaumaße) [m2]	9,00	9,00	9,00	9,00	9,00	9,00	9,00	9,00
Grundfläche des Raumes [m2]	14,28	14,28	14,28	14,28	14,28	14,28	14,28	14,28
g-Wert der Verglasung	0,60	0,60	0,60	0,40	0,31	0,40	0,40	0,40
F_c Abminderungsfaktor der Sonnenschutzvorrichtung	1,00	0,70	0,30	1,00	1,00	0,69	0,50	0,30
vorhandener Sonneneintragskennwert	0,38	0,26	0,11	0,25	0,20	0,17	0,13	0,08

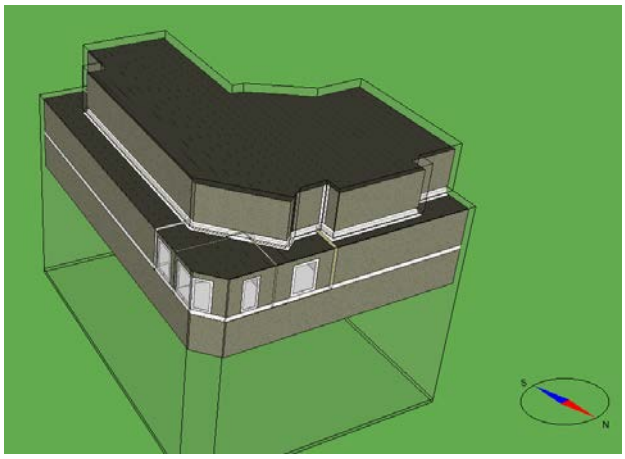
S1: Nachtlüftung und Bauart	0,113	0,113	0,113	0,113	0,113	0,113	0,113	0,113
S2a: Grundflächenbezogener Fensterflächenanteil f_{WG} (a)	0,060	0,060	0,060	0,060	0,060	0,060	0,060	0,060
S2b: Grundflächenbezogener Fensterflächenanteil f_{WG} (b)	0,231	0,231	0,231	0,231	0,231	0,231	0,231	0,231
S3: Sonnenschutzglas	0,000	0,000	0,000	0,030	0,030	0,030	0,030	0,030
S4: Fensterneigung	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
S5: Orientierung (Fenster)	0,028	0,028	0,028	0,028	0,028	0,028	0,028	0,028
S6: Einsatz passiver Kühlung	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
zulässiger Sonneneintragskennwert (Summe S1 - S6)	0,055	0,055	0,055	0,085	0,085	0,085	0,085	0,085

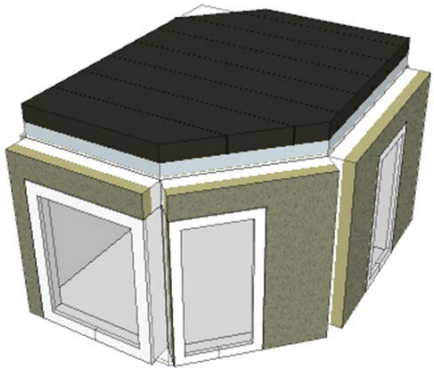
S_{vorh} / S_{zul}	S_{vorh} / S_{zul}	S_{vorh} / S_{zul}	S_{vorh} / S_{zul}	S_{vorh} / S_{zul}	S_{vorh} / S_{zul}	S_{vorh} / S_{zul}	S_{vorh} / S_{zul}
6,824	4,777	2,047	2,952	2,287	2,047	1,466	0,885

Berechnung des Sonneneintragskennwertes für 8 Varianten des Sonnenschutzes für Raum 4/14/06

Die Berechnung des Sonneneintragskennwertes ergab, dass trotz schwerer Bauweise und erhöhter Nachtlüftung alle Fenster des Raumes Sonnenschutzgläser und eine Senkrechtmarkise erhalten müssten.
Auch die Variante 5 mit einem niedrigen g-Wert von 0,2 hält den Sonneneintragskennwert ohne Sonnenschutz nicht ein. Da die Sonneneintragskennwerte der Varianten mit Wärmeschutzglas über einem Wert von 2 lagen, wurden diese Varianten nicht simuliert.

Für die Simulation wurde folgendes Gebäudemodell angelegt.





Modellgebäude der thermischen Raumsimulation, Eckraum Brühl/Elisenstraße 4. OG

Chemnitz liegt in der Sommerklimaregion B mit einem Anforderungswert von 26 °C. Der Nachweis mit einer Simulation entsprechend der Randbedingungen der DIN EN 4108-2 muss sicherstellen, dass die Übertemperaturgradstunden (Summe der Produkte aus Temperaturen über 26 °C und dem Überschreitungsmaß) auf 1.200 Kh begrenzt werden.

Tabelle 9 — Zugrunde gelegte Bezugswerte der operativen Innentemperatur für die Sommerklimaregionen und Übertemperaturgradstundenanforderungswerte

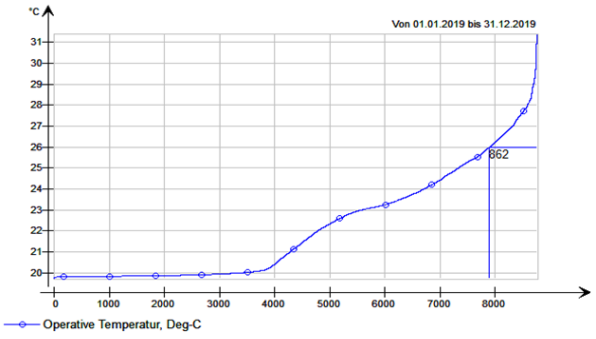
Sommerklimaregion	Bezugswert $\theta_{b,op}$ der Innentemperatur °C	Anforderungswert Übertemperaturgradstunden Kh/a	
		Wohngebäude	Nichtwohngebäude
A	25	1 200	500
B	26		
C	27		

DIN 4108-2, Tabelle 9: Übertemperaturgradstunden

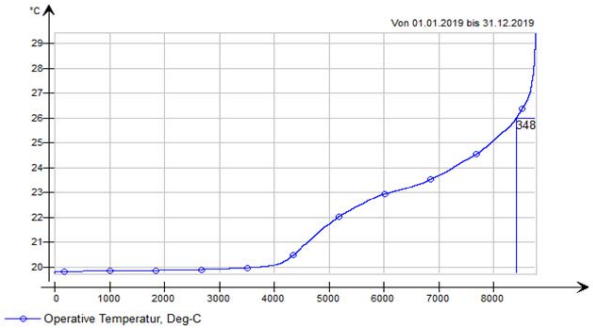
Auch bei der Simulation erfüllte die Variante 4 die Anforderungen der DIN 4108-2 nicht.
Gegenüber dem negativen Nachweis mit dem Sonneneintragskennwert ergab die Simulation für die Varianten 5 bis 8 ein positives Ergebnis, d. h. die Anforderung ≤ 1.200 Kh wurde erfüllt.

	Variante 4	Variante 5	Variante 6	Variante 7	Variante 8
> 26°C [Kh]	862	537	487	367	348
> 27°C [Kh]	449	218	176	110	100
> 28°C [Kh]	173	69	57	32	29
> 29°C [Kh]	66	13	11	8	7
> 30°C [Kh]	13	7	3	0	0
> 31°C [Kh]	8	0	0	0	0
Übertemperaturgradstunden gesamt	1.571	844	734	517	484

Übertemperaturgradstunden für die Varianten 4 bis 8



Häufigkeiten der operativen Temperaturen im Jahresverlauf, Variante 4



Häufigkeiten der operativen Temperaturen im Jahresverlauf, Variante 8

Der Ergebnisunterschied zwischen den beiden Verfahren zeigt sich in der Praxis häufig. Grund dafür sind die grob gerasterten Werte für S1 bis S6. Weiterhin wird beim Sonneneintragskennwert ein schweres Gebäude ab 130 Wh/(K m²) angenommen. Dabei spielt es keine Rolle ob das Gebäude einen Wert von 130 oder 200 hat. In der Simulation wird dieser Unterschied der höheren Speichermasse berücksichtigt.
Damit wäre für die Variante 5 zulässig, d. h. mit einem sehr guten Sonnenschutzglas wäre kein Sonnenschutz notwendig. Aus Sicht des Architekten war das die bevorzugte Lösung.
Nach der Auseinandersetzung mit dem farblichen Unterschied zwischen der Sonnenschutz- und der Wärmeschutzverglasung, die in der Fassade ein unruhiges Erscheinungsbild abgeben würde, wurde letztendlich die Variante 8, d. h. Sonnenschutz an allen drei Fenstern mit einem farblich nur leicht von den übrigen Wärmeschutzgläsern abweichenden Sonnenschutzglas umgesetzt.

Nachweis der Umsetzung des ready-Standards

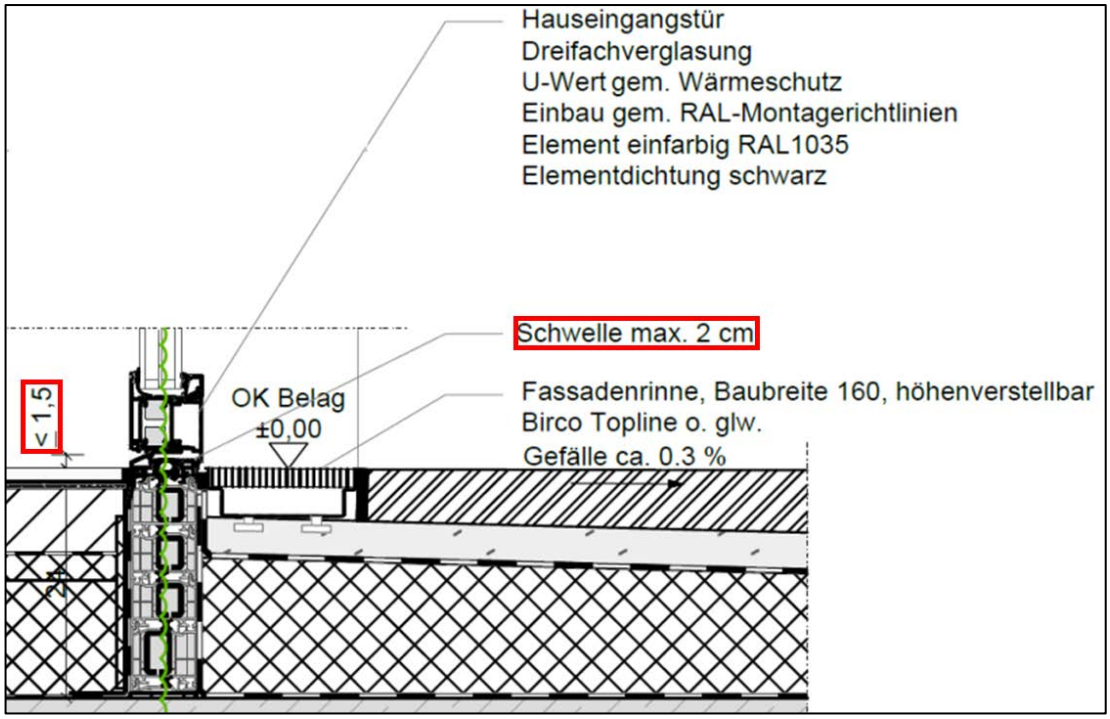
A1	Absatzfreie Zugänge	ready-Anforderung	Ist-Zustand
1.1	mit Aufzug in der Regel ab drei Vollgeschossen	vorbereitet	Aufzug vorhanden
	Nachweise: 28_Brühl 65_Los 11_Leistungsverzeichnis_Aufzugsanlage 06_Brühl 65_Grundriss_Dachgeschoss		
1.2	ohne Absätze, Schwellen, Stufen (Regelfall)	vorzugsweise	keine Schwellen > 2 cm im Bereich der öffentlichen Zugänge
	Nachweise: 15_Brühl 65_Detailplan_Hauseingangtür_Brühlseite 19_Brühl 65_Detailplan_Zugang_Hofseite 18_Brühl 65_Detailplan_Zugang_Gemeinschaftsraum_Brühlseite 02_Brühl 65_Grundriss_Erdgeschoss		

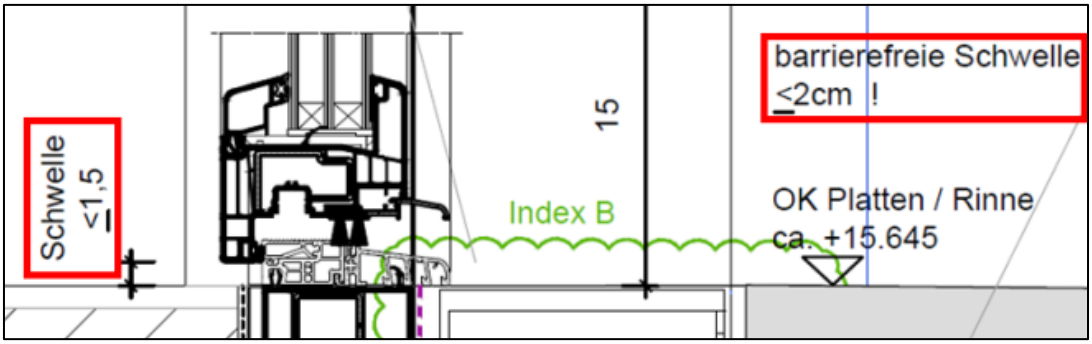
Leistungsverzeichnis

Gewerk **Los 11 - Aufzugsanlage**

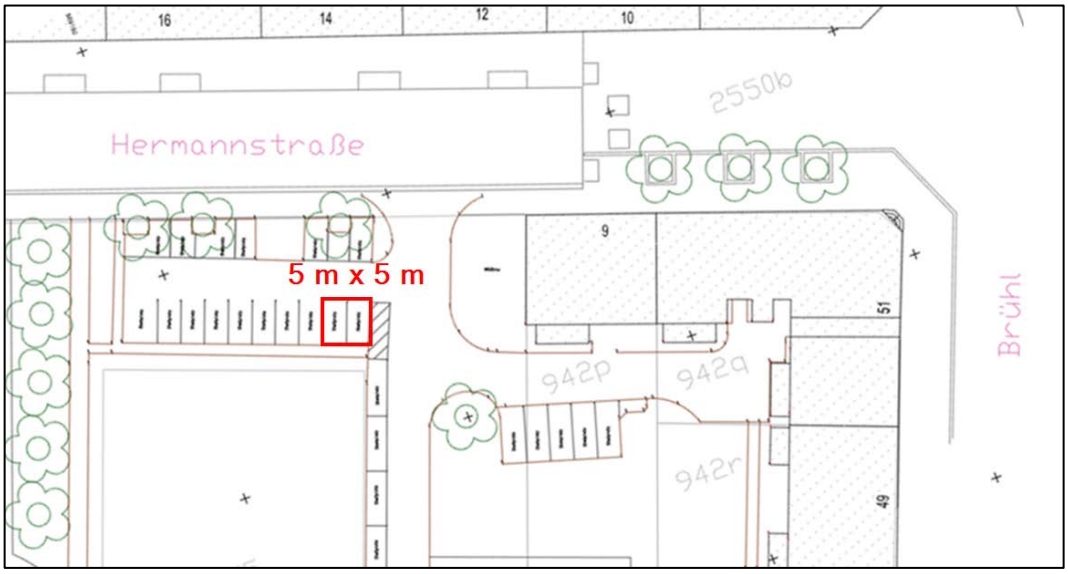
Bauvorhaben: **Brühl 65 - Neubau eines Mehrfamilienhauses**
09111 Chemnitz Brühl Ecke Elisenstraße

Bauherr: **GGG Grundstücks- und Gebäudewirtschafts-Gesellschaft mbH**
Clausstraße 10/12
09126 Chemnitz



A1	Absatzfreie Zugänge	ready-Anforderung	Ist-Zustand
1.3	Absätze Halbrundschwellen (Ausnahmefall)	≤ 2,0 cm	≤ 2,0 cm
	Nachweise: 15_Brühl 65_Detailplan_Hauseingangtür_Brühlseite 19_Brühl 65_Detailplan_Zugang_Hofseite 18_Brühl 65_Detailplan_Zugang_Gemeinschaftsraum_Brühlseite 16_Brühl 65_Detailplan_Türschnitt_Obergeschoss_5 17_Brühl 65_Detailplan_Türschnitt_Dachgeschoss 		
1.4	Genauigkeitsanforderungen (u.a. Absätze)	≤ 0,4 cm	≤ 0,4 cm
	Nachweise: Bestätigungsmail zur Einhaltung der Genauigkeitsanforderungen vom 04.06.2019 von Herrn Koch (AIC) an Herrn Sehmsdorf (raumfeld architekten), cc an Herrn Landgraf (STI) Hallo Herr Sehmsdorf, hiermit bestätigen wir Ihnen die Einhaltung der u.g. Genauigkeitsanforderungen. Mit freundlichen Grüßen i.V. Matthias Koch Dipl.-Ing. (BA) Leiter Kompetenzzentrum Tragwerksplanung und Konstruktion AIC Ingenieurgesellschaft für Bauplanung Chemnitz GmbH		
1.5	Fertigmaßtoleranzen (Messdistanz bis 3,0 m)	≤ 2,4 cm	≤ 2,4 cm
	Nachweise: Bestätigungsmail zur Einhaltung der Fertigmaßtoleranzen vom 04.06.2019 von Herrn Koch (AIC) an Herrn Sehmsdorf (raumfeld architekten), cc an Herrn Landgraf (STI) Hallo Herr Sehmsdorf, hiermit bestätigen wir Ihnen die Einhaltung der u.g. Genauigkeitsanforderungen. Mit freundlichen Grüßen i.V. Matthias Koch Dipl.-Ing. (BA) Leiter Kompetenzzentrum Tragwerksplanung und Konstruktion AIC Ingenieurgesellschaft für Bauplanung Chemnitz GmbH		

A2	Ausreichende Größen	ready-Anforderung	Ist-Zustand
2.1	PKW-Stellplatzbreite, mindestens zwei	≥ 2,50 m	Entsprechende PKW-Stellplätze auf einem Grundstück in der Nähe
	Nachweise: 14_Brühl 65_Bestandsplan_PKW-Stellflächen		



2.2	Wege, Flure – nutzbare Breite	≥ 90 cm – 1,20 m	≥ 90 cm – 1,20 m
	Nachweise: 01_Brühl 65_Lageplan_Aussenanlagen 02_Brühl 65_Grundriss_Erdgeschoss 03_Brühl 65_Grundriss_Obergeschoss_1 04_Brühl 65_Grundriss_Obergeschoss_4 05_Brühl 65_Grundriss_Obergeschoss_5 06_Brühl 65_Grundriss_Dachgeschoss		
2.3	Aufzug – Fahrkorbabmessung	≥ 1,10 m x 1,25 m	1,10 m x 2,1 m
	Nachweise: 28_Brühl 65_Los 11_Leistungsverzeichnis_Aufzugsanlage		

29.09.2017 **Seite 15 von 18**
GGG, Brühl 65 - Neubau Mehrfamilienhaus **Los 11 - Aufzugsanlage**

Position	Beschreibung	Menge	Einh	EP	GP
11.1.1	**Personenaufzug**				
	Tragfähigkeit:	1000 kg / 13 Personen			
	Geschwindigkeit:	1,0 m/s mit direkter Einfahrt.			
	Auslegung	180 Fahrten pro Stunde			
	Antrieb:	im Schacht angeordnet, ohne Maschinenraum			
	Schachtinnenmaße:	Breite: 1635 mm x Tiefe: 2510 mm			
	Schachtgrubentiefe:	1100 mm			
	Schachtkopfhöhe:	3520 mm			
	Förderhöhe:	18.800 mm			
	Haltestellen:	7			
	Türen:	7, einseitig, automatische Schiebetüren, zweiblättrig, seitlich öffnend			
	Türbreite:	900 mm (mind. erforderliche lichte Durchgangsbreite			
	Türhöhe:	2100 mm			
	Kabinenbreite:	1100 mm			
	Kabinentiefe:	2100 mm			
	Kabinenhöhe:	2200 mm			
	Steuerungsart:	Microprozessorsteuerung als 1-Knopf-Sammelsteuerung			
	Netzanschluss:	230/400 V, 50 Hz			

A2	Ausreichende Größen	ready-Anforderung	Ist-Zustand
2.4	Haus- Wohnungseingangs-Fahrschachttüren	≥ 90 cm	≥ 90 cm

Nachweise:
15_Brühl 65_Detailplan_Hauseingangtür_Brühlseite
19_Brühl 65_Detailplan_Zugang_Hofseite
27_Brühl 65_Los 7_Leistungsverzeichnis_Metallbau – enthält Hauseingangstür
26_Brühl 65_Los 6_Leistungsverzeichnis_Tischler – enthält Wohnungseingangstüren
28_Brühl 65_Los 11_Leistungsverzeichnis_Aufzugsanlage

7.5.3 Wie Position 7.5.1, jedoch

Alu-Glas-Element, Haupteingangstür, 1-flgl., 125 x 225 cm
Einbaufertiges Alu-Glas-Hauseingangstürelement, als Drehtür, liefern und einbauen komplett wie vor, abweichend:

Merkmale:
Lichte Öffnung b/h : ca. **125 x 225 cm**
Aufteilung: einflügelig
Lichte Durchgangsbreite Gehflügel mind. 105 cm

* Einbauort:
EG Haupteingang Brühl

6.4.3 Wie Position 6.4.1, jedoch

Wohnungsabschlusstür RC2, 42 dB, dicht + selbst schließend, 101/213 cm
Wohnungsabschlusstürelement als dicht und selbst schließendes sowie einbruchhemmendes, einbaufertiges Türelement, komplett wie vor, abweichend:

keine Anforderung an Barrierefreiheit
Obentürschließer trotzdem leicht gehend

* Einbauort:
Wohnungseingangstüren WHG 1-17

11.1.1 **Personenaufzug**

Tragfähigkeit:	1000 kg / 13 Personen
Geschwindigkeit:	1,0 m/s mit direkter Einfahrt.
Auslegung	180 Fahrten pro Stunde
Antrieb:	im Schacht angeordnet, ohne Maschinenraum
Schachtinnenmaße:	Breite: 1635 mm x Tiefe: 2510 mm
Schachtgrubentiefe:	1100 mm
Schachtkopfhöhe:	3520 mm
Förderhöhe:	18.800 mm
Haltestellen:	7
Türen:	7, einseitig, automatische Schiebetüren, zweiblättrig, seitlich öffnend
Türbreite:	900 mm (mind. erforderliche lichte Durchgangsbreite
Türhöhe:	2100 mm
Kabinenbreite:	1100 mm
Kabinentiefe:	2100 mm
Kabinenhöhe:	2200 mm

A2	Ausreichende Größen	ready-Anforderung	Ist-Zustand
2.5	Türen – nutzbare Durchgangsbreite	≥ 80 cm	≥ 80 cm

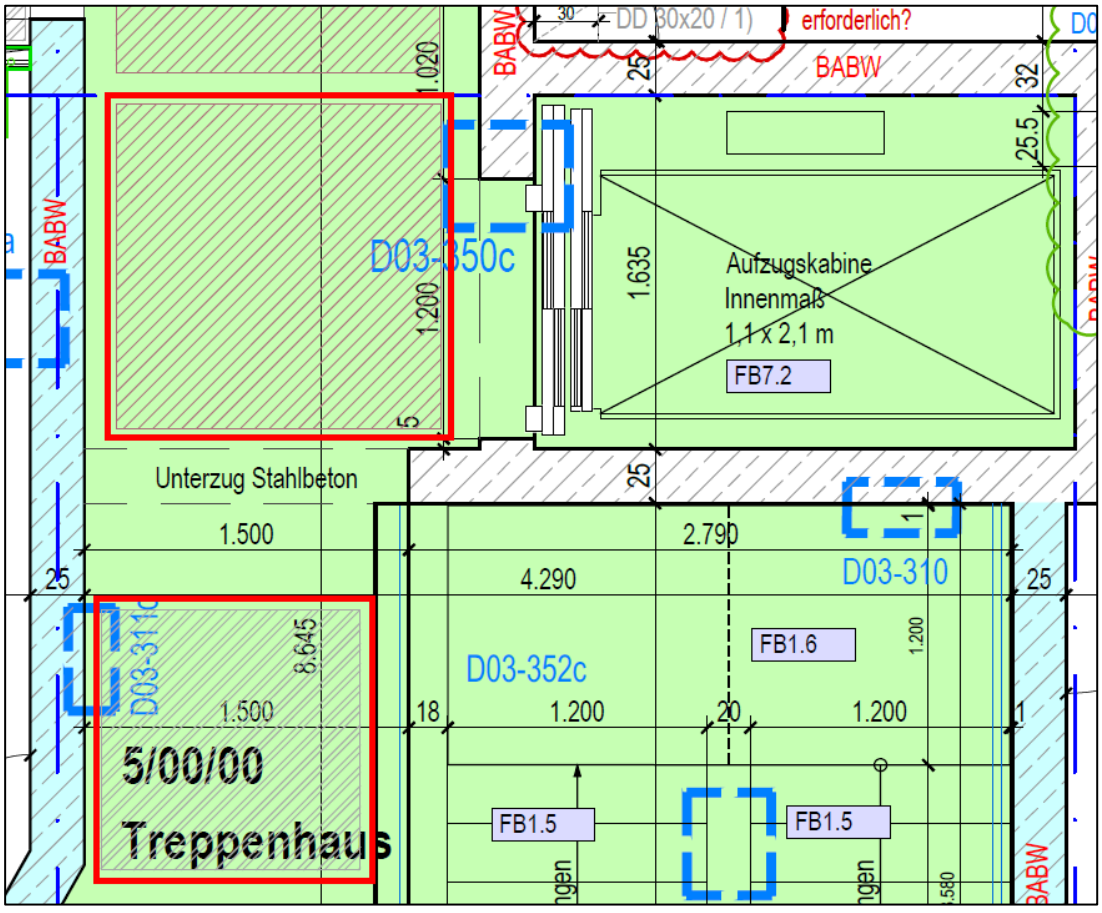
Nachweise:
26_Brühl 65_Los 6_Leistungsverzeichnis_Tischler

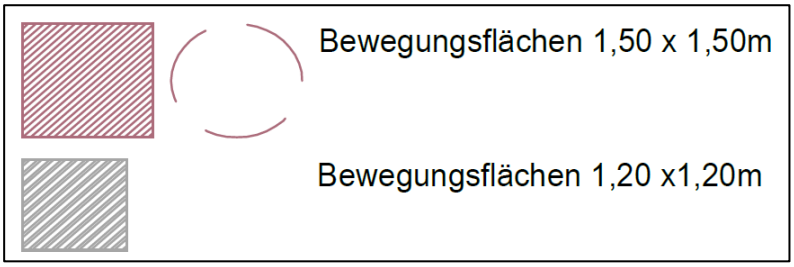
6.4.7 **Innentür, 88,5/213,5 cm, Zarge d= 10 cm, TB**
Innentür einflüglig, als Drehflügeltür, kunststoffbeschichtet, komplett mit Futter / Holz-Umfassungszarge

Rohbaumaß: **88,5/213,5 cm**
Wanddicke: **10 cm, Trockenbauwand**

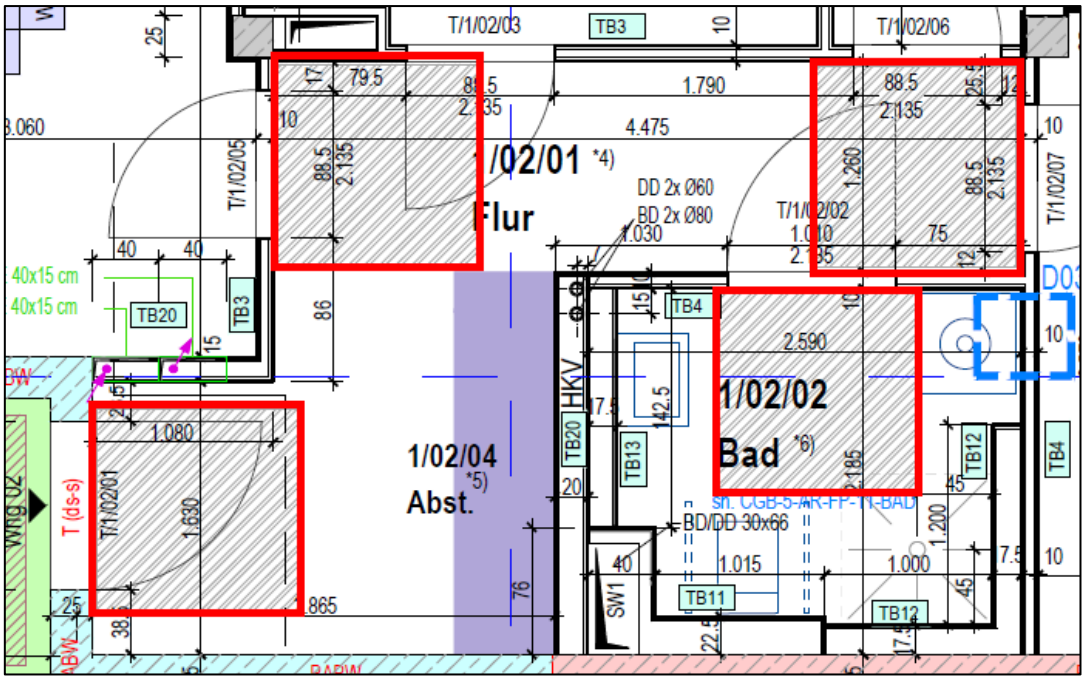
2.6	Wendeflächen außerhalb der Wohnung	≥ 1,20 m x 1,20 m	≥ 1,20 m x 1,20 m

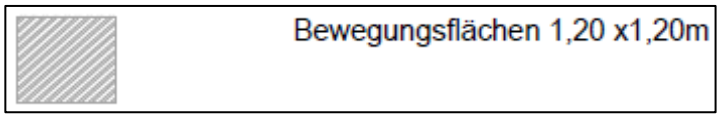
Nachweise:
02_Brühl 65_Grundriss_Erdgeschoss
03_Brühl 65_Grundriss_Obergeschoss_1
04_Brühl 65_Grundriss_Obergeschoss_5





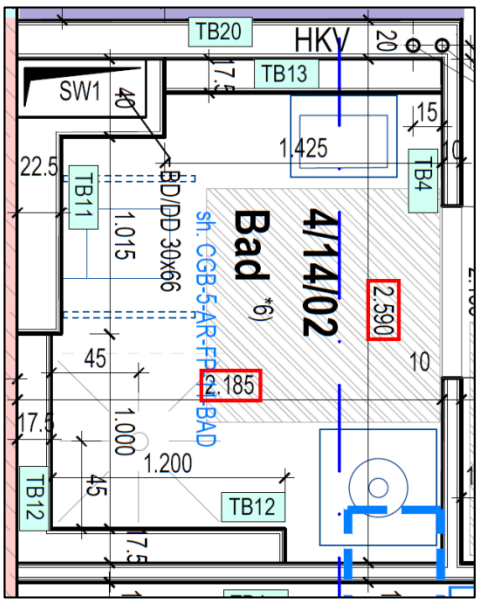
A2	Ausreichende Größen	ready-Anforderung	Ist-Zustand
2.7	Bewegungsflächen innerhalb der Wohnung	≥ 90 cm x 1,20 m	≥ 90 cm x 1,20 m
	<u>Nachweise:</u> 03_Brühl 65_Grundriss_Obergeschoss_1 04_Brühl 65_Grundriss_Obergeschoss_5		

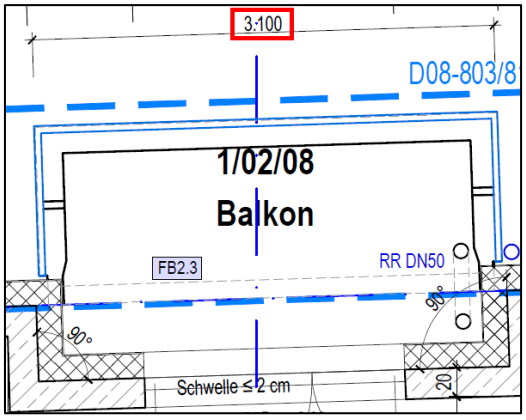
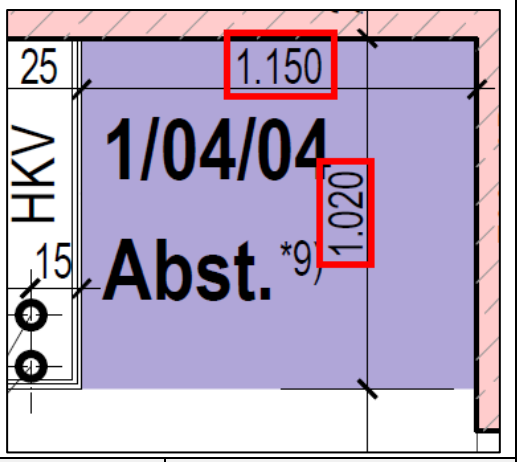


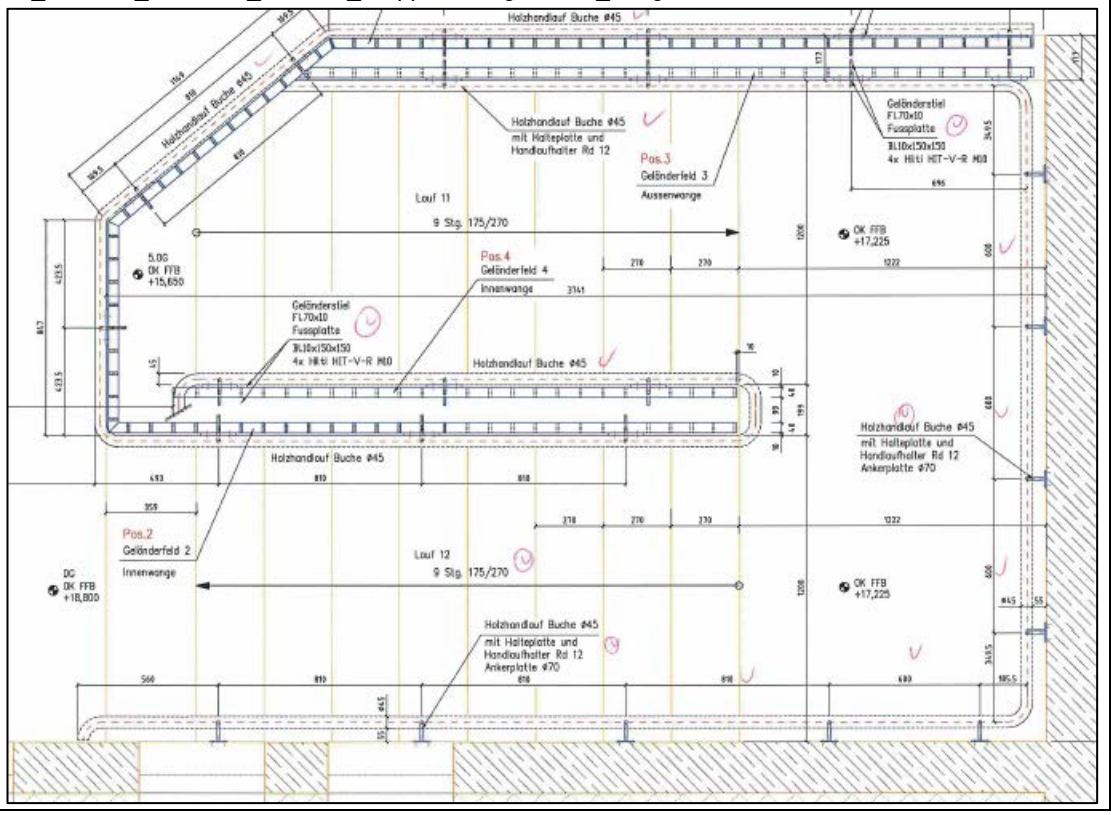


2.8	anpassbares Bad – besuchergeeignet	Nutzfläche ≥ 3,60 qm l,b ≥ 1,70 m	Nutzfläche ≥ 3,60 qm l,b ≥ 1,70 m
	<u>Nachweise:</u> 04_Brühl 65_Grundriss_Obergeschoss_4 05_Brühl 65_Grundriss_Obergeschoss_5		

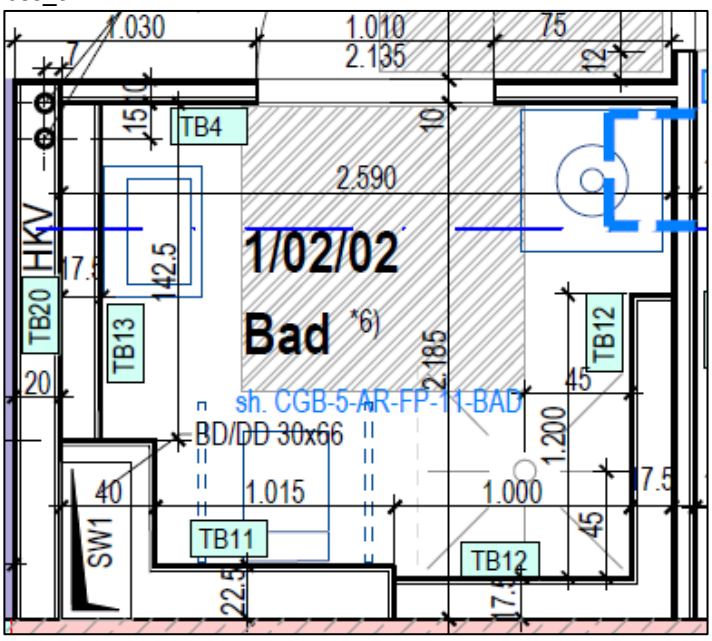
Raum-Nr.: **4/14/02**		
Raumbezeichnung: **Bad**		
Fläche: F = 4.46 m²	Umfang: U = 8.85 m	RH: 2.75
OK FFB: +12,495	UK FD:	
OK RFB: +12,345	UK RD:	

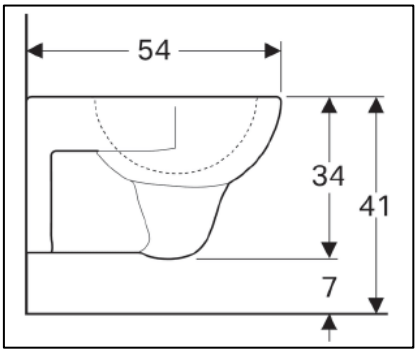


A2	Ausreichende Größen	ready-Anforderung	Ist-Zustand
2.9	Balkon – nutzbare Fläche, Tiefe ≥ 1,20 m	≥ 3,50 qm	≥ 3,50 qm
	<u>Nachweise:</u> 11_Brühl 65_Betonfertigelement_Balkone_Variante 1_Obergeschoss_1 12_Brühl 65_Betonfertigelement_Balkone_Variante 2_Obergeschoss_1 13_Brühl 65_Betonfertigelement_Balkone_Variante 3_Obergeschoss_1 03_Brühl 65_Grundriss_Obergeschoss_1 Raum-Nr.: **1/02/08** Raumbezeichnung: **Balkon** (kleinste Balkonvariante) Fläche: F = 4.42 m² / Umfang: U = 9.04 m / RH: 2.75 OK FFB: +3.645 / UK FD: OK RFB: +3.495 / UK RD: 		
2.10	Neben-/Stauraum – wohnungsintern	≥ 60 cm x 1,20 m	Bei einem Wohnungstyp Breite 5 cm zu gering, dafür aber die Tiefe deutlich größer.
	<u>Nachweise:</u> 03_Brühl 65_Grundriss_Obergeschoss_1 05_Brühl 65_Grundriss_Obergeschoss_5 Raum-Nr.: **1/04/04** Raumbezeichnung: **Abst.** Fläche: F = 1.17 m² / Umfang: U = 4.33 m / RH: 2.75 OK FFB: +3.645 / UK FD: OK RFB: +3.495 / UK RD: 		
2.11	bodengleiche Dusche, min. Nutzfläche zzgl. BF	≥ 90 cm – 90 cm	≥ 90 cm – 90 cm
	<u>Nachweise:</u> 29_Brühl 65_Los 14_Leistungsverzeichnis_TGA-HLS **2.3.16** **Duschabtrennung 90 x 90 cm** Duschabtrennung als Eckeinstieg 90 x 90 cm Kunstglas, Profil Silber, Höhe 200 cm, bodengleiche Dusche Hersteller/Typ: Kermi Nowa 2000 o.glw. 18 St		
2.12	Waschtisch (BxT) vorzugsweise	≈ 50 cm x 40 cm	55 cm x 44 cm
	<u>Nachweise:</u> 29_Brühl 65_Los 14_Leistungsverzeichnis_TGA-HLS **2.3.19** **Waschtisch** Waschtisch Größe 550 x 440 nach DIN 1386/DIN-EN 32, mit Hahnloch mit keramischen Überlauf, Befestigungsmaterial, Farbe weiß, einschl. Anschluss, einschl. Verfüllen der Fugen		

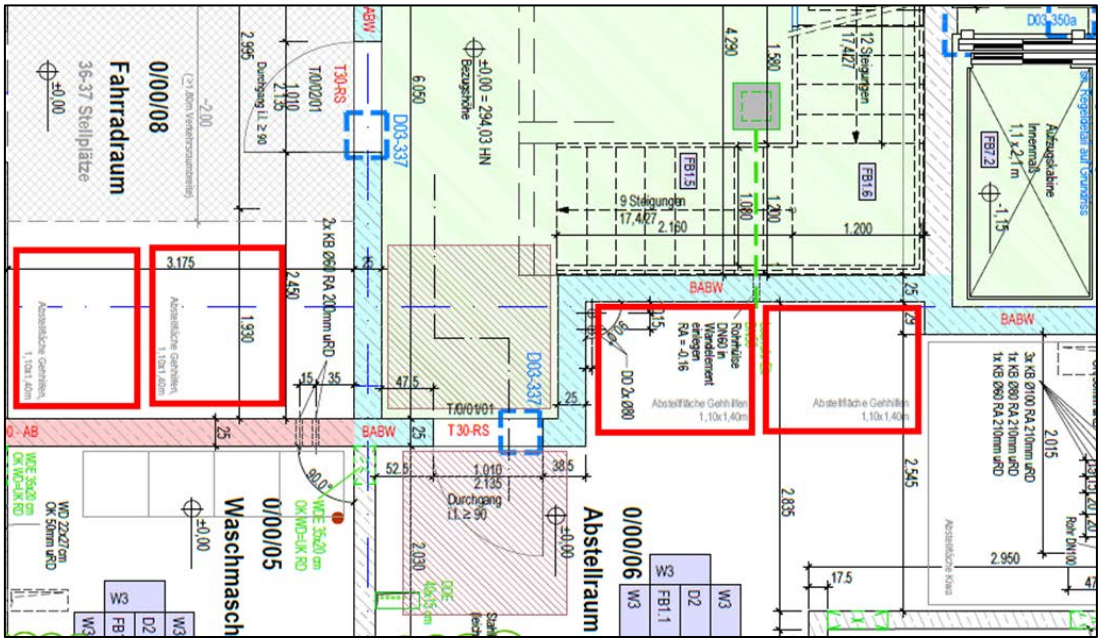
A3	Anpassbarkeit bei Bedarf	ready-Anforderung	Ist-Zustand
3.1	PKW-Stellplätze	vorbereitet	2 PKW-Stellplätze auf einem Grundstück in der Nähe vorhanden
	Nachweise: 14_Brühl 65_Bestandsplan_PKW-Stellflächen 		
3.2	zweiter Handlauf	vorbereitet	bei allen Treppen vorhanden
	Nachweise: 21_Brühl 65_Geländer_Schnitte_Treppenhausgeländer_Freigabe 		

A3	Anpassbarkeit bei Bedarf	ready-Anforderung	Ist-Zustand
3.3	anpassbares Bad – besuchergeeignet Rollstuhl	zwingend auszuführen	alle Bäder in Rollstuhl besuchergeeigneter Form ausgeführte
	Nachweise: 03_Brühl 65_Grundriss_Obergeschoss_1 05_Brühl 65_Grundriss_Obergeschoss_5		
3.4	Badewanne	vorbereitet	nicht vorbereitet
3.5	WC 65-80 cm tief und/oder BF zum seitlichen Transfer	vorbereitet	WC 54 cm tief – tiefere WC-Becken montierbar
	Nachweise: 20_Brühl 65_Geberit_Renova_Wand-WC_Tiefspüler_Produktdatenblatt		
3.6	Waschtisch – unterfahrbar	vorbereitet	vorbereitet
3.7	Stütz- und Haltegriffe	vorbereitet	vorhanden
	Nachweise: 29_Brühl 65_Los 14_Leistungsverzeichnis_TGA-HLS		





2.3.17	**Haltegriff für Befestigung an Mauerwerk oder Trockenbau** Haltegriff für Befestigung an Mauerwerk oder Trockenbau stabil und verchromt einschließlich Befestigungsmaterial liefern und montieren KOUCO / CITY für Wandbefestigung o.glw.	17 St

A4	Attraktivität und Sicherheit	ready-Anforderung	Ist-Zustand
4.1	Stellflächen (u.a. Gehhilfen, Scooter) ≥ 1,10 m x 1,40 m	1 pro 5 Wohneinheiten	1 pro 4,5 Wohneinheiten (4 Stellflächen für 18 WE)
	<u>Nachweise:</u> 02_Brühl 65_Grundriss_Erdgeschoss  		

A4	Attraktivität und Sicherheit	ready-Anforderung	Ist-Zustand
4.2	Kraftaufwand (Schließhilfen bei Türen) nachweislich	≤ 50 N	≤ 50 N

Nachweise:
27_Brühl 65_Los 7_Leistungsverzeichnis_Metallbau – enthält Hauseingangstüren
26_Brühl 65_Los 6_Leistungsverzeichnis_Tischler – enthält Wohnungseingangstüren
23_Brühl 65_GEZE_TS5000 Ecline_Türschließsystem_Produktdatenblatt
24_Brühl 65_GEZE_Türschließer_FAQs
10_Brühl 65_Assa Abloy DC500_Produktdatenblatt

7.5.1 **Alu-Glas-Element, Hofausgangstür, 1+1/2-flgl., 175 x 225 cm**
Einbaufertiges Alu-Glas-Hauseingangstürelement, als Drehtür,
zweiflügelig (asymetrisch), Türblätter incl. Bändern und Drückergarnitur
Rahmen mit Dichtung und Rahmen
mit nachfolgend beschriebenen Eigenschaften,
nach örtlichem Aufmaß komplett liefern und funktionstüchtig
nach RAL luftdicht einbauen.
Ausführung inklusive aller erforderlichen Befestigungs- und Abdichtungsmittel,
sowie aller erforderlichen Anschlüsse.

Merkmale:
Lichte Öffnung b/h : ca. **175 x 225 cm**
Eignung: leichtgängige Tür, als behindertengerechter Zugang geeignet (barrierearm bedienbar)

6.4.3 Wie Position 6.4.1, jedoch
Wohnungsabschlusstür RC2, 42 dB, dicht + selbst schließend, 101/213 cm
Wohnungsabschlusstürelement als dicht und selbst schließendes
sowie einbruchhemmendes, einbaufertiges Türelement,
komplett wie vor, abweichend:

keine Anforderung an Barrierefreiheit
Obentürschließer trotzdem leicht gehend

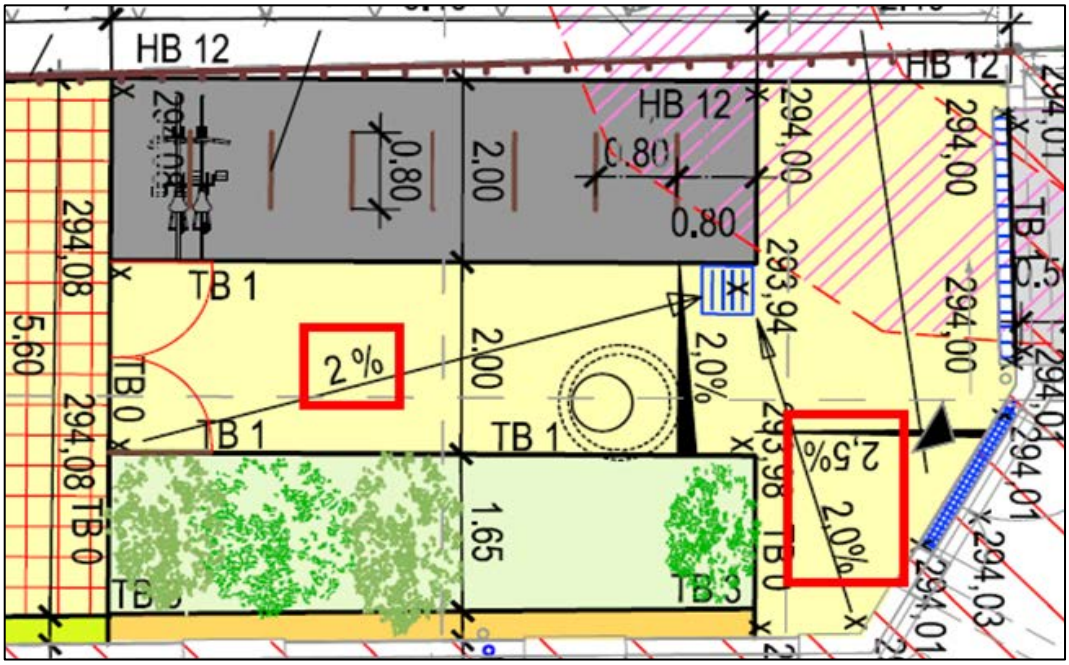
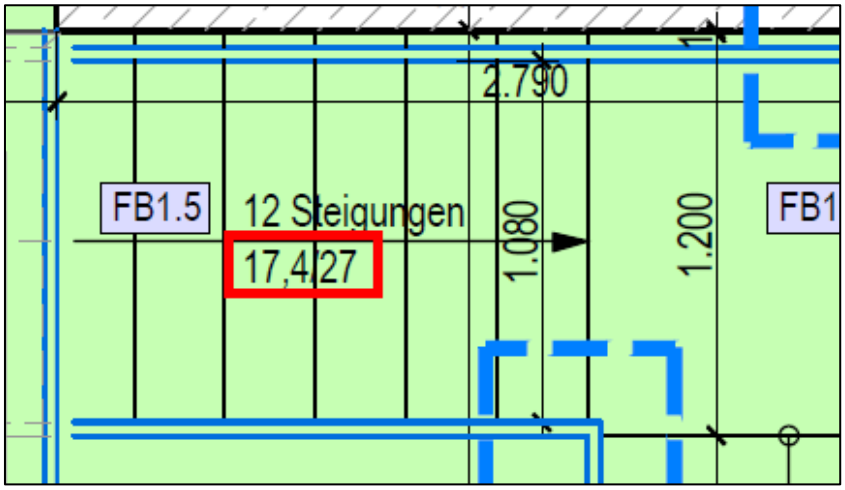
* Einbauort:
Wohnungseingangstüren WHG 1-17

F **Wir haben eine Funktionsstörung an der Tür, sie lässt sich nur schwer öffnen?**
A Überprüfen Sie, ob die Schließkraft richtig eingestellt ist. Alternativ können Sie hier auch den TS 5000 ECline für barrierefreie, leicht öffnende Türen einsetzen.

Türschließer mit Cam-Motion® Technologie und Gleitschiene

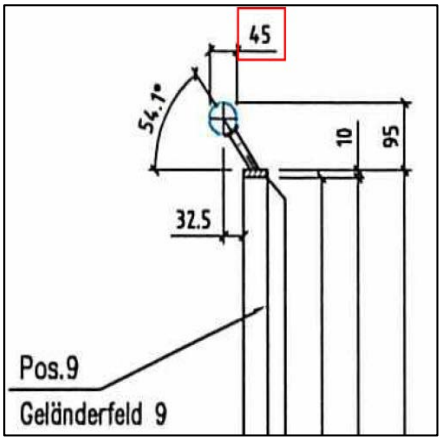
Produktbeschreibung

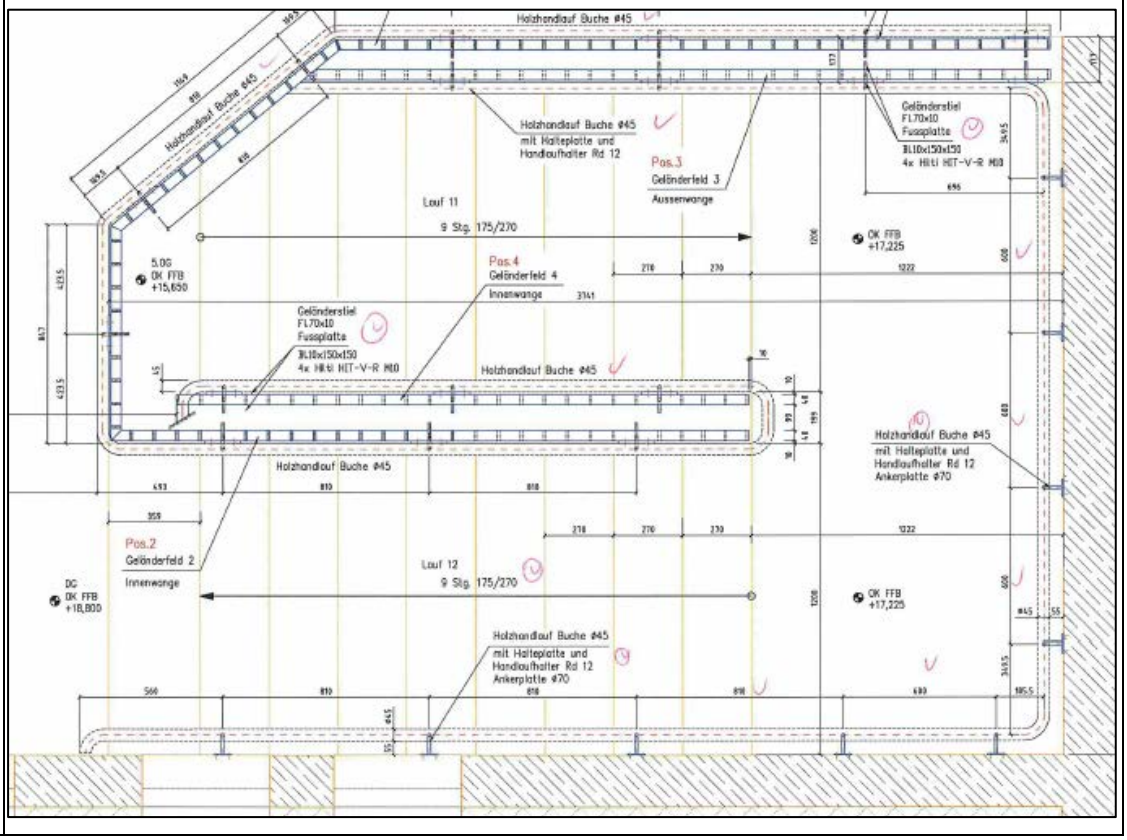
- Türschließer mit Cam-Motion® Technologie und höhenverstellbare Gleitschiene G195 oder Standardgleitschiene G193
- Erfüllt die Anforderungen an barrierefreies Bauen (DIN 18040 und DIN SPEC 1104 / CEN TR 15894)
- Geprüft nach DIN EN 1154, Größe 1-4

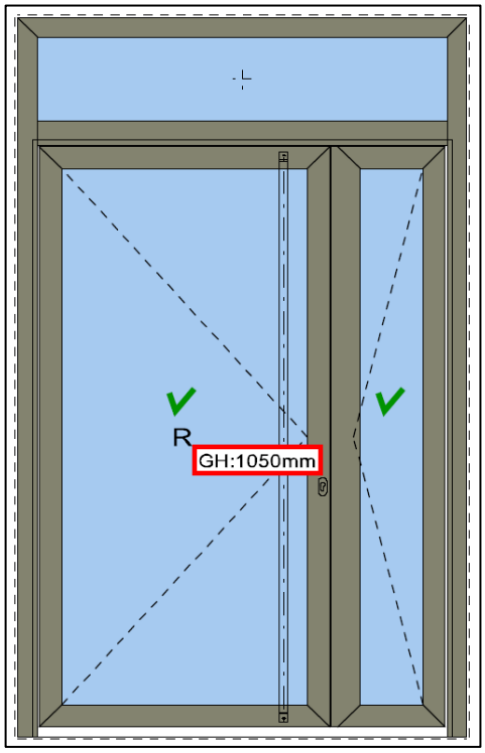
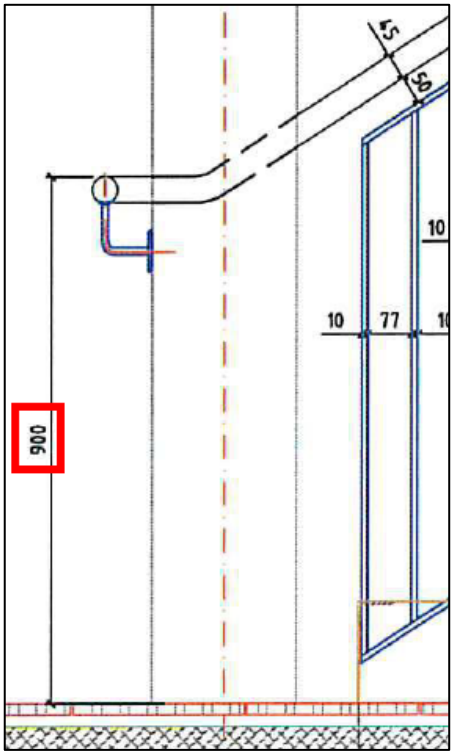
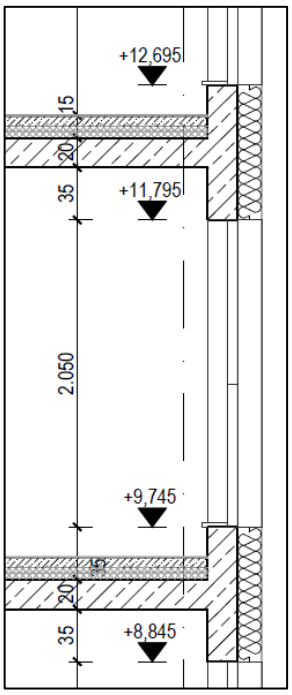
A4	Attraktivität und Sicherheit	ready-Anforderung	Ist-Zustand
4.3	Gefälle (Rampen, Geh- und/ oder Parkflächen)	≤ 12 %	≤ 12 %
	<u>Nachweise:</u> 01_Brühl 65_Lageplan_Aussenanlagen 02_Brühl 65_Grundriss_Erdgeschoss 		
4.4	Treppensteigung (max. Stufen-höhe/min. Stufenauftritt)	≤ 18/27 cm	17,4/27 cm
	<u>Nachweise:</u> 03_Brühl 65_Grundriss_Obergeschoss_1 		

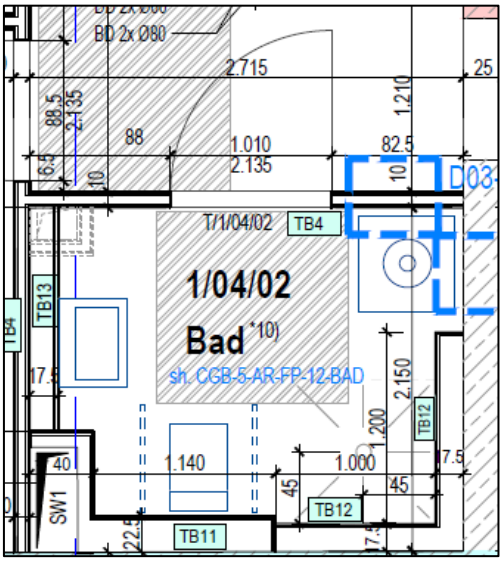
A4	Attraktivität und Sicherheit	ready-Anforderung	Ist-Zustand
4.5	griffsichere Handläufe (vgl. ISO), nicht unterbrochen	Ø 2,5 – 4,5 cm	Ø 4,5 cm, nicht unterbrochen

<u>Nachweise:</u>
22_Brühl 65_Geländerfeld 15_Treppenhausgeländer_Freigabe
21_Brühl 65_Geländer_Schnitte_Treppenhausgeländer_Freigabe
25_Brühl 65_Handlauf_Foto





A4	Attraktivität und Sicherheit	ready-Anforderung	Ist-Zustand
4.6	Greif- und Bedienhöhe (Achsmaß)	85 cm–1,05 m	85 cm–1,05 m
	<u>Nachweise:</u> 09_Brühl 65_Aussentüren_Aluminium 21_Brühl 65_Geländer_Schnitte_Treppenhausgeländer_Freigabe   		
4.7	Fenster Individualraum (UK-Verglasung) vorzugsweise	≤ 60 cm	≤ 60 cm
	<u>Nachweise:</u> 07_Brühl 65_Gebäudeschnitt_B-B 08_Brühl 65_Ansicht_SO_Brühl  		

A4	Attraktivität und Sicherheit	ready-Anforderung	Ist-Zustand
4.8	mechan. und/oder elektr. Fensteröffnung/-sicherung	vorbereitet	Griffhöhe an Balkontüren ≤ 105 cm – Griffverlängerungen an Fenstergriffen (>105 cm) nachrüstbar
4.9	Badzugang – Tür nach außen öffnend	zwingend auszuführen	Türen in allen Bädern nach außen öffnend
	<u>Nachweise:</u> 03_Brühl 65_Grundriss_Obergeschoss_1 05_Brühl 65_Grundriss_Obergeschoss_5		
4.10	ausreichende Orientierung (kontrastreiche Gestaltung)	vorbereitet	
	<u>Nachweise:</u> 32_Brühl 65_Foto_Treppenabsatz		

A5	Automatisierung	ready-Anforderung	Ist-Zustand
5.1	automatisierte Türschließanlage und/oder Funksteuerung	vorzugsweise	kombinierte Klingel-Gegensprech- und Tür-öffneranlage vorhanden
	Nachweise: 30_Brühl 65_Los 15_Leistungsverzeichnis_TGA-ELT **01.14 Klingel-, Gegensprech- und Türöffneranlage** Vorbemerkungen Für das Objekt ist eine Klingel-, Gegensprech- und Türöffneranlage zu errichten. Die Türstation am Gebäudezugang wird in die bauseitige Briefkastenanlage integriert. Sprechfach und Klingeltaster werden bauseits zur Verfügung gestellt. Hier werden der Türeinbaulautsprecher sowie die Module Tastenexpander eingebaut. Die Bus-Strangversorgung sowie der Sicherheitstransformator werden in die Verteilung Hauseigene Anlage im Zählerplatz eingebaut. Der Planung liegt das Fabrikat Elcom zu Grunde. Wird ein alternatives Fabrikat angeboten, so sind mit Angebotsabgabe die Datenblätter zur Prüfung der Gleichwertigkeit beizubringen.		
5.2	automatische Türantriebe	vorzugsweise	bei Hauseingangstür für zukünftige Nachrüstung vorbereitet (Kabel für automatischen Türöffner bereits verlegt)
5.3	Sonnenschutz	vorzugsweise	Sonnenschutz an einzelnen Fenstern vorhanden
	Nachweise: 26_Brühl 65_Los 6_Leistungsverzeichnis_Tischler – enthält Sonnenschutzvorrichtungen **6.3.4** Wie Position 6.3.1, jedoch **Senkrechtmarkise, Kurbel, 1800/2250 mm** Senkrecht-Markise mit Blende und Kurbelantrieb, komplett wie vor, abweichend: Elementbreite : 1800 mm Behanghöhe : 2250 mm zzgl. Kastenhöhe Einbauort: Ecke Brühl 2.-4.OG und 2 Randfenster zum Nachbarhaus im 5.OG 5 St		

Tabelle: Nachweis der Umsetzung des ready-Standards

Nachweis der Verwendung schadstoffarmer Bauprodukte

Zur Umsetzung der Anforderungen an eine öffentliche Ausschreibung wurden die Leistungspositionen produktneutral beschrieben. Zur Kennzeichnung der Anforderungen wurden allgemein anerkannte und für jedermann zugängliche Gütesiegel oder Baustoffinformationssysteme sowie Beschränkungen von Inhaltsstoffen verwendet.
Im Projekt wurde ein fünfstufiges Vorgehen umgesetzt.

1. Vermeidung nicht zwingend notwendiger Beschichtungen auf der Baustelle
   z. B. Einsatz von Edelstahlgeländern, fixieren statt verkleben von Bodenbelägen
2. Vorgabe von Bauproduktanforderungen (siehe „Tabelle der Bauproduktanforderungen“)
3. Durchsicht der Leistungsverzeichnisse und positionsweise Zuordnung der Bauproduktanforderungen in einer Liste für die Bauproduktdeklaration durch die Bieter (siehe „Bauproduktkatalog (Auszug)“)
4. Überprüfung der deklarierten Bauprodukte vor Zuschlagserteilung
5. Stichprobenartige Überprüfung des Einbaus ausschließlich freigegebener Bauprodukte

Die höchsten Schadstoffemissionen mit gesundheitsgefährdenden Wirkungen gehen von Farben, Lacken, Ölen, Klebern sowie harzhaltigen und bituminösen Beschichtungen und Bodenbelägen aus.
Für Anwendungen im Innenbereich wurden die Gütesiegel RAL-UZ jetzt RAL-DE („Blauer Engel“) und EMICODE gefordert. Der Einsatz von Kältemitteln war nicht notwendig, da keine Wärmepumpe oder Kälteanlage eingesetzt wird. Die Abdichtung im Bereich der Bodenplatte und des Daches erfolgte mit Bitumenbahnen und lösemittelfreien Bitumenemulsionen als Haftgrund.
Das komplette WDVS hat den „Blauen Engel“. Der Außenputz und der Farbanstrich auf dem Steinwolle-WDVS enthalten keine bioziden Wirkstoffe. Die Anti-Graffiti-Emulsion ist lösemittelfrei.

Baustoffart	Anwendung	Anforderung
ACHTUNG: Es dürfen keine Bauprodukte verwendet werden, die einen SVHC-Anteil größer 0,1 % haben. (SVHC: besonders besorgniserregende Stoffe)		
Bitumenemulsionen	Außen- und Innenbereich	GISCODE BBP 10
kalt verarbeitete Bitumenbeschichtungen	Außen- und Innenbereich	GISCODE BBP 10
Polymerbitumenbahnen	Dachabdichtungen (nicht für Gründächer)	kein Zusatz von durchwurzelungshemmenden Wirkstoffen wie z. B. Mecoprop
Kunstschaum-Dämmstoffe	Wand-, Decken-, Bodendämmung und flexible TGA-Dämmung im Innen- und Außenbereich	frei von halogenierten Treibmitteln und dem Flammschutzmittel HBCD
Spritz- und Montageschäume	Außen- und Innenbereich	ohne Isocyanat MDI
Holzschutzmittel	Holzbauteile und Holzwerkstoffe im Außenbereich	GK 0, 1 und 2: Holzschutz nur konstruktiv nach DIN 68800-2 oder natürliche Dauerhaftigkeit (artentypische Resistenz) nach DIN EN 350-2 GK 3 und 4: kein GISCCODE HSM-W 60 bis HSM-W 90
Holzschutzmittel	Holzbauteile und Holzwerkstoffe im Innenbereich	kein chemischer Holzschutz
Öle und Wachse	Holzbauteile und Holzwerkstoffe	GISCODE Ö10
Fassadenputze	Putze im Außenbereich auf Beton, Mauerwerk oder im WDVS	Kein Einsatz von bioziden Wirkstoffen außer Topfkonservierern
Außenanstriche	Außenanstriche auf mineralischen Untergründen	nur Wb: VOC ≤ 30 g/l kein Einsatz von bioziden Wirkstoffen außer Topfkonservierern keine Pigmente und Sikkative auf Basis von Blei-, Cadmium und Chrom-VI-Verbindungen
Passivierungsmittel	Aluminium- und Edelstahlbleche und -profile für Oberflächenbekleidungen (Fassade, Dach, Fenster, Türen, Tore, Sonnenschutzsysteme)	frei von Chrom-VI-Verbindungen
Korrosionsschutzbeschichtungen	tragende und nichttragende Metallbauteile im Innenbereich	GISCODE BS 10
Lacke	Außen- und Innenbereich	RAL-UZ 12a
Polyurethanharze	Reaktive 1- oder 2-Komponenten Polyurethan-Systeme für Oberflächenbeschichtungen	GISCODE PU 10
Epoxidharze	Rissschließung und Oberflächen-beschichtungen im Außenbereich	GISCODE RE 1
Epoxidharze	Rissschließung und Oberflächen-beschichtungen im Außenbereich	GISCODE RE 0
PMMA- und Flüssigkunststoff-Beschichtungen	Garagen- und Kellerböden einschließlich Sockel	GISCODE RMA 10
Kleb- und Dichtstoffe aus PU, Silikon, SMP, Acrylat (einschließlich Dispersionsklebstoffe)	punkt- oder linienförmige Verklebung und Abdichtung im Innenbereich	RAL-UZ 123 oder EMICODE EC1/ EC1PLUS
nichtfilmbildende Imprägnierungen	Natur- und Betonwerksteinboden	GISCODE GH 10
Kleb- und Dichtstoffe sowie Versiegelungen	Bodenbeläge im Innenbereich	RAL-UZ 113 oder EMICODE EC1/EC1PLUS
Verlegeunterlagen	Bodenbeläge im Innenbereich	RAL-UZ 156
Bodenbeläge	Elastische Bodenbeläge (Linoleum, Vinyl, Kork, Kautschuk, Kunststoff)	RAL-UZ 120
Bodenbeläge	Textilbeläge	RAL-UZ 128 oder GUT-Signet
Bodenbeläge	Holzbeläge sowie Linoleum und Kork auf Holzträgerplatte	RAL-UZ 176
Kunstoffe	Fenster, Fußbodenbeläge und Wandbekleidungen	keine Kunststoffe mit Stabilisatoren aus Blei, Cadmium oder Zinn
Spachtelmassen, Grundierungen	mineralische Oberflächen im Innenbereich	lösemittelfrei und weichmacherfrei oder GISCODE M-GF01
Grundierungen und Anstriche im Innenbereich	Wände, Decken, Böden	RAL-UZ 102 oder GISCODE M-DF01 (lösemittelfrei und wasserverdünnbar)
Tapetengrundbeschichtungen	Wände und Decken im Innenbereich	lösemittelfrei und weichmacherfrei
Tapetenkleber	Wände und Decken im Innenbereich	Pulverprodukte oder Giscode D1
Kältemittel	Wärmepumpen, Kälteanlagen	frei von voll- und teilhalogenierten Kältemitteln

Tabelle der Bauproduktanforderungen

Bauproduktkatalog (Auszug)

Projekt: Neubau Studentenwohnheim, Brühl 65, 09111 Chemnitz"
VE: Los 4 Fliesen und Platten
Firma: FLIESEN PROJEKT
Ersteller: Dipl.-Ing. Bernd Landgraf (STI-BIW)
Stand: 22.10.2018

Pos.-Nr.	Anwendung	Menge	Anforderung	Zulassung	Hersteller	Produkt	Eigenschaften	Nachweis
4.1.2	Schließen von Fugen	6 m	GISCODE RE 1	ja	Mapei	Eporip 2K	GISCODE RE 1	SDB, TDB
4.1.3	Verharzen + Klammern	6 m						
4.1.8	Grundierung Estrich	152 m²	RAL-UZ 113 oder EMICODE EC1/EC1PLUS	ja	Mapei	ECO PRIM PU 1K Turbo	EMICODE EC 1 PLUS	SDB, TDB
4.1.12	Flächenabdichtung BK A2, unter Bodenfliesen, für Feuchträume	94 m²	RAL-UZ 113 oder EMICODE EC1/EC1PLUS	ja	Mapei	Monolastic Ultra	ZP1	SDB, TDB
	Flexmörtel		RAL-UZ 113 oder EMICODE EC1/EC1PLUS	ja	Mapei	FM 05	EMICODE EC 1 PLUS	SDB, TDB
4.1.25	Fuge, dauerelastisch im Bereich Boden/Wand	171 m	RAL-UZ 113 oder EMICODE EC1/EC1PLUS	ja	Hermann Otto GmbH	OttoSeal S 100	EMICODE EC 1 PLUS	SDB, TDB, NDB
4.1.30	Voranstrich als Grundierung saugender Untergrunde - Gipsbauplatten	226 m²	RAL-UZ 102 oder GISCODE M-DF01 oder EMICODE EC1/EC1PLUS (lösemittelfrei und wasserverdünnbar)	ja	Sopro Bauchemie GmbH	Sopro Grundierung GD 749	EMICODE EC 1 PLUS	TDB
4.1.41	Flächenabdichtung unter Wandfliesen	226 m²	RAL-UZ 113 oder EMICODE EC1/EC1PLUS	ja	Sopro Bauchemie GmbH	Sopro Flächendicht flexibel FDF 525	EMICODE® EC 1PLUS	TDB
4.1.42	Silikonfuge, Bereich Wand/Wand,Türen, Sanitär	380 m²	RAL-UZ 113 oder EMICODE EC1/EC1PLUS	ja	Hermann Otto GmbH	OttoSeal S 100	EMICODE® EC 1PLUS	SDB, TDB
4.2.2	Schließen von Fugen	12 m	GISCODE RE 1	ja	Mapei	Eporip 2K	GISCODE RE 1	SDB, TDB
4.2.3	Verharzen + Klammern	6 m						
4.2.4	Risse im Estrich schließen	6 m						
4.2.8	Grundierung Boden- und Sockelfläche	161 m²	RAL-UZ 113 oder EMICODE EC1/EC1PLUS	ja	Mapei	ECO PRIM PU 1K Turbo	EMICODE EC 1 PLUS	SDB, TDB
4.2.12	Verfugung, dauerelastisch, Anschlüsse Wand/Boden, Eckausbildungen usw.	205 m	RAL-UZ 113 oder EMICODE EC1/EC1PLUS	ja	Hermann Otto GmbH	OttoSeal S 100	EMICODE® EC 1PLUS	SDB, TDB
4.2.19	Epoxidharzbeschichtung Schmutzauffangbereich	2,5 m²	GISCODE RE 1	ja	Mapei	Eporip 2K	GISCODE RE 1	SDB, TDB
4.3.2	Schließen von Fugen	3 m	GISCODE RE 1	ja	Mapei	Eporip 2K	GISCODE RE 1	SDB, TDB
4.3.3	Verharzen + Klammern	2 m						
4.3.4	Risse im Estrich schließen	10 m						
4.3.7	Tiefengundierung Estrich- bzw. Betonfläche	30 m²	RAL-UZ 102 oder GISCODE M-DF01 (lösemittelfrei und wasserverdünnbar)	ja	Mapei	ECO PRIM PU 1K Turbo	EMICODE EC 1 PLUS	SDB, TDB
4.3.8	Estrich feinspachteln	30 m²	EMICODE EC1/EC1PLUS	ja	Sopro Bauchemie GmbH	Sopro FS 15 plus Fließspachtel	EMICODE EC 1 PLUS	TDB
4.3.9	Zulage Fußboden-Höhenausgleich, Mehrdicke	5 m²						
4.3.10	Bodenbelag 10 mm Granitplatten 30 x 60 cm, Durchgang im EG., innen	18 m²	GISCODE GH10	ja	Mapei	Primer G	GISCODE D1, lösemittelfrei EMICODE EC1	SDB, TDB
4.3.16	Fugenverschluss, dauerelastisch, innen, Silikon	38 m²	RAL-UZ 113 oder EMICODE EC1/EC1PLUS	ja	Hermann Otto GmbH	OttoSeal S 100	EMICODE® EC 1PLUS	SDB, TDB

Hiermit bestätigen wir, nur die vorgenannten Bauprodukte zu verwenden. *Bestätigung der ausführenden Firma per Mail am 05.11.2018 erhalten*

d. Kosten und Effizienz

1. Kostenentwicklung im Projektverlauf

Die Kostenentwicklung im Projekt ist nicht repräsentativ, da sich die Objektgröße durch den Wegfall des Kellers wesentlich verändert hat.

		Bruttokosten					
		mit Keller	mit Keller, Tiefgründung		mit Keller, Flachgründung	ohne Keller	ohne Keller
KG	KG-Bezeichnung	Kostenschätzung 06/2016	Kostenberechnung 05/2017		Kostenberechnung 09/2017	Kostenanschlag 12/2017	Kostenfeststellung 06/2019
300	Baukonstruktion	2.358.850 €	3.688.371 €		2.704.202 €	2.208.997 €	Ermittlung erfolgte nach Losen
310	Baugrube	48.790 €	105.418 €		Ermittlung erfolgte durch AIC (Generalplaner) in einer gemischten Struktur aus KG nach DIN 276 und Gewerken		
320	Gründung	369.291 €	545.044 €				
330	Außenwände	727.382 €	445.487 €				
340	Innenwände	420.849 €	340.494 €				
350	Decken	475.436 €	296.991 €				
360	Dächer	154.995 €	155.473 €				
370	Baukonstruktive Einbauten	31.717 €	1.592.663 €				
390	Sonstige Baukosten	130.390 €	206.802 €				
400	Technische Anlagen	509.615 €	558.854 €		508.003 €	680.468 €	
410	Gas-, Wasser-, Abwasseranlagen	159.323 €	156.159 €		Ermittlung erfolgte durch AIC (Generalplaner) in einer gemischten Struktur aus KG nach DIN 276 und Gewerken		
420	Wärmeversorgungsanlagen	81.441 €	108.633 €				
430	Lufttechnische Anlagen	21.321 €	22.340 €				
440	Starkstromanlagen	164.221 €	217.651 €				
450	Fernmelde- und IT-Anlagen						
460	Förderanlagen	26.184 €	54.071 €				
480	Gebäudeautomation	57.125 €	0 €				
		2.868.465 €	4.247.226 €		3.212.205 €	2.889.465 €	3.157.029 €
		100%	148%		112%	101%	110%

BRI	8.726,10 m³	329 €/m³	487 €/m³	7.898,40 m³	407 €/m³	366 €/m³	400 €/m³
BGF	2.961,40 m²	969 €/m³	1.434 €/m³	2.629,50 m²	1.222 €/m³	1.099 €/m³	1.201 €/m³
WF+GF	1.655,00 m²	1.733 €/m³	2.566 €/m³	1.460,38 m²	2.200 €/m³	1.979 €/m³	2.162 €/m³
WF	1.498,20 m²	1.915 €/m³	2.835 €/m³	1.319,10 m²	2.435 €/m³	2.190 €/m³	2.393 €/m³

Baukosten im Projektverlauf

Die Baukosten nach BKI betragen für Mehrfamilienhäuser mit 20 WE indexiert auf das 2. Quartal 2018 (Ausführungsbeginn) für den mittleren Standard 1.944 €/m²$_{WF}$ und den hohen Standard 2.365 €/m²$_{WF.}$ Unter Einbeziehung der Gemeinschaftsflächen, die vergleichbar zur Wohnfläche ausgestattet sind, liegen die Baukosten mit 2.162 €/m²$_{WF+GF}$ genau zwischen den beiden Standards. Der Ausstattungsstandard das Gebäudes entspricht einem mittleren Wohnungsstandard, so dass die Baukosten leicht über den BKI-Werten liegen.

Die Kostenfeststellung weist für die Hochbaukosten (KG 300+400) 10 % höhere Kosten als die Kostenschätzung aus, obwohl sich wegen des Wegfalls des Kellers der Bruttorauminhalt um 10 % und die Wohnfläche um 14 % verringerten.

Die Gründe sind folgende.

1. Die Baupreise sind aufgrund der großen Wohnungsnachfrage höher als die Vergleichswerte aus vorangegangenen Projekten.
2. Die geringe Objektgröße und damit geringe Losgröße macht das Bauvorhaben nicht lukrativ und die Zahl der Angebote pro Los lag zwischen 0 und 3.
3. Die öffentliche Vergabe (Einzelgewerke, Fristen) erhöht den Ausschreibungs- und Vergabeaufwand und führt zu kleinen Losgrößen.
4. Die Ecksituation und die Innenstadtlage haben logistische Nachteile.

5. Der enge Terminplan reduziert die Vorlaufzeiten für die Ausschreibung.

Die festgestellten Baukosten sind wie folgt.

		Bruttokosten		
Los	Leistung	Auftrag	Änderungen	Feststellung
1	Bauhauptleistungen	1.310.433,57	5.966,59	1.316.400,16
2	Estricharbeiten	52.152,31	1.572,13	53.724,44
3	Trockenbauarbeiten	124.836,71	0,00	124.836,71
4	Fliesen- und Plattenarbeiten	55.082,61	3.987,55	59.070,16
5	Maler, Bodenbelag	145.615,75	1.500,00	147.115,75
6	Tischlerarbeiten	182.737,60	0,00	182.737,60
7.1	Metallbauarbeiten (Geländer, Dachterrasse)	171.022,69	3.441,79	174.464,48
7.2	Metallbauarbeiten (Fenster, Türen)	47.402,26	1.801,66	49.203,92
8	Gerüstbauarbeiten	55.393,21	-7.301,84	48.091,37
9	Wärmedämmung Fassade	275.768,48	0,00	275.768,48
10	Dachabdichtungsarbeiten	165.504,85	7.911,63	173.416,48
11	Aufzugsanlage	42.859,16	0,00	42.859,16
12	Außenanlagen	92.967,82	0,00	92.967,82
13	Endreinigung	9.679,70	0,00	9.679,70
14	Heizung, Lüftung, Sanitär	229.428,14	-1.495,47	227.932,67
15	Elektroinstallation	176.260,52	2.500,00	178.760,52
		3.137.145,38	19.884,04	3.157.029,42

Festgestellte Baukosten nach Losen

Die Änderungen der beauftragten Bausummen waren mit 0,6 % sehr gering.
Der Vergleich zweier Lose mit SIRADOS-Kalkulationsdaten (2017, indexiert und auf brutto umgerechnet) zeigt eine gute Übereinstimmung.

Los	Leistung	GP brutto	Bezugsfläche	EP brutto	SIRADOS
2	Estricharbeiten	53.724 €	1.668 m²	32 €/m²	30 €/m²
9	Wärmedämmung Fassade	275.768 €	1.931 m²	143 €/m²	137 €/m²

Vergleich von Einheitspreisen mit SIRADOS-Kalkulationsdaten

2. Wirtschaftlichkeit der Investition

Die Mehrkosten in Folge der schwierigen Baugrundsituation haben den Fokus auf die Herstellungskosten frühzeitig verstärkt. Aus Sicht des Bauherrn muss ein Gebäude geschaffen werden, dass langfristig wirtschaftlich ist. Die Fördermittel sollen einerseits die Umsetzung innovative Ansätze des Bauens unterstützen und andererseits die Miethöhe begrenzen. Der Ausgleich schwieriger Randbedingungen ist nicht Ziel des Fördermitteleinsatzes.
Die Entscheidung ohne Keller zu bauen war durch die Herstellungskosten motiviert. Ob sich diese Entscheidung auch unter Ertragsgesichtspunkten bestätigt, wurde durch eine Ertragswertermittlung überprüft.
Da die Miete in Studentenwohnheimen i.d.R. als Bruttowarmmiete vereinbart wird, mussten zuvor die Nebenkosten ermittelt werden. Die sonstigen Daten wurden gemäß WertR angesetzt.
Die Verbrauchskosten „Heizung, Warmwasser und Beleuchtung“ wurden mit einer Energiebedarfsberechnung ermittelt. Für die Nutzerstromkosten wurden eigene Erfahrungswerten verwendet.

Ertragswertberechnung	mit Keller	ohne Keller
Grundstücksfläche	510,00 m2	447,00 m2
Bodenwert pro m²	105 €	105 €
Bodenwert	53.550 €	46.935 €
Wohnfläche (WF)	1.498,20 m2	1.319,10 m2
Gemeinschaftsfläche (GF)	156,80 m2	141,28 m2
Wohneinheiten	60	54
Mietfläche pro Wohneinheit	24,97 m2	24,43 m2
Bruttowarmmiete pro Wohneinheit (inkl. Teilmöblierung)	290,00 €	290,00 €
Bruttowarmmiete pro m² WF	11,61 €	11,87 €
Wärmekosten pro m² WF	0,80 €	0,80 €
Stromkosten (Lüftung, Beleuchtung, Heizung) pro m² WF	0,60 €	0,60 €
Stromkosten (Nutzung) pro m² WF	0,40 €	0,40 €
Wasser- und Abwasserkosten pro m² WF	0,30 €	0,30 €
Nebenkosten (GrSt, GebV, Rein., Abf.) pro m² WF	0,80 €	0,80 €
Nettokaltmiete pro m² WF	8,71 €	8,97 €
Nettokaltmiete pro Monat	14.422 €	13.102 €
Rohertrag	173.059 €	157.226 €
Bewirtschaftungskosten	20.508 €	18.186 €
davon Instandhaltungskosten pro m² WF	10,00 €	10,00 €
davon Verwaltungskosten pro m² WF	0,30 €	0,30 €
Mietausfallwagnis	2,0%	2,0%
Reinertrag	152.551 €	139.039 €
Bodenwertverzinsung	-2.142 €	-1.877 €
Reinertrag der baulichen Anlagen	150.409 €	137.162 €
Restnutzungsdauer	60	60
Liegenschaftszinssatz	4,00%	4,00%
Vervielfältiger	22,62	22,62
Vorläufiger Ertragswert	3.402.779 €	3.103.079 €
Bodenwert	53.550 €	46.935 €
Ertragswert	3.456.329 €	3.150.014 €

Ertragswertermittlung für die Varianten „mit Keller“ und „ohne Keller“

Die Grundstücksgröße verringerte sich nach der Vermessung gegenüber der Eintragung in der Liegenschaftskarte. Diese Änderung hatte nichts mit den Varianten „mit/ohne“ Keller zu tun.

Zur Ermittlung der Wirtschaftlichkeit des Neubauvorhabens wurden die Projektkosten ermittelt, vom Ertragswert abgezogen und die Rendite ermittelt.

Projektkosten	mit Keller	ohne Keller
Projektstand	06/2016	09/2017
Grundstück (inkl. Steuer, Gebühren,Vermessung)	57.299 €	50.220 €
Herstellungskosten brutto (KG 200-700)	3.357.870 €	3.784.044 €
Fördermittel brutto	-827.500 €	-730.190 €
Projektkosten brutto	2.587.669 €	3.104.074 €

Ertragswert abzüglich Projektkosten	868.660 €	260.768 €
Rendite	33,6%	8,4%

Projektkosten und Rendite für die Varianten „mit Keller“ und „ohne Keller“

Die Mehrkosten für die Gründung und die geringeren Erträge wegen des Wegfalls von 6 Wohnplätzen führen zu einer Verringerung der Rendite von 33,6 % auf 8,4 %. Ohne den Fördermittelanteil hätte sich eine Finanzierungslücke von ca. 470 T€ ergeben.

Der große Unterschied zwischen den Renditen hat folgende Ursachen, die zum Teil erst im Projektverlauf sichtbar wurden.

1. Die Projektkosten aus der Kostenschätzung (06/2016) basieren auf Bauvorhaben von 2013-2015. In Sachsen haben sich die Baupreise von 2014 - 2018 um ca. 18 % erhöht. Im Bundesdurchschnitt waren es in diesem Zeitraum 12 %.
2. Die Kosten für die Außenanlage wurden mit Kennwerten ermittelt. Aufgrund der kleinen Fläche (kleiner Auftrag), der eingeschränkten Baufreiheit, des Höhenunterschiedes zu den Niveaus der Nachbargrundstücke erhöhte sich der Angebotspreis gegenüber der Kostenschätzung um 80 T€.
3. Der Grundstückspreis ist für eine Innenstadtlage mit 105 €/m² und einer fünf bis sechsgeschossigen Bauweise sehr niedrig. Mit der vollständigen Sanierung der Umgebungsbebauung und Bebauung der Lücken werden die Grundstückspreise weiter steigen, so dass sich die Bestandsrendite erhöhen wird.

Berücksichtigt man die Bauherrenkosten über einen Zeitraum von 28 Monaten, so ist das Bauvorhaben mit einem Überschuss von 260 T€ (9.286 €/Monat) kein Projekt mit Gewinn.
Berücksichtigt man die voraussichtliche Marktentwicklung bei Grundstückspreisen und Mieten, so ist das Objekt „Brühl 65“ nicht nur ein Pilotprojekt für die GGG, sondern langfristig ein Bestandsobjekt mit Wertsteigerungspotenzial.
Chemnitz erhöht kontinuierlich seine Attraktivität, so dass sich der Abstand zu Leipzig (ca. 50 % höhere Mieten) und Dresden (ca. 65 % höhere Mieten) mittelfristig reduzieren wird.
Die rechnerische Nettokaltmiete von 8,97 €/m² entspricht der aktuellen Spitzenmiete in Chemnitz und liegt ca. 1,50 € über der Marktmiete des Stadtquartiers. Sollte die Nachfrage nach Studentenwohnungen weiter anhalten, wäre eine Umnutzung in Wohnungen nicht attraktiv.

3. Vergleich von Energiestandards

Nach der Entscheidung für eine Fassade mit Dämmung bestand die Möglichkeit, statt dem EnEV-Standard den KfW 55-Standard umzusetzen. Damit hätte das Projekt weitere Fördermittel erhalten können. Dazu wurde ein Variantenvergleich nicht nur energetisch, sondern auch wirtschaftlich vorgenommen.
Dazu wurde methodisch wie folgt vorgegangen.

1. Festlegen der relevanten Entscheidungsgrößen
   = Gesamtkosten während der Finanzierung

2. Festlegen der Randbedingungen
   = 30 Jahre Finanzierungslaufzeit
   = 40 % Eigenkapital
   = 1 % bzw. 2 % Eigenkapitalzinssatz
   = 2 % Fremdkapitalzinssatz (1 % bei KfW 55)
3. Ermitteln der Projektkosten
   - Kostenschätzung (mit Keller), Kostenberechnung (ohne Keller)
   - Mehrkosten für KfW 55 (Dämmung, Fenster, Lüftungsanlage, Wärmebrückennachweis)
4. Berechnen der Energiebedarfe
5. Berechnen der Energiekosten für die Finanzierungslaufzeit
6. Berechnen der Finanzierungskosten
7. Erstellen des Wirtschaftlichkeitsvergleichs und ableiten einer Entscheidungsempfehlung

Wirtschaftlichkeitsvergleich	mit Keller		ohne Keller	
	EnEV	KfW 55	EnEV	KfW 55
Projektkosten (KG 200-700) brutto	3.085.612 €	3.353.553 €	3.468.527 €	3.736.467 €
Projektkosten pro m² WF	1.758 €	1.911 €	2.368 €	2.550 €
Förderung Variowohnen (geplant) pro m² WF+GF	500 €	500 €	500 €	500 €
Projektkosten mit Variowohnen brutto	2.208.112 €	2.476.053 €	2.736.027 €	3.003.967 €
Laufzeit Finanzierung	30a	30a	30a	30a
Laufzeit Zinsbindung	10a	10a	10a	10a
Anteil Fremdkapitall	60%	60%	60%	60%
Zinssatz Fremdkapital während der Zinsbindung	2,00%	1,00%	2,00%	1,00%
Zinssatz Fremdkapital nach der Zinsbindung	2,00%	2,00%	2,00%	2,00%
Fremdkapitalzinsen während der Finanzierung	410.709 €	317.554 €	508.901 €	385.259 €
Tilgungszuschuss	0 €	-73.834 €	0 €	-89.576 €
Anteil Eigenkapitall	40%	40%	40%	40%
Zinssatz Eigenkapital	2,00%	2,00%	2,00%	2,00%
Eigenkapitalzinsen während der Finanzierung	1.614.345 €	1.810.236 €	2.000.302 €	2.196.193 €
Energiekosten während der Finanzierung	1.496.431 €	1.414.264 €	1.249.158 €	1.180.568 €
Gesamtkosten während der Finanzierung	5.729.597 €	5.944.273 €	6.494.388 €	6.676.412 €
Einsparung durch KfW 55		-214.676 €		-182.024 €

Einsparung durch KfW 55 bei einem Eigenkapitalzinssatz von 2 % für die Varianten „mit Keller“ und „ohne Keller“

Bei Veränderung des Eigenkapitalzinssatzes von 2 % auf 1 % wird das Defizit etwas geringer, aber der EnEV-Standard wäre immer noch wirtschaftlicher als der KfW 55-Standard. Der EnEV-Standard wurde umgesetzt.

Wirtschaftlichkeitsvergleich	mit Keller		ohne Keller	
	EnEV	KfW 55	EnEV	KfW 55
Zinssatz Eigenkapital	1,00%	1,00%	1,00%	1,00%
Eigenkapitalzinsen während der Finanzierung	1.201.247 €	1.347.011 €	1.488.441 €	1.634.205 €
Energiekosten während der Finanzierung	1.496.431 €	1.414.264 €	1.249.158 €	1.180.568 €
Gesamtkosten während der Finanzierung	5.316.500 €	5.481.048 €	5.982.527 €	6.114.424 €
Einsparung durch KfW 55		-164.549 €		-131.897 €

Einsparung durch KfW 55 bei einem Eigenkapitalzinssatz von 1 % für die Varianten „mit Keller“ und „ohne Keller“

e. Weitere Forschungsschwerpunkte

Maßnahmen zur Energieverbrauchsoptimierung

In Studentenwohnheimen werden die Nebenkosten einschließlich der Verbrauchskosten wie Wasser-, Abwasser-, Heizungs- und Stromkosten in einer Warmmiete abgerechnet. Eine Ermittlung der Nebenkosten pro Verbraucher (Wohnung) erfolgt nicht. Damit wird kein Anreiz gegeben, Wasser und Energie zu sparen.

Die Motivation zum Sparen hängt von drei Dingen ab.

1. Wille zum Sparen, d. h. ein ökologisches Bewusstsein
2. Information über das was verbraucht wird (also wobei) und wie viel es kostet
3. Möglichkeit zur Vermeidung oder Reduzierung von Handlungen, die Wasser und Energie benötigen

Wenn 1. nicht vorhanden ist, sind 2. und 3. ohne Relevanz.
Ist 1. vorhanden, dann bedarf es 2., um zielgerichtet zu sparen.
Sind 1. und 2. vorhanden, dann kann bei Handlungen gespart werden, die kein technisches Ende haben, sondern von der Komforterwartung und dem Komfortempfinden abhängig sind. Die Bedeutung von 3. ist sehr wesentlich und wird nachfolgend an Beispielen erläutert.
Beim Kochen eines Tees mit einem Wasserkocher liegt das technische Ende beim Erreichen der Siedetemperatur vor. Danach schaltet der Kocher automatisch ab. Einfluss hat der Nutzer aber dennoch über die von ihm gewählte Füllmenge des Wasserkochers im Verhältnis zu seiner Bedarfsmenge. Liegen diese weit auseinander, dann hat der Nutzer Wärmeenergie verschwendet.
Beim Duschen ist die Möglichkeit zum Sparen wesentlich größer. Die Komforterwartung (Wassertemperatur) und die Komfortempfindung (Duschdauer) beeinflussen den Wasser- und Wärmeverbrauch und stellen eine Möglichkeit zur Reduzierung dar. Die Häufigkeit des Duschens stellt eine Möglichkeit zur Vermeidung dar, die aber Grenzen in Bezug auf die Hygiene hat.
Eine eindeutige Möglichkeit zur Vermeidung von Verbrauchshandlungen ist das Verstellen des Thermostats bei längeren Abwesenheitszeiten (Wochenende, Urlaub).

Zusammenfassend kann festgestellt werden, dass es Möglichkeiten zum Sparen von Medienverbrauchskosten gibt und dass für deren Umsetzung der Wille und die Kenntnis, wo und mit welchem Effekt gespart werden kann, vorhanden sein müssen. Die Praxis des Betriebs von Studentenwohnheimen hat gezeigt, dass die Freiwilligkeit zum Sparen (d. h. ohne Beteiligung am Einspareffekt) an der Bequemlichkeit scheitert. Daher bedarf es auch bei einem freiwilligen Modell eines monetären Anreizes. Dieser könnte durch eine Rückvergütung für die weniger verbrauchten Medien geschaffen werden. Dazu müssten die Verbräuche gemessen, ausgewertet und mit der Pauschale verrechnet werden. Da die Pauschale nicht rechnerisch ermittelt wurde, sondern für alle geförderten Projekte Bestandteil der Warmmiete ist, könnten Kennwerte der Hausverwaltung für 3-Personenhaushalte verwendet werden.
Damit die Motivation zum Sparen kontinuierlich erfolgt, könnte der Nutzer die Information zu seinem aktuellen Verbrauchsstand im Vergleich zu dem in der Pauschale berechneten Verbrauch über einen Energie-Monitor an zentraler Stelle im Gebäude (z. B. Treppenhaus EG) angezeigt bekommen. Stellt sich nach der Abrechnungsperiode (z. B. Semester oder Studienjahr) ein Guthaben heraus, könnten die Nutzer das Guthaben abzüglich des Aufwands für das Installieren und Betreiben des Energie-Monitors vollständig oder teilweise ausgezahlt bekommen.

Dieses Vorgehen erscheint plausibel. Vor der Umsetzung wurde rechnerisch untersucht, ob ein Einspareffekt entstehen kann und in welcher Größenordnung.
Aufgrund des hohen Kostendrucks infolge der Mehrkosten für die Gründung sollte die Wirtschaftlichkeit eines Energie-Monitors abgeschätzt werden und daraufhin die Umsetzung entschieden werden.

Wohnfläche:	1.324,20 m²
Studentenanzahl:	54
Verbrauchskosten-Kennwerte	
Strom	0,60 €/m²/Monat
Wasser-/Abwasser	0,31 €/m²/Monat
Warmwasserbereitung	0,17 €/m²/Monat
Heizung	0,34 €/m²/Monat
Jährliche Verbrauchskosten	
Strom	9.534,24 €
Wasser-/Abwasser	4.926,02 €
Warmwasserbereitung	2.701,37 €
Heizung	5.402,74 €
Verbrauchskosten pro Jahr	22.564,37 €
Investitionskosten	
Monitor + Installation	1.200,00 €
Zähler für Wärme,und Wasser + Installation	6.480,00 €
Interface + Einrichtung	1.000,00 €
Programmierung	800,00 €
Investitionskosten gesamt	9.480,00 €
Bewirtschaftungskosten	
Wartung	100,00 €
IT-Betreuung	200,00 €
Abrechnung	800,00 €
Bewirtschaftungskosten pro Jahr	1.100,00 €

Bewirtschaftungskosten für den Energie-Monitor und die Messtechnik

Der Hauptverbrauch liegt i.d.R. beim Heizen, Duschen, Wäsche waschen und Kochen.

Für die Ermittlung der Verbräuche bedarf es auf Wohnungsebene Zähler für Wasser, Warmwasser und Heizwärmeverbrauch. Ohne den Energie-Monitor müssten diese Zähler nicht installiert werden, da sie selbst bei einer Umnutzung nach 10 Jahren aufgrund der Eichpflicht ausgetauscht werden müssten. Damit sind die Kosten für zwei Wasserzähler und einen Wärmemengenzähler pro Wohnung zusätzliche Kosten. Die nebenstehende Kostenberechnung enthält die relevanten Kostenarten, die bei entsprechenden Anbietern recherchiert wurden.

Neben den Investitionskosten entstehen auch Bewirtschaftungskosten für das Betreiben und Instandhalten des Systems.

Berechnung der Verbrauchskosten pro m² sowie die Investitions- und

Für das durchschnittliche Medien-Verbrauchsverhalten von Studenten sind den Autoren keine Untersuchungsergebnisse bekannt. Daher wurde angenommen, dass durch Verhaltensänderung Einsparungen von 5 bis 15 % möglich sind. Die folgende Tabelle stellt die Berechnung der monatlichen Einsparungen pro Student dar.

Betrachtungsjahr	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Preissteigerung Energie	1,05	1,10	1,16	1,22	1,28	1,34	1,41	1,48	1,55	1,63	
Preissteigerung Dienstleistungen	1,02	1,04	1,06	1,08	1,10	1,13	1,15	1,17	1,20	1,22	
Verzinsung Investition	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	
Restwert Investition	9.480,00 €	8.532,00 €	7.584,00 €	6.636,00 €	5.688,00 €	4.740,00 €	3.792,00 €	2.844,00 €	1.896,00 €	948,00 €	
5% Einsparung pro Jahr	1.128,22 €	1.243,86 €	1.306,05 €	1.371,36 €	1.439,92 €	1.511,92 €	1.587,52 €	1.666,89 €	1.750,24 €	1.837,75 €	
Kosten durch Erstinvestition	1.090,20 €	1.075,98 €	1.061,76 €	1.047,54 €	1.033,32 €	1.019,10 €	1.004,88 €	990,66 €	976,44 €	962,22 €	
Laufende Kosten	1.122,00 €	1.144,44 €	1.167,33 €	1.190,68 €	1.214,49 €	1.238,78 €	1.263,55 €	1.288,83 €	1.314,60 €	1.340,89 €	
Einsparung abzgl. Kosten	-1.083,98 €	-976,56 €	-923,03 €	-866,86 €	-807,88 €	-745,96 €	-680,92 €	-612,59 €	-540,80 €	-465,36 €	
Gutschrift pro Student pro Monat	-1,67 €	-1,51 €	-1,42 €	-1,34 €	-1,25 €	-1,15 €	-1,05 €	-0,95 €	-0,83 €	-0,72 €	Ø -1,19 €
10 % Einsparung pro Jahr	2.256,44 €	2.487,72 €	2.612,11 €	2.742,71 €	2.879,85 €	3.023,84 €	3.175,03 €	3.333,78 €	3.500,47 €	3.675,50 €	
Kosten durch Erstinvestition	1.090,20 €	1.075,98 €	1.061,76 €	1.047,54 €	1.033,32 €	1.019,10 €	1.004,88 €	990,66 €	976,44 €	962,22 €	
Laufende Kosten	1.122,00 €	1.144,44 €	1.167,33 €	1.190,68 €	1.214,49 €	1.238,78 €	1.263,55 €	1.288,83 €	1.314,60 €	1.340,89 €	
Einsparung abzgl. Kosten	44,24 €	267,30 €	383,02 €	504,50 €	632,04 €	765,96 €	906,60 €	1.054,30 €	1.209,43 €	1.372,38 €	
Gutschrift pro Student pro Monat	0,07 €	0,41 €	0,59 €	0,78 €	0,98 €	1,18 €	1,40 €	1,63 €	1,87 €	2,12 €	Ø 1,10 €
15 % Einsparung pro Jahr	3.384,66 €	3.731,58 €	3.918,16 €	4.114,07 €	4.319,77 €	4.535,76 €	4.762,55 €	5.000,68 €	5.250,71 €	5.513,25 €	
Kosten durch Erstinvestition	1.090,20 €	1.075,98 €	1.061,76 €	1.047,54 €	1.033,32 €	1.019,10 €	1.004,88 €	990,66 €	976,44 €	962,22 €	
Laufende Kosten	1.122,00 €	1.144,44 €	1.167,33 €	1.190,68 €	1.214,49 €	1.238,78 €	1.263,55 €	1.288,83 €	1.314,60 €	1.340,89 €	
Einsparung abzgl. Kosten	1.172,46 €	1.511,16 €	1.689,07 €	1.875,85 €	2.071,96 €	2.277,88 €	2.494,12 €	2.721,19 €	2.959,67 €	3.210,13 €	
Gutschrift pro Student pro Monat	1,81 €	2,33 €	2,61 €	2,89 €	3,20 €	3,52 €	3,85 €	4,20 €	4,57 €	4,95 €	Ø 3,39 €

Berechnung der Einsparungen durch verbrauchsreduzierendes Nutzerverhalten

Die mit dem Energie-Monitor verbundenen Kosten wären bei einer 5% Verbrauchsminderung durch die Nutzer nicht gedeckt. Die GGG müsste jährlich durchschnittlich 14 € pro Student zahlen.
Im Fall einer 10%igen Verbrauchsreduzierung erhielte jeder Nutzer über 10 Jahre eine durchschnittliche monatliche Rückerstattung von 1,10 €.
Im Fall von ambitionierten 15 % Verbrauchsreduzierung betrüge die durchschnittliche monatliche Rückerstattung 3,39 € pro Student.

Es ist nicht davon auszugehen, dass eine Bonifikation in dieser Höhe, bei vielen Nutzern einen Anreiz für ein erhöhtes Bewusstsein im Zusammenhang mit dem eigenen Medienverbrauch darstellt.
Dementsprechend erscheint es wenig realistisch durch das Instrument der kontinuierlichen Verbrauchsanzeige für Wasser, Wärme und Strom höhere Einsparungen als 15 % zu erreichen.
Nach Abwägung von Nutzen und Risiko wurde diese Maßnahme nicht umgesetzt.

Unabhängig von der monetären Betrachtung würde mit der Verbrauchsreduzierung ein Beitrag zur Reduzierung der Treibhausgasemissionen geleistet werden.
Diese betragen jährlich ca. 33 t. Bei einer Einsparung von 15 % wären das ca. 5 t.

CO_2-Emissionen	
Strom	18.387 kg
Warmwasserbereitung	4.767 kg
Heizung	9.534 kg
CO_2-Emissionen pro Jahr	**32.689 kg**

Jährliche Treibhausgasemissionen durch den Verbrauch von Wärme und Strom

Wirtschaftlichkeitsuntersuchung zur Beleuchtung der Studentenwohnräume

Es wurde untersucht, ob es wirtschaftlicher ist die 54 Wohnräume vermieterseitig mit sparsamen LED-Leuchten auszustatten oder die Leuchten-Beschaffung und deren Installation den zukünftigen Bewohnern zu überlassen. Dabei wurde den durch die Studenten ausgewählten und montierten Leuchten eine geringere Energieeffizienz und somit ein höherer Stromverbrauch unterstellt.

Annahmen und Untersuchungsrandbedingungen:

tägliche Nutzungsstunden je Leuchte	4
Nutzungsstunden pro Jahr	1.460
Strom Arbeitspreis brutto [€/kWh]	0,28
jährliche Energiepreissteigerung	5,0%
Eigenkapitalverzinsung	2,0%
Diskontierungszins	1,5%
Leistung Vermieter-Leuchte[W]	16,5
Strombedarf LED-Leuchten [kWh/a]	1.309
Leistung Studenten-Leuchte [W]	45
Strombedarf Studenten-Leuchten[kWh/a]	3.548
Leuchtenanzahl	54
Leuchtenpreis brutto	57,40 €
Montagekosten brutto	40,00 €
Bruttokosten pro LED-Leuchte	**97,40 €**

Berechnung der Eingangsgrößen für den Wirtschaftlichkeitsvergleich“

Unter Berücksichtigung der dargestellten Annahmen und Randbedingungen wurde ein Wirtschaftlichkeits-vergleich für einen Zeitraum von 10 Jahren durchgeführt.

Betrachtungsjahr	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
LED-Leuchten des Vermieters											
Investitions- und Kapitalkosten	5.260 €	105 €	105 €	105 €	105 €	105 €	105 €	105 €	105 €	105 €	105 €
Energiekosten	0 €	379 €	392 €	406 €	420 €	434 €	449 €	465 €	481 €	497 €	514 €
Summe	5.260 €	484 €	497 €	511 €	525 €	539 €	554 €	570 €	586 €	602 €	620 €
Leuchten der Studenten											
Investitions- und Kapitalkosten	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €
Energiekosten	0 €	1.028 €	1.063 €	1.100 €	1.138 €	1.177 €	1.217 €	1.259 €	1.303 €	1.348 €	1.394 €
Summe	0 €	1.028 €	1.063 €	1.100 €	1.138 €	1.177 €	1.217 €	1.259 €	1.303 €	1.348 €	1.394 €
Kostendifferenz der Varianten	-5.260 €	543 €	566 €	589 €	613 €	638 €	663 €	690 €	717 €	745 €	775 €
Einsparung in 10 Jahren						1.279 €					

Einsparung durch KfW 55 bei einem Eigenkapitalzinssatz von 1 % für die Varianten „mit Keller“ und „ohne Keller“

Es zeigt sich, dass es wirtschaftlicher ist die Studentenwohnräume mit energiesparender LED-Beleuchtung auszustatten, als alle Bewohner ihre Leuchten individuell auswählen und montieren zu lassen.
Diese Maßnahme wurde umgesetzt.

5 Quellen- und Literaturverzeichnis

AMEV (Hrsg.): TGA-Kosten Betreiben 2013. Ermittlung der Kosten für das Betreiben von technischen Anlagen in öffentlichen Gebäuden. Berlin 2013

BKI Baukosteninformationszentrum (Hrsg.): BKI Baukosten Gebäude 2016. Statistische Kostenkennwerte Teil 1. Stuttgart 2016

BKI Baukosteninformationszentrum (Hrsg.): BKI Baukosten Bauelemente 2016. Statistische Kostenkennwerte Teil 2. Stuttgart 2016

BMVBS / BBSR (Hrsg.): Lebens- und Nutzungsdauer von Bauteilen. Berlin. 2010

BMVBS / BBSR (Hrsg.): Leitfaden Nachhaltiges Bauen. Berlin. Februar 2016

BMVBS / BBSR (Hrsg.): Forschung für die Praxis, Band 04: Ökologische Baustoffauswahl. Berlin. Juli 2016

DIN 18960 (2008-2): Nutzungskosten im Hochbau

DIN 276 (2018-12): Kosten im Bauwesen

DIN 277-1 (2016-01): Grundflächen und Rauminhalte im Bauwesen – Teil 1: Hochbau

DIN 4108-2 (2013-02): Wärmeschutz und Energie-Einsparung in Gebäuden – Teil 2. Mindestanforderungen an den Wärmeschutz

DIN V 18599 (2011-12): Energetische Bewertung von Gebäuden - Berechnung des Nutz-, End- und Primärenergiebedarfs für Heizung, Kühlung, Lüftung, Trinkwarmwasser und Beleuchtung

Energieeinsparverordnung (EnEV) vom 16.10.2013

Gesetz zur Förderung Erneuerbarer Energien im Wärmebereich (Erneuerbare-Energien-Wärmegesetz – EEWärmeG) zuletzt geändert am 20.10.2015

Verein zur Förderung der Nachhaltigkeit im Wohnungsbau: Zertifizierungssystem NaWoh V3.1. Kriteriensteckbriefe. Berlin. 2016

Verein zur Förderung der Nachhaltigkeit im Wohnungsbau: Zertifizierungssystem NaWoh V3.1. Anpassungen für Variowohnungen. Berlin 2017

6 Anlagen

01 Brühl 65_Lageplan_Aussenanlagen.pdf

02 Brühl 65_Grundriss_Erdgeschoss.pdf

03 Brühl 65_Grundriss_Obergeschoss_1.pdf

04 Brühl 65_Grundriss_Obergeschoss_4.pdf

05 Brühl 65_Grundriss_Obergeschoss_5.pdf

06 Brühl 65_Grundriss_Dachgeschoss.pdf

07 Brühl 65_ Gebäudeschnitt_B-B.pdf

08 Brühl 65_Ansicht_SO_Brühl.pdf

09 Brühl 65_Aussentüren_Aluminium.pdf

10 Brühl 65_Assa Abloy DC500_Produktdatenblatt.pdf

11 Brühl 65_Betonfertigelement_Balkone_Variante 1_Obergeschoss_1.pdf

12 Brühl 65_Betonfertigelement_Balkone_Variante 2_Obergeschoss_1.pdf

13 Brühl 65_Betonfertigelement_Balkone_Variante 3_Obergeschoss_1.pdf

14 Brühl 65_Bestandsplan_PKW-Stellflächen.pdf

15 Brühl 65_Detailplan_Hauseingangtür_Brühlseite.pdf

16 Brühl 65_Detailplan_Türschnitt_Obergeschoss_5.pdf

17 Brühl 65_Detailplan_Türschnitt_Dachgeschoss.pdf

18 Brühl 65_Detailplan_Zugang_Gemeinschaftsraum_Brühlseite.pdf

19 Brühl 65_Detailplan_Zugang_Hofseite.pdf

20 Brühl 65_Geberit_Renova_Wand-WC_Tiefspüler_Produktdatenblatt.pdf

21 Brühl 65_Geländer_Schnitte_Treppenhausgeländer_Freigabe.pdf

22 Brühl 65_Geländerfeld 15_Treppenhausgeländer_Freigabe.pdf

23 Brühl 65_GEZE_TS5000 Ecline_Türschließsystem_Produktdatenblatt.pdf

24 Brühl 65_GEZE_Türschließer_FAQ.pdf

25 Brühl 65_Handlauf.jpg

26 Brühl 65_Los 6_Leistungsverzeichnis_Tischler.pdf

27 Brühl 65_Los 7_Leistungsverzeichnis_Metallbau.pdf

28 Brühl 65_Los 11_Leistungsverzeichnis_Aufzugsanlage.pdf

29 Brühl 65_Los 14_Leistungsverzeichnis_TGA-HLS.pdf

30 Brühl 65_Los 15_Leistungsverzeichnis_TGA-ELT.pdf

31 Brühl 65_Endbericht_Bestätigung_Toleranzen