

**Förderprogramm für Modellvorhaben
zum nachhaltigen und bezahlbarem Bau von Variowohnungen**

Kurzfassung des Endbericht

Stand: 30.04.2021

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.

**Variowohnungen in Wuppertal Elberfeld
Lahnstraße/Weidenstraße**

Aktenzeichen: Stab ZIP - 20.30.08.-20

Antragssteller: Lahnstraße Projektentwicklung GmbH
Kaiser-Wilhelm-Ring 34
D - 50672 Köln

Forschung: Technische Hochschule Köln
Fakultät für Architektur
Institut für Energieeffiziente Architektur
Betzdorfer Str. 2 | D - 50679 Köln
Prof. Eva-Maria Pape
M.A. Michael Lautwein /
M.A. Carolin Paulukat

Projektlaufzeit: 22.12.2017 - 30.04.2021

Inhaltsverzeichnis

1	Gebäudesteckbrief	3
2	Kurzfassung des Endberichts	6
2.1	Kurzfassung des Bauvorhabens und der Forschung	6
2.2	Zielsetzungen und Maßnahmen der Forschung	8
2.3	Kurzfassung der Forschungsergebnisse und Bewertung	9
2.3.1	Bauweise und Baukonstruktion	9
2.3.2	Gemischte Nutzung und flexible Nachnutzung, räumliche und gestalterische Qualität.....	10
2.3.3	Nachhaltigkeit	12
2.3.4	Kosten und Effizienz	12
3	Literatur	14
4	Abbildungsverzeichnis.....	14

1 Gebäudesteckbrief

Projekt, Standort und Akteure

Projektstandort	Lahnstraße 15 / Weidenstraße 19 D - 42117 Wuppertal
Bauherr	Lahnstraße Projektentwicklung GmbH Julian Weber Kaiser-Wilhelm-Ring 34 D - 50672 Köln
Architekt	APG Architekten- und Planergemeinschaft Cornelia Franz, Bernd Krömmelbein Niehler Straße 102-116 D - 50733 Köln
Forschungseinrichtung	Technische Hochschule Köln Fakultät für Architektur Institut für Energieeffiziente Architektur EEA ³ Prof. Eva-Maria Pape Betzdorfer Str. 2 D - 50679 Köln
Art der Maßnahme	Neubau / Umbau / Lückenschluss / Aufstockung
Innovative Maßnahmen / Förderkriterien	Erhebliche Bauzeitverkürzung Nutzung innerstädtischer Grundstücke, besondere städtebauliche Gestaltung Umsetzung des Konzepts „ready“ bzw. „ready Plus“ für eine vorbereitete Barrierefreiheit Umsetzung eines flexiblen Nachnutzungskonzepts Besondere Aufwendungen zur Senkung der Betriebskosten Gestaltung gemeinschaftlicher Flächen, in- novative Konzepte des Zusammenwohnens Ökologische Freiraumgestaltung Ausbau des Erdgeschosses mit höheren Geschosshöhen

Gebäudekennwerte

Anzahl Wohneinheiten	80
Anzahl Wohnplätze	BT1-3 224 BT1 90 BT2 113 BT3 21
Gebäudetyp	Block / Gebäude im Block
Anzahl der Geschosse	BT1 6 BT2 8 BT3 4
BRI (DIN 277, Stand 01/2016)	BT1-3 22.253 m ³ BT1 8.826 m ³ BT2 10.180 m ³ BT3 3.247 m ³

BGF	BT1-3 7.979 m ² BT1 2.852 m ² BT2 3.756 m ² BT3 1.371 m ²
NUF	BT1-3 5.769 m ² BT1 2.071 m ² BT2 2.626 m ² BT3 1.072 m ²
NE	BT1-3 224 BT1 90 BT2 113 BT3 21
Gesamte Wohnfläche nach WoFIV (Wohn- und Gemeinschaftsfläche)	BT1-3 5.161 m ² BT1 2.020 m ² BT2 2.546 m ² BT3 594 m ²
Gesamte Wohnfläche abzgl. Gemeinschaftsfläche nach WoFIV	BT1-3 317 m ² BT1 147 m ² BT2 46 m ² BT3 124 m ²
Gemeinschaftsfläche je Wohnplatz	1,42 m ²

Konstruktion/Bauprozess

Bauweise	Stahlbetonkelett mit vorgefertigtem Fassadensystem in Holzbauweise und Fertignasszellen
Tragsystem	Skelettbau
Baustoff	Stahlbeton, Holz
Grad der Vorfertigung	5,96 % ¹
Bauzeit (von - bis)	16.11.2018 - 03.05.2021 ²
Dauer des Baus (in Monaten)	BT1-3 29,5 BT1 27,5 BT2 24,5 BT3 24,5

Wirtschaftlichkeit

Gesamtkosten Bau (KG 200 - 700, ohne 710/720/760) (nur für den Vario-Anteil)	17.246.188 € ³
Baukosten KG 300 + 400)	13.455.018 € ⁴
Baukosten KG 300 + 400)/BRI	605 €/m ³
Baukosten KG 300 + 400)/BGF	1.686 €/m ²
Baukosten KG 300 + 400)/NUF	2.251 €/m ²
Baukosten KG 300 + 400)/WP	60.067 €/WP
Warmmiete	305,25 € (328,00 € All in) ⁵
Möbliierungszuschlag	20,00 €

1 Der Vorfertigungsgrad wurde auf Basis des Bauvolumens ermittelt.

2 Die Fertigstellung der Bauteile ist zum Zeitpunkt des Endberichts noch nicht erfolgt. Die Angabe der voraussichtlichen Fertigstellung beruht auf dem aktuellen Bauzeitenplan des Bauherrn (Durch erneute Verzögerungen im Bauablauf kann auch dieser Bauzeitenplan nicht eingehalten werden).

3 Aufgrund der bisher nicht erfolgten Baufertigstellung beruhen die Kosten nicht auf der finalen Kostenfeststellung sondern auf einem vorläufigen Kostenanschlag. Die Kostengruppen KG 710/720/760 können bisher nicht eindeutig von den restlichen Kosten der KG 700 abgegrenzt werden.

4 Die Ermittlung der Kosten beruht auf einem vorläufigen Kostenanschlag.

5 Verpflichtend ist für die Bewohner ein pauschaler Zuschlag für Strom zu entrichten, der sich auf 28,00 € monatlich beläuft.

Ökologie

Nachhaltigkeitszertifizierungen	NaWoh (angestrebt)
Ergebnis der Nachhaltigkeitszertifizierungen	voraussichtlich erfüllt ⁶
Ready-Standard	Ready
Vorraussichtlicher Primärenergiebedarf	BT1 89,22 kWh/(m ² *a) BT2 83,55 kWh/(m ² *a) BT3 55,88 kWh/(m ² *a)
Vorraussichtlicher Primärenergiebedarf nicht erneuerbar	BT1 79,02 kWh/(m ² *a) BT2 74,62 kWh/(m ² *a) BT3 49,24 kWh/(m ² *a)
Vorraussichtlicher Primärenergiebedarf erneuerbar	BT1 10,20 kWh/(m ² *a) BT2 8,93 kWh/(m ² *a) BT3 6,64 kWh/(m ² *a)
Vorraussichtlicher Endenergiebedarf	BT1 59,9 kWh/(m ² *a) BT2 45,8 kWh/(m ² *a) BT3 64,7 kWh/(m ² *a)
Lebenszykluskosten (gemäß Nachhaltigkeitszertifizierung)	1.901 €/(m ² *BGF) ⁷

⁶ Zum jetzigen Zeitpunkt ist die Nachhaltigkeitszertifizierung noch nicht erfolgt, da eine gemeinsame Zertifizierung aller Bauteile des Gebäudeensembles angestrebt wird. Die Einschätzung des Ergebnisses der Nachhaltigkeitszertifizierung beruht auf den im Zuge der Nachhaltigkeitskoordination bereits gesammelten Unterlagen

⁷ Aufgrund der bisher nicht erfolgten Baufertigstellung beruhen die Kosten nicht auf der finalen Kostenfeststellung sondern auf einem vorläufigen Kostenanschlag, sodass die tatsächlichen Lebenszykluskosten abweichen können.

2 Kurzfassung des Endberichts

2.1 Kurzfassung des Bauvorhabens und der Forschung

Der zunehmende Grad der Urbanisierung in Deutschland, der auch auf einen ausbildungsbedingten Zuzug junger Bevölkerungsgruppen zurückzuführen ist, trägt erheblich zur steigenden Wohnungsnot in Großstädten bei. Insbesondere das Angebot an bezahlbarem Wohnraum ist sehr begrenzt und wird der steigenden Nachfrage nicht gerecht. Dies wirkt sich vor allem nachteilig auf einkommensschwache Bevölkerungsgruppen aus, zu denen unter anderem Rentner, Auszubildende und Studierende zählen. Es besteht somit dringender Handlungsbedarf bei Erhöhung des Angebots an nachhaltigen und bezahlbaren Wohnungen, die gleichzeitig eine hohe architektonische und wohnliche Qualität aufweisen. Die Errichtung von Variowohnungen, bei denen es sich um kleine Wohneinheiten mit geringen Warmmieten handelt, die neben einem Individualraum über eine Kochgelegenheit und einen Sanitärraum verfügen, könnte zur Lösung des Problems beitragen.¹

Die Stadt Wuppertal gehört zu den großen deutschen Universitätsstädten und ist Sitz der „Bergischen Universität Wuppertal“, der „Hochschule für Musik und Tanz Köln“ und der „Kirchlichen Hochschule Wuppertal/Bethel“. Die steigenden Studierendenzahlen in den letzten Jahren haben dazu geführt, dass ein Mangel an studentischen Wohnplätzen besteht, was in einem Nachfrageüberhang resultiert. Ein Kriterium zur Bewertung des Bedarfs an studentischen Wohnplätzen bietet die Unterbringungsquote, welche die Anzahl der Studentenwohnplätze im Verhältnis zur Studierendenzahl abbildet. Diese beträgt in Wuppertal lediglich 4,85 % und liegt damit deutlich unter dem Nordrhein-Westfälischen Durchschnitt. Dies hat zur Folge, dass unter den Studierenden ein Pendleranteil von über 50% besteht.²

Mit Errichtung der Variowohnungen auf einem lange Zeit brachliegenden Restgrundstück an der Lahnstraße Ecke Weidenstraße in Wuppertal Elberfeld wurde ein zusätzliches Angebot an Wohnraum geschaffen, welches ausschließlich dem studentischen Wohnen vorbehalten ist. Die zentrumsnahe Lage begünstigt eine gute Anbindung an die öffentlichen Verkehrsmittel und ermöglicht eine gute Erreichbarkeit aller umliegenden Hochschulen. Die Variowohnungen verteilen sich auf drei Baukörper, die 224 Wohnplätze aufnehmen, welche in 80 Wohneinheiten zusammengefasst sind und sich in 33 Zwei-, 30 Drei- und 17 Vierpersonengemeinschaften aufgliedern. Jeder der drei Baukörper weist unterschiedliche bauliche Voraussetzungen auf. Bauteil 1 (BT1) ist ein ehemaliges Bürogebäude aus den 1990er Jahren, das zunächst auf die tragende Stahlbetonskelettstruktur zurückgebaut wurde. Anschließend erfolgte eine energetische Ertüchtigung der Außenwände durch Aufbringung eines Wärmedämmverbundsystems, eine Aufstockung des Gebäudes auf sechs Geschosse und eine Neugliederung der Fassade durch die Einschiebung von Erkern. Alle neu hinzugefügten Bauteile wurden in einer Holztafelbauweise erstellt. Bei Bauteil 2 (BT2) handelt es sich um einen siebengeschossigen Neubau, der durch den Anbau an BT1 und an das Nachbargebäude die Lücke in der vorhandenen Blockbebauung schließt. Konstruktiv bestehen Parallelen zu BT1, da zunächst eine tragende Stahlbetonskelettstruktur errichtet wurde, die anschließend mit Fassadenelementen in Holztafelbauweise ergänzt wurde. Bauteil 3 (BT3) wurde viergeschossig als rückwärtige Bebauung im Innenhof ausgeführt und trägt somit zu einer Nachverdichtung auf dem Grundstück bei. Die unteren drei Geschosse sind massiv ausgeführt, während das Dachgeschoss vollständig in Holztafelbauweise umgesetzt wurde. Das Innere des Gebäudeensembles ist vertikal sowie horizontal klar strukturiert. Während sich im Souterrain der Gebäude auch öffentliche Gemeinschaftsnutzungen befinden, sind die oberen Geschosse den privaten Wohngemeinschaften vorbehalten. Die Gemeinschaftsnutzungen umfassen ein studentisch verwaltetes Cafe, welches



Abb.1 Visualisierung der Variowohnungen an der Lahnstraße Ecke Weidenstraße

1 vgl. Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (2020).

2 vgl. Deutsches Studentenwerk (2019); vgl. Westdeutsche Zeitung (2019); vgl. Bulwiengesa AG (2017).

sich in zentraler Lage an der Ecke Lahnstraße/Weidenstraße befindet, und zwei großzügige Gemeinschaftsräume, die einen Koch- und Essbereich sowie Arbeitsplätze aufnehmen und straßenseitig im Souterrain von BT1 untergebracht sind. Weitere funktionale gemeinschaftliche Nutzungen wie Nebenräume, eine Fahrradgarage, einen Seminarraum und auch überdachte Parkmöglichkeiten befinden sich in BT3.

Die vertikale Erschließung der oberen Geschosse erfolgt bei BT1 und BT2 durch ein zentrales Treppenhaus sowie einen Aufzug. Von diesem ausgehend können in jedem Geschoss die im Zweibund angelegten Wohneinheiten über Mittelflure erreicht werden. Abweichend zur Erschließung von BT1 und BT2 handelt es sich bei BT3 um einen Dreispänner, der über eine einläufige außenliegende Treppe erschlossen wird. Die Wohngemeinschaften selbst verfügen über einen innenliegenden Koch- und Essbereich, der als zentraler Gemeinschafts- und Kommunikationsbereich dient. Hierüber werden alle Individualbereiche sowie der Sanitärbereich erschlossen. Die Individualbereiche sind jeweils an den straßen- und hofseitigen Außenfassaden angeordnet und werden, genauso wie die Gemeinschaftsbereiche, vollständig möbliert vermietet.

Zur Naherholung der Studierenden wurden auch im Außenraum gemeinschaftlich nutzbare Bereiche geschaffen. Durch Rücksprünge der Fassade in den Obergeschossen von BT2 und BT3 entstehen drei Dachterrassen.

Neben den funktionalen Aspekten wurde auch das Thema der Nachhaltigkeit in den Entwurf integriert. Fast alle Dachflächen verfügen über eine extensive Begrünung und tragen so zur Verbesserung des Mikroklimas am Standort bei. Darüber hinaus wurde ein hoher energetischer Standard umgesetzt, der sich in der energetischen Qualität der Gebäudehülle und dem Primärenergiebedarf niederschlägt. Insbesondere der Fernwärmebezug und die effiziente Verteilung der Wärme über Fußbodenheizung tragen zur Verringerung des Primärenergiebedarfs bei. In den innenliegenden Räumen und Sanitärbereichen wird die Abluft bedarfsgesteuert über eine Abluftanlage, kombiniert mit schalldämmenden Nachströmelementen in der Fassade, abgeführt. Zusätzlich zur Verringerung des Energiebedarfs über das architektonische und technische Konzept sollen die Bewohner zur Einsparung von Energie motiviert werden, indem die Energieverbräuche der Wohneinheiten über Monitore in den zentralen Bereichen der einzelnen Bauteile dargestellt werden.

Über die aktive Reduzierung des Energieverbrauchs durch die Bewohner können nicht nur die ökologischen Auswirkungen, sondern auch die Betriebskosten des Gebäudeensembles weiter gesenkt werden. In Kombination mit der angestrebten kostengünstigen Erstellung der Bauteile trägt dies dazu bei, dass den Studierenden eine geringe Warmmiete offeriert und so die Nachfrage an kostengünstigen Wohnraum am Standort Wuppertal zukünftig besser bedient werden kann.

Die Nutzung vorfabrizierter Bauelemente in allen drei Bauteilen sollte sich in einer Bauzeitverkürzung und in niedrigen Investitionskosten niederschlagen. Insbesondere wurden werkseitig erstellte Fassadenelemente in Holztafelbauweise eingesetzt, die bereits inklusive Fenster- und Türelementen auf die Baustelle geliefert wurden und dort nur noch an der Tragstruktur befestigt werden mussten. Darüber hinaus wurden auch die Sanitärbereiche als Fertigelemente ausgeführt, sodass der Aufwand für die Koordination der üblicherweise beteiligten Gewerke entfiel. Während der gesamten Projektumsetzung stand die Baukonstruktion im Zentrum der begleitenden wissenschaftlichen Untersuchung. So wurden die Bauzeiten untersucht, um insbesondere festzustellen, ob vorfabrizierte Bauteile zu einer Verkürzung dieser beitragen können. Darüber hinaus waren auch die Baukosten auf unterschiedlichen Ebenen Bestandteil der Analyse. Ein weiterer Aspekt der wissenschaftlichen Auswertung war die nachhaltige Ausführung des Bauvorhabens, die sich zum einen auf den Energiebedarf des Gebäudeensembles im Betrieb und zum anderen auf eine ganzheitliche Betrachtung über den gesamten Lebenszyklus bezog. Dies schloss vor allem die Analyse des technischen Gebäudekonzepts über eine energetische Bilanzierung und die Ökobilanzierung des gesamten Gebäudes sowie ausgewählter Bauteile ein.

Obwohl die Notwendigkeit einer Um- und Nachnutzung auf absehbare Zeit nicht zu erwarten ist, wurde bereits im Zuge der Planung über eine Flexibilität diesbezüglich nachgedacht. Lediglich das Stahlbetonskelett wurde massiv



Abb.2 Visualisierung des gesamten Gebäudeensembles

ausgeführt. Alle Innenwände wurden als Trockenbauständerwände errichtet, um bei Bedarf einen schnellen und kostengünstigen Rückbau zu ermöglichen. Besonders geeignet sind die Gebäude an der Lahnstraße Ecke Weidenstraße für andere Wohnformen, wie beispielsweise Seniorenwohnen. Auf Grund des demografischen Wandels besteht hier zukünftig ein großer Bedarf. So sind die Wohneinheiten barrierefrei über Aufzüge erreichbar und wurden mindestens gemäß dem Ready-Standard erstellt. Ebenso wie die Bauzeiten, die Baukosten und die Nachhaltigkeit wurde daher auch die Flexibilität der Gebäudekonstruktion hinsichtlich zukünftiger Nutzungsänderungen wissenschaftlich ausgewertet, indem der bauliche Aufwand hierfür ermittelt und mit Kennwerten zu Kosten und Ausführungsdauern hinterlegt wurde.

2.2 Zielsetzungen und Maßnahmen der Forschung

Durch eine wissenschaftliche Begleitung des Bauvorhabens sollen die Potentiale von Variowohnungen bezüglich architektonischer, konstruktiver, ökologischer und ökonomischer Aspekte untersucht und Erkenntnisse für zukünftige Bauvorhaben generiert werden. So erfolgte zwecks Evaluierung des Erreichens der gesetzten Ziele während der gesamten Umsetzung des Bauvorhabens eine wissenschaftliche Analyse, die sich in vier Themenbereiche gliedert:

Unter dem Punkt „Bauweise und Baukonstruktion“ wurde eine eingehende Untersuchung der Baukonstruktion hinsichtlich der angestrebten Bauzeitverkürzung und in Bezug auf ökologische sowie wirtschaftliche Aspekte vorgenommen. Zur Analyse der Bauzeitverkürzung wurden die tatsächlichen Bauzeiten sowohl anhand des Bauzeitenplans als auch mithilfe der schriftlichen Dokumentation der Projektleitung aufgeschlüsselt und den ursprünglich vorgesehenen Bauzeiten gegenübergestellt. Hierdurch konnten Abweichungen identifiziert und aus dem Projektverlauf heraus begründet werden. Insbesondere die Bauteile, die zur Beschleunigung des Bauablaufs beitragen sollten, wurden hinsichtlich ökologischer und wirtschaftlicher Aspekte untersucht und in Gegenüberstellung mit Alternativkonstruktionen bewertet. Unter Berücksichtigung des gesamten Lebenszyklus wurden mithilfe einer Ökobilanzierung ökologische Kennwerte ermittelt. Ebenso wurden die Investitionskosten anhand statistischer Kostenkennwerte für verschiedene Konstruktionen abgeschätzt.

Im Abschnitt „gemischte Nutzung und flexible Nachnutzung, räumliche und gestalterische Qualität“ wurde die räumliche und gestalterische Qualität des Bauvorhabens unter Einbeziehung der Kriterien des Bewertungssystems nachhaltiger Wohnungsbau (NaWoh) zur Funktionalität analysiert und bewertet. Darüber hinaus wurden alternative Nutzungsmöglichkeiten identifiziert und in Grundrisszeichnungen umgesetzt. Durch Gegenüberstellung der Grundrisskonzeption der ausgeführten mit den alternativen Nutzungen wurde der Umfang von Umbaumaßnahmen für eine entsprechende Umnutzung erfasst und über die statistischen Kostenkennwerte des Baukosteninformationszentrums (BKI) mit Kosten- und Zeitaufwendungen hinterlegt. Anhand dieser Daten konnten Aussagen zur Flexibilität der erstellten Grundrisse getroffen werden.

Die Kategorie „Nachhaltigkeit“ bezieht sich auf die Nachhaltigkeitszertifizierung, die gemäß des Qualitätssiegels nachhaltiger Wohnungsbau (NaWoh) vorgenommen wurde. Anhand festgelegter Kriterien wurden die Wohnqualität, die technische, ökologische und ökonomische sowie die Prozessqualität dokumentiert und bewertet.

Die „Kosten und Effizienz“ des Bauvorhabens wurde in mehreren Arbeitsschritten untersucht. Durch die Ermittlung energetischer Kennwerte im Zuge einer Gebäudebilanzierung, konnte die energetische Effizienz des ausgeführten gebäudetechnischen Konzepts in Gegenüberstellung mit einer alternativen Ausführung bewertet werden. Des Weiteren wurden Konzepte für Energiesparmaßnahmen vorgestellt, die eine Senkung des Energieverbrauchs im Betrieb unter Einbeziehung der Nutzer herbeiführen sollen. Abschließend erfolgt eine differenzierte Bewertung der Wirtschaftlichkeit des Bauvorhabens. Die Baukosten wurden auf verschiedenen Ebenen analysiert, sodass Veränderungen in der Zusammensetzung der Gesamtkosten, bezogen auf die Kostengruppen, aufgezeigt und Gründe für Kostensteigerungen und –rückgänge herausgestellt werden konnten. Darüber hinaus wurden Kostenkennwerte gebildet, die in Gegenüberstellung mit Kostenkennwerten vergleichbarer Gebäudetypologien Aufschluss über das Kostenniveau des Bauvorhabens geben. Außerdem wurde eine Lebenszykluskostenberechnung erstellt, um neben den Investitionskosten auch eine Bewertung weiterer, im Lebenszyklus des Gebäudes auftretender Kosten zu ermöglichen.

2.3 Kurzfassung der Forschungsergebnisse und Bewertung

2.3.1 Bauweise und Baukonstruktion

Das Gebäudeensemble Studierendenwohnen Wuppertal-Elberfeld wurde konstruktiv als Hybridsystem ausgebildet, indem eine Kombination eines tragenden Stahlbetonskeletts mit einer vorgehängten Fassade aus vorfabrizierten Holztafelmodulen erfolgte. Zur Gliederung der Grundrisse wurden hauptsächlich leichte Trennwände eingesetzt, um eine hohe Flexibilität des Gebäudes zu ermöglichen. Diese Bauweise wurde hinsichtlich der Bauzeiten sowie ökologischen und wirtschaftlichen Kriterien untersucht.

Durch die Nutzung von vorfabrizierten Bauteilen sollte eine Bauzeitverkürzung realisiert werden. Der Einsatz vorfabrizierter Bauteile beschränkte sich hauptsächlich auf Badzellen- und Holztafelmodule im Fassadenbereich, da von der Verwendung von Betonhalbfertigteilen gegenüber der ursprünglichen Planung Abstand genommen wurde. Die Gegenüberstellung der vor Beginn der Ausführung prognostizierten mit den tatsächlichen Bauzeiten ergab, dass das Ziel der Bauzeitverkürzung nicht umgesetzt werden konnte und stattdessen sogar eine erhebliche Bauzeitverzögerung auftrat. Zurückzuführen ist dies auf Differenzen zwischen der Planungs- und Realsituation. So wurde im Laufe des Bauprozesses eine abweichende Bodenbeschaffenheit festgestellt, das Baugrundstück musste auf Kriegslasten untersucht werden und das Bestandsgebäude zeigte eine andere Ausführung im Fassadenbereich als angenommen. Dies führte zu architektonischen, statischen und koordinativen Anpassungen, die infolge der engen Taktung der Bauprozesse weitere Verzögerungen nach sich zogen. Aufgrund der erheblichen Verzögerungen traten auch gegenüber vergleichbaren Bauvorhaben aus dem Bereich „Wohnheime und Internate“ deutlich höhere Ausführungszeiten auf, obwohl sich die prognostizierten Bauzeiten im Rahmen der Vergleichsobjekte bewegten. Trotz der Bauzeitverzögerung ist das Potential von vorfabrizierten Bauteilen zur Reduzierung der Ausführungszeiten deutlich geworden, da die Montage auf der Baustelle innerhalb von sehr geringen Zeitspannen durchgeführt werden konnte. Die Nutzung vorfabrizierter Bauteile bei Bestandsbauten sollte jedoch sorgfältig abgewogen werden, da im Vergleich zu Neubauten höhere Toleranzen bei der bestehenden Bausubstanz auftreten können. Herausforderungen bei einer solchen Bauweise bestehen derzeit in herkömmlichen Planungs- und Ausschreibungsprozessen. Potentiale werden hier in integralen Planungsprozessen in Kombination mit einer BIM-basierten Bearbeitung gesehen.

Mittels Gegenüberstellung der ausgeführten Konstruktio-



Abb.3 Tragende Stahlbetonstruktur mit vorgehängenen Fassadenmodulen in Holztafelbauweise bei BT2



Abb.4 Verputzte Betonfassade von BT3 (Quelle: Bauleitung Prime Value Invest GmbH)



Abb.5 Fassade aus Holztafelementen von BT2 (Quelle: Bauleitung Prime Value Invest GmbH)

nen verschiedener Bauteilgruppen mit alternativen Ausführungsmöglichkeiten erfolgte eine ökologische und wirtschaftliche Einordnung des Bauvorhabens. Insbesondere bei Verwendung von Holz oder Holzwerkstoffen zeigt sich eine geringe Umweltwirkung der entsprechenden Bauteile, sodass die großflächige Verwendung der vorfabrizierten Holztafelelemente im Fassadenbereich besonders positiv hervorzuheben ist. So ist die Nutzung von Holz als Baumaterial aus ökologischer Sicht dem Material Stahlbeton vorzuziehen, weshalb sich vor allem die Betonfassade der neuen rückwärtigen Bebauung ungünstig auf die gesamtökobilanzielle Bewertung dieses Bauteils auswirkt. Materialien können jedoch nicht ausschließlich aus ökologischen Gesichtspunkten ausgewählt werden, sondern müssen auch in ihren baukonstruktiven, statischen und brandschutztechnischen Eigenschaften bewertet werden, sodass die Nutzung von Holz nicht immer zweckmäßig ist.

Die Wahl der Materialien für einzelne Bauteilschichten hat einen großen Einfluss auf den ökologischen Kennwert des Bauteils. Hier besteht ein weiteres Potential zur Reduzierung der Umweltwirkung einiger ausgeführter Bauteile in der umsichtigen Nutzung von alternativen Dämmstoffen. Eine ökobilanzielle Berechnung kann jedoch nicht alle ökologischen Vorzüge einer Konstruktion abbilden. So werden beispielsweise die positiven Einflüsse des Gründachs auf das Mikroklima rechnerisch nicht berücksichtigt.

Zusätzlich zu der ökologischen Einordnung erfolgte auch eine Abwägung in Bezug auf wirtschaftliche Aspekte. Hierzu wurden die spezifischen Bauteilkosten anhand statistischer Kennwerte ermittelt. Eine ökologischere Konstruktion führt nicht gleichsam zu höheren Kosten. Vielmehr ist der Einsatzort des Bauteils in Kombination mit der angestrebten Konstruktion für die Höhe der Kosten ausschlaggebend. Im Vergleich zu den Kostenreferenzwerten der Gebäudeart „Wohnheime und Internate“ handelt es sich bei den ausgeführten Konstruktionen in allen Bauteilgruppen um eine verhältnismäßig günstige Ausführung, sofern die spezifischen Bauteilkosten auf Basis der statistischen Kennwerte der Bewertung zu Grunde gelegt werden.

Ergänzend zu der einzelnen Betrachtung der Bauteilgruppen wurde auch das Gesamtergebnis der Ökobilanzierung einbezogen. Zwischen den Neubauteilen und dem Bestandsbauteil besteht über den gesamten Lebenszyklus gesehen ein Unterschied im Verhältnis des Energiebedarfsanteils und dem Anteil der baustoffrelevanten Umweltwirkung. Bei den Neubauten sind beide Bestandteile etwa gleichermaßen verteilt, sodass sie in der Planung gleichberechtigt betrachtet werden müssen. Eine alleinige Bewertung des Energiebedarfs zur Einordnung der Umweltwirkung der Gebäude ist somit nicht ausreichend. Dagegen überwiegt bei dem Bestandsgebäude der Bestandteil des Energiebedarfs gegenüber der Baukonstruktion. Hier trägt die Weiterverwendung der Bestandsstruktur über den ersten Lebenszyklus des Gebäudes hinaus erheblich zur Minimierung der Umweltbelastung durch die Baukonstruktion bei.

2.3.2 Gemischte Nutzung und flexible Nachnutzung, räumliche und gestalterische Qualität

Das Gebäudeensemble Studierendenwohnen Wuppertal-Elberfeld wurde für eine langfristige Gebäudenutzung konzipiert, die auch eine Umnutzung zu einem späteren Zeitpunkt im Lebenszyklus einschließt. Daher ist es von hoher Relevanz, dass das Gebäudeensemble sowohl zum jetzigen Zeitpunkt eine hohe räumliche und gestalterische Qualität aufweist als auch baulich und strukturell die Möglichkeit zur Umnutzung bietet.

Zunächst erfolgte eine Analyse der räumlichen Qualität, bei der städtebauliche und architektonische Aspekte berücksichtigt wurden. Hierbei wurde festgestellt, dass sich das Gebäudeensemble baulich und infrastrukturell in die vorhandene städtebauliche Umgebung einfügt. Das Gebäudeensemble stellt eine Fortführung der bestehenden Bebauung dar und ergänzt diese außerdem durch die Schließung einer Kriegsbaulücke. Bei der gestalterischen Ausformulierung der Baukörper wurden architektonische, materielle und farbliche Aspekte aus der umliegenden Bebauung aufgegriffen. Die Umsetzung der studentischen Wohnform passt sich in die Nutzungsstruktur des Quartiers ein und reagiert außerdem auf den Bedarf an Wohnraum im Stadtgebiet Wuppertal, der insbesondere unter den Studierenden



Abb.6 Gebäudeensemble Studierendenwohnen Wuppertal-Elberfeld im städtebaulichen Zusammenhang (Quelle: Bauleitung Prime Value Invest GmbH)

besteht. Die Lage des Baugrundstücks im Stadtgebiet bietet eine gute verkehrs- und versorgungstechnische Anbindung, die auch für zukünftige Nutzungen einen Mehrwert darstellt. Perspektivisch ist noch eine Aufwertung der Lage zu erwarten, da die Abnahme der Lärmbelastung und eine Verbesserung der Luftqualität infolge einer Reduzierung des PKW-Verkehrs durch Initiativen der Stadt Wuppertal unterstützt werden. Die Strukturierung im Innenraum der Bauteile ist auf eine Maximierung der Nutzungsflächen ausgelegt. Diese wurde zum einen durch die innenliegende Platzierung der gemeinschaftlichen Koch- und Essbereiche zu Lasten der Aufenthaltsqualität umgesetzt und zum anderen mittels auskragender Erker im Bereich der Individualräume erreicht. Die Erker führen zu einer Vielzahl an Individualraumtypen mit unterschiedlichen innenräumlichen Qualitäten, die sich vor allem in der Belichtungs- und Ausblickssituation, aber auch den Raumzuschnitten bemerkbar machen. Unterstrichen wird die Individualität dieser Räumlichkeiten durch ein differenziertes innenarchitektonisches Stil- und Farbkonzept. Auf der einen Seite kann diese Vielfalt dazu beitragen, unterschiedliche Nutzertypen anzusprechen, auf der anderen Seite resultiert jedoch eine hohe Komplexität der Grundrisse.

In einem zweiten Schritt wurden künftige Nutzungsmöglichkeiten untersucht, indem eine Analyse des Gebäudeensembles in Hinblick auf die Flexibilität und Umnutzungsfähigkeit erfolgte. Hierzu wurden zum einen bauliche Merkmale identifiziert, die im Allgemeinen eine Umnutzung begünstigen und zum anderen der bauliche und finanzielle Aufwand einer konkreten Umnutzungsvariante für alternative Wohnformen anhand eines Grundrissbeispiels ermittelt. Bei der Konzeption alternativer Wohnformen wurde bereits berücksichtigt, dass ein steigender Bedarf an Wohnangeboten für ältere Bevölkerungsgruppen besteht. Durch die Umsetzung des Ready-Konzepts wurden seniorengerechte Wohnformen perspektivisch vorbereitet, da eine barrierefreie Zugänglichkeit zu den Bauteilen besteht und auch die Räumlichkeiten innerhalb der Wohneinheiten, insbesondere die Sanitärbereiche, entsprechende Eigenschaften aufweisen.

Bei der Identifikation von Merkmalen, die eine Umnutzung begünstigen, hat sich das Konstruktionsprinzip als ausschlaggebender Faktor herausgestellt. Das im Gebäudeensemble Studierendenwohnen Wuppertal-Elberfeld umgesetzte Hybridsystem ist in Hinblick auf Umnutzungen prinzipiell förderlich, da eine verhältnismäßig schnelle Rückbaubarkeit bis auf die tragende Stahlbetonskelettstruktur möglich ist. Bei der Umnutzung des studentischen Wohnens in alternative Wohnformen können die Eingriffe in die bestehende Bausubstanz jedoch wesentlich geringer ausfallen, da die grundlegende Grundrissstruktur beibehalten werden kann. Herausforderungen liegen hier jedoch in der Vielzahl an unterschiedlichen Wohnungstypen, durch die ein erhöhter Planungsaufwand für die Umnutzungen entsteht. Einschränkungen bei der Neustrukturierung der Grundrisse bestehen durch die variable Anordnung von Erkern und Fenstern. Sofern keine Eingriffe in die Fassade erfolgen sollen, die bei BT2 durch die Holztafelbauweise leichter umzusetzen wären als bei den restlichen Bauteilen, die über eine Betonfassade verfügen, ist die Platzierung der leichten Trennwände begrenzt. Darüber hinaus zieht die Veränderung der Raumzuschnitte einen Eingriff in den Bodenaufbau und die Fußbodenheizung nach sich, da die leichten Trennwände direkt auf dem Rohboden verankert werden. Somit bestehen trotz Hybridstruktur strukturelle Einschränkungen, sofern nur kleine bauliche Eingriffe erfolgen sollen. Neben der Konstruktion ist somit die bestehende Grundrissstruktur ausschlaggebend für die Umnutzungsfähigkeit eines Gebäudes. In Bezug auf das Gebäudeensemble sind hier vor allem auch die innenliegenden Koch- und Essbereiche zu erwähnen, die einen technischen Verbund zu den Nasszellen bilden. Aufgrund der inneren Lage weisen die Koch- und Essbereiche nur eingeschränkte Aufenthaltsqualitäten auf, sodass hier bei alternativen Wohnformen ein Bezug zum Außenraum hergestellt werden muss. Darüber hinaus weisen die Individualräume sehr unterschiedliche Raumzuschnitte auf, die für eine Umnutzung erschwerend wirken. Insbesondere Räume mit komplexen geometrischen Strukturen erfordern bei Umnutzungen einen höheren baulichen Aufwand. Insgesamt ist festzuhalten, dass eine Umnutzung des Gebäudeensembles Studierendenwohnen Wuppertal-Elberfeld auch unter Beibehaltung der Wohneinheiten möglich ist, jedoch aufgrund der Vielzahl an Wohnungstypen große Unterschiede in Bezug auf den Planungs- und Ausführungsaufwand sowie die innenräumliche Qualität bestehen.



Abb.7 Innenansicht eines Individualraums (Quelle: Bauleitung Prime Value Invest GmbH)

2.3.3 Nachhaltigkeit

Die Nachhaltigkeit spielte bei Erstellung des Gebäudeensembles Studierendenwohnen Wuppertal-Elberfeld eine wichtige Rolle und sollte mithilfe einer Zertifizierung über das Qualitätssiegel Nachhaltiger Wohnungsbau (NaWoh) nachgewiesen werden. Infolge der erheblichen Bauzeitverzögerung konnte der Zertifizierungsprozess mit Ende des Förderungszeitraums noch nicht erfolgreich abgeschlossen werden. Da eine Zertifizierung des gesamten Gebäudeensembles angestrebt wird, stehen einige Unterlagen erst mit der Baufertigstellung aller Bauteile zur Verfügung. In ihrer Rolle als Nachhaltigkeitskoordinatorin konnte die TH Köln das Projektteam erst mit Beginn des Förderzeitraumes beim Sammeln und Erstellen der Unterlagen unterstützen. Zu diesem Zeitpunkt stand das Projekt kurz vor Baubeginn, sodass alle Grundsatzentscheidungen bereits getroffen und die Einflussmöglichkeiten durch Einbeziehung der konkreten Zertifizierungskriterien begrenzt waren. So konnte als Zielsetzung für die Zertifizierung nur die Erreichung des Mindeststandards festgelegt werden. Die bisher vorliegenden Unterlagen lassen den Rückschluss zu, dass die Anforderungen des NaWoh-Zertifizierungssystems voraussichtlich erfüllt werden können. Nahezu abgeschlossen ist die Einschätzung der „Wohnqualität“ und der „Ökologischen Qualität“. Unvollständigkeit besteht lediglich bei Unterlagen, die durch die beteiligten Ausführungsfirmen vorgelegt werden müssen. Hier ist, trotz Festschreibung im Leistungsverzeichnis, ein erhöhter Aufwand beim Einfordern der Unterlagen festzustellen, da eine Nachhaltigkeitszertifizierung nicht standardmäßig durchgeführt wird und die Firmen über wenig Erfahrung mit diesem Prozess verfügen. Da das NaWoh-Zertifizierungssystem keine Gewichtung zwischen den einzelnen Kriterien vorsieht, sondern eine Erfüllung aller Aspekte fordert, konnten einige Anforderungen nur mithilfe von Ausnahmeregelungen erfüllt werden. Zurückzuführen ist dies unter anderem auf die Topografie des Baugrundstücks, die verdichtete innerstädtische Lage und die Umnutzung eines Bestandsgebäudes. Darüber hinaus kam erschwerend hinzu, dass die Zertifizierungskriterien durch die NaWoh erst im späteren Verlauf des Antragsprozesses an die speziellen Bedürfnisse des Variowohnens angepasst wurden. Dies führte dazu, dass die Planungen zum Gebäudeensemble Studierendenwohnen Wuppertal-Elberfeld bereits weit fortgeschritten waren und die Anpassungen nur unter erhöhtem Aufwand integriert werden konnten. In Bezug auf die „Technische Qualität“ sind noch einige Punkte offen. Zurückzuführen ist dies darauf, dass die Anforderungen bei vielen Aspekten über das gesetzliche Maß hinausgehen und keine standardmäßige Erstellung entsprechender Unterlagen erfolgt. Dies wurde erst bei genauer Prüfung der Kriteriensteckbriefe durch die Nachhaltigkeitskoordinatorin festgestellt, sodass einige Nachweise nachträglich bei Fachplanern beauftragt werden mussten. Darüber hinaus werden in dieser Gruppe einige Aspekte beleuchtet, welche die Transformation eines Gebäudes im späteren Verlauf des Lebenszyklus betreffen. Zur Bewertung der Kriterien der beiden letzten Gruppen „Ökonomische Qualität“ und „Prozessqualität“ sind viele Unterlagen notwendig, die von der Baufertigstellung abhängig sind, sodass die Datenlage dieser beiden Gruppen noch unzureichend ist. Festzuhalten ist, dass eine Nachhaltigkeitszertifizierung mit erhöhtem Aufwand für Planungs- und Ausführungsbeteiligte verbunden ist, jedoch eine qualitativ hochwertigere und nachhaltigere Erstellung von Gebäuden bewirkt. So wurden, trotz des fortgeschrittenen Planungsstands bei intensiver Auseinandersetzung mit den geltenden Zertifizierungskriterien, bei der Erstellung des Gebäudeensembles Studierendenwohnen Wuppertal-Elberfeld Aspekte einbezogen, die ohne den Zertifizierungsprozess unberücksichtigt geblieben wären.

2.3.4 Kosten und Effizienz

Bei der Konzeption des Gebäudeensembles Studierendenwohnen Wuppertal-Elberfeld war die Berücksichtigung von Aspekten der Nachhaltigkeit bei gleichzeitig hoher Wirtschaftlichkeit ein wichtiger Bestandteil, der baulich durch die Umsetzung eines hohen energetischen Standards sowie einer kostengünstigen Bauweise und anlagentechnischer Ausstattung berücksichtigt wurde. Darüber hinaus wurden Ansätze entwickelt und integriert, welche die Motivation der studentischen Bewohner zum Energiesparen steigern und so sowohl die ökologischen Auswirkungen als auch die Betriebskosten senken sollen.

Die unterschiedlichen baulichen Ausgangssituationen der drei Bauteile erforderten differenzierte Herangehensweisen an die Entwicklung eines Energiekonzepts. Beim Bestandsgebäude stand vor allem die energetische Ertüchtigung der Gebäudehülle durch ein Wärmedämmverbundsystem im Vordergrund, während die Gebäudehülle der Neubauten neben einer wärmeverlustrarmen Konstruktion auch einen Beitrag zur Bauzeitverkürzung leisten sollte. Die Anwendung einer Holztafelbauweise bedient beide Zielsetzungen und trägt maßgeblich zu einer deutlichen Unterschreitung der gesetzlichen Anforderungen an die energetische Qualität der Gebäudehülle bei. Gleichzeitig birgt sie den Vorteil, dass die Realisierung niedriger Wärmedurchgangskoeffizienten bei verhältniss

mäßig geringer Bauteilstärke möglich ist. Hierdurch entsteht für die Außenbauteile nur eine geringe Konstruktionsfläche, sodass durch diese Bauweise außerdem eine Steigerung der Flächeneffizienz erreicht werden kann.

Die ökologischen Auswirkungen des Gebäudes, hier bezogen auf den Aspekt des Primärenergiebedarfs im Gebäudebetrieb, unterschreiten die gesetzlichen Anforderungen jedoch nur knapp, sodass an dieser Stelle Optimierungspotential besteht. In der gebäudebilanziellen Erfassung wurde allerdings der reale Primärenergiefaktor der lokal bereitgestellten Fernwärme, die ökologisch neutral über ein Müllheizkraftwerk erfolgt, nicht berücksichtigt. Es ist daher zu erwarten, dass die tatsächliche Umweltwirkung des Gebäudeensembles Studierendenwohnen Wuppertal-Elberfeld erheblich niedriger ausfällt. Eine weitere Reduzierung der Umweltwirkung des Gebäudeensembles könnte durch die Verringerung des Endenergiebedarfs erreicht werden. Der Endenergiebedarf fällt, unter anderem aufgrund der Wärmebereitstellung über Fernwärme, recht hoch aus und hätte durch die Wahl eines alternativen Wärmeerzeugers, beispielsweise einer Wärmepumpe, reduziert werden können. Die Umsetzung eines alternativen gebäudetechnischen Konzepts würde sich jedoch auch auf die Investitionskosten auswirken und somit die Zielsetzung einer besonders wirtschaftlichen Erstellung des Gebäudeensembles tangieren.

Das durch den Bauherrn initiierte Monitoringkonzept bedient dagegen beide Aspekte. Die studentischen Bewohner werden dazu angeregt einen Beitrag zur Verringerung des Energieverbrauch durch die Gebäudenutzung zu leisten, in Folge dessen sich sowohl die ökologischen Folgen als auch die Betriebskosten vermindern. Diesem Anreiz entgegen steht jedoch die pauschale Abrechnung der Energiekosten an die Mieter.

Die wirtschaftliche Erstellung des Gebäudeensembles, unter anderem durch die Nutzung vorfabrizierter Bauteile, sollte sich in geringen Herstellungskosten niederschlagen. Gegenläufig zu diesem Ziel zeigte sich, dass die Bauwerkskosten über dem Durchschnitt der Gebäudetypologie „Wohnheime und Internate“ liegen. Die erhebliche Kostensteigerung im Laufe des Projekts, maßgeblich zurückzuführen auf die veränderte Gründungssituation sowie die Schwierigkeiten bei den Abbrucharbeiten, sind ursächlich dafür, dass dieses Ziel nicht umgesetzt werden konnte. Neben den tendenziell hohen Herstellungskosten haben auch die verdichtete Form des Wohnens, die das Konzept des Variowohnens bedingt, und die Wahl des Wärmeerzeugers Auswirkungen auf die Lebenszykluskosten des Gebäudeensembles. Die verdichtete Form des Wohnens spiegelt sich vor allem durch hohe Betriebskosten im Bereich des Trinkwassers wieder und auch der eher hohe Endenergiebedarf für Heizung und Wasser übt starken Einfluss auf die Betriebskosten aus. Dies führt dazu, dass sich auch die Lebenszykluskosten auf einem eher hohen Niveau bewegen.



Abb.8 Wärmedämmverbundsystem an BT1 (Quelle: Bauleitung Prime Value Invest GmbH)



Abb.9 Fernwärmeübergabestation in BT2 (Quelle: Bauleitung Prime Value Invest GmbH)

3 Literatur

[1] Bulwiengesa AG (2017) Scoring der Angebots- und Nachfragesituation im Segment Studentisches Wohnen – 69 Städte im Fokus, <https://www.bulwiengesa.de/sites/default/files/p1707-3790_studentenwohnen_scoring.pdf>, [03.07.2020].

[2] Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (2020a): Förderprogramm – Modellvorhaben zum nachhaltigen und bezahlbaren Bau von Variowohnungen, <<https://www.zukunftbau.de/variowohnungen/06-foerderprogramm/>>, [03.07.2020].

[3] Deutsches Studentenwerk (2019): Wohnraum für Studierende – Statistische Übersicht 2019, <https://www.studentenwerke.de/sites/default/files/191118_dsw_wohnen19_web.pdf>, [03.07.2020].

[4] Westdeutsche Zeitung (2019): 600 neue Studenten wissen nicht, wo sie in Wuppertal wohnen sollen, <https://www.wz.de/nrw/wuppertal/uni-wuppertal-studenten-wissen-nicht-wo-sie-wohnen-sollen_aid-45548743>, [03.07.2020].

4 Abbildungsverzeichnis

Abb.1	Visualisierung der Variowohnungen an der Lahnstraße Ecke Weidenstraße	6
Abb.2	Visualisierung des gesamten Gebäudeensembles	7
Abb.3	Tragende Stahlbetonstruktur mit vorgehangenen Fassadenmodulen in Holztafelbauweise bei BT2	9
Abb.4	Verputzte Betonfassade von BT3 (Quelle: Bauleitung Prime Value Invest GmbH).....	9
Abb.5	Fassade aus Holztafelelementen von BT2 (Quelle: Bauleitung Prime Value Invest GmbH)	9
Abb.6	Gebäudeensemble Studierendenwohnen Wuppertal-Elberfeld im städtebaulichen Zusammenhang (Quelle: Bauleitung Prime Value Invest GmbH)	10
Abb.7	Innenansicht eines Individualraums (Quelle: Bauleitung Prime Value Invest GmbH)	11
Abb.8	Wärmedämmverbundsystem an BT1 (Quelle: Bauleitung Prime Value Invest GmbH).....	13
Abb.9	Fernwärmeübergabestation in BT2 (Quelle: Bauleitung Prime Value Invest GmbH).....	13