

BAUEN MIT BESTAND

Entwurf einer Neubausiedlung mit wiederverwendeten Materialien



Universität Stuttgart

Masterarbeit 04|2025 im Wintersemester 2024/2025 am:

ILEK

Institut für Leichtbau Entwerfen und Konstruieren
Universität Stuttgart

Prof. Dr.-Ing. M.Arch. Lucio Blandini
Prof. Dipl.-Ing. Jürgen Schreiber

Fachliche Betreuung: M.Arch. Christoph Nething - M.Sc. Benedikt Strahm -
M.Sc., M.Sc. Hannah Schürmann - M.Sc. Silas Kalmbach

Bearbeitet von: Alexander Unterreiner, Robin Eigenmann

Fotos: © Robin Eigenmann
Satz und Layout: Alexander Unterreiner, Robin Eigenmann

Kooperation mit: Gesellschaft für Wohnungs- u. Gewerbebau Tübingen mbH -
Ute Jaschinski



VORWORT

Die vorliegende Masterarbeit mit dem selbstständig erarbeiteten Thema „Bauen mit Bestand“ entstand aus verschiedenen Motivationen heraus. Zum einen wurde uns im Laufe des Studiums die Notwendigkeit für das Thema Nachhaltigkeit bewusst und zum anderen dessen Dringlichkeit durch die aktuelle Weltlage verstärkt. Die Tatsache, dass diesem Problem zu wenig Aufmerksamkeit geschenkt wird, bestärkte die Entscheidung, die Masterarbeit diesem Thema zu widmen.

Nicht nur wegen der komplexen und weitreichenden Bearbeitungsbereiche einer Masterarbeit, sondern auch, weil sich unterschiedliche Kompetenzen ergänzen und dieses Potential in vergangenen Semestern erkannt wurde, haben wir uns dazu entschieden, diese Masterarbeit im Team zu

erarbeiten. Auch im späteren Berufsleben steht zunehmend das Arbeiten im Team im Vordergrund, um durch unterschiedliche Kompetenzen und Sichtweisen ein insgesamt besseres Ergebnis zu erzielen. Es ist uns durch einen offenen, konstruktiven und respektvollen Austausch, dem Einsatz unserer individuellen Stärken, unterschiedlichen Sichtweisen und Meinungen gelungen, ein gemeinsames Ziel zu verfolgen und uns gleichermaßen in die Arbeit einzubringen.

Ein besonderer Dank gilt dem Institut für Leichtbau Entwerfen und Konstruieren mit allen Beteiligten, die diese Arbeit ermöglicht haben.

04 | INHALTSVERZEICHNIS

VORWORT	02
I. EINLEITUNG	06
Bedeutung von Recycling im Bauwesen	06
Potential von wiederverwendeten Bauteilen	08
Methodik und Vorgehensweise	10
II. BESTANDSAUFNAHME	12
Auswahlkriterien für die Spendergebäude	12
Dokumentation und Analyse der Baustruktur	14
Bauteilkatalog	38
Schäden und Betoninstandsetzung	66
III. ENTWURF	68
Konzept und Entwurfsstrategie	68
Bauablauf	70
Position, Orientierung und Gebäudevolumen	76
Doppelhaus	78
Mehrfamilienhaus	86
Rendering	94
Konstruktionsdetails	98
Gebäudetechnik	104
IV. ANALYSE	106
Ökologische Analyse	106
Vergleich mit konventionellem Bauen	113
Ökonomische Analyse	117
Vergleich mit konventionellem Bauen	122
V. Fazit und Ausblick	126

128

VI. Literaturverzeichnis

134

VII. Abbildungsverzeichnis

140

VIII. Anhang

06| I. EINLEITUNG - BEDEUTUNG VON RECYCLING IM BAUWESEN

Der Bausektor zählt zu den ressourcenintensivsten Industrien weltweit und trägt maßgeblich zu Umweltproblemen wie CO₂-Emissionen, hohem Rohstoffverbrauch und großflächigem Abfallaufkommen bei. Besonders in Deutschland entstehen jährlich enorme Mengen an Bauschutt. Laut des Umweltbundesamtes belaufen sich diese auf schätzungsweise 230 Millionen Tonnen (vgl. UBA, 2023). Diese Problematik wird vor dem Hintergrund wachsender Umweltprobleme und der Notwendigkeit, nachhaltigere Entwicklungswege zu finden, immer dringlicher.

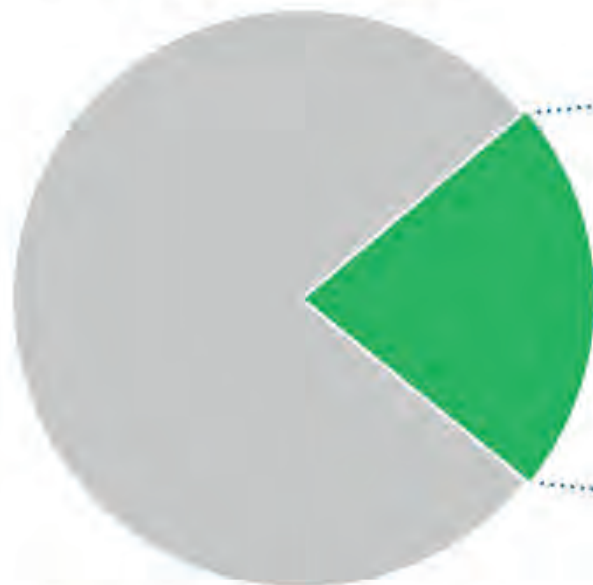
In den letzten Jahren haben sich Konzepte für umweltschonendes Bauen und der Kreislaufwirtschaft als wichtige Ansätze durchgesetzt, um die negativen Folgen der Baubranche zu verringern. Eines der zentralen Konzepte ist das „Bauen mit Bestand“, also das gezielte Wiederverwenden von Materialien und Bauelementen aus bereits bestehenden Gebäuden

und bietet dabei ein großes Potenzial. Wenn diese wiederverwendeten Materialien in Neubauprojekte integriert werden, können nicht nur der Verbrauch von Rohstoffen und die Abfallmenge reduziert werden, es entstehen auch ökonomische Vorteile. Dies steht im Einklang mit den aktuellen Zielen, Bauprozesse nachhaltiger und zukunftsfähiger zu gestalten.

Das Thema ist auch deshalb relevant, weil sich zahlreiche Herausforderungen ergeben, die mit der Wiederverwendung von Bauelementen verbunden sind. Technische Aspekte wie die Sicherstellung der Qualität und Eignung der Materialien, wirtschaftliche Bedingungen sowie rechtliche und normative Vorgaben machen eine Zusammenarbeit verschiedener Fachrichtungen notwendig. Die vorliegende Arbeit untersucht deshalb, wie aus bestehenden „Spendergebäuden“ wiederverwendbare Materialien gewonnen und in den Entwurf eines Neubaugebiets

eingebunden werden können. Dabei werden nicht nur die gestalterischen, sondern auch die ökonomischen und ökologischen Möglichkeiten eines solchen Ansatzes beleuchtet. Insgesamt zielt diese Untersuchung darauf ab, einen praxisnahen und gleichzeitig gut begründeten Beitrag zur aktuellen Debatte über nachhaltiges Bauen zu leisten. Die Ergebnisse sollen als Grundlage für künftige Projekte dienen, die den Übergang von einem linearen zu einem kreislauforientierten Wirtschaftsmodell im Bauwesen fördern und damit langfristig zur Verringerung von Umweltbelastungen beitragen soll.

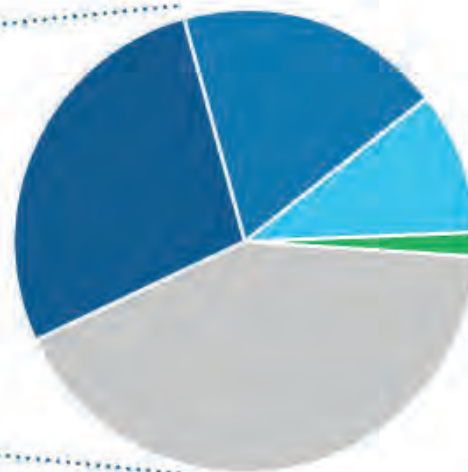
Gesamte THG-Emissionen Deutschland



907 Mio. Tonnen CO₂-Äqu.

22 % ● Industrie
78 % ● Andere Sektoren

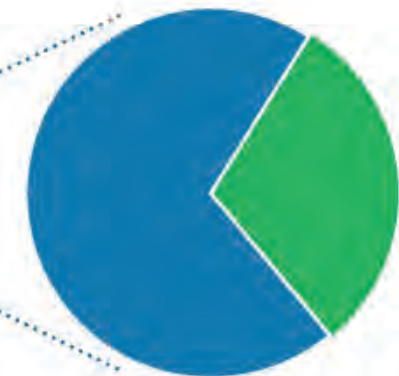
Branchenspezifische THG-Emissionen



200 Mio. Tonnen CO₂-Äqu.

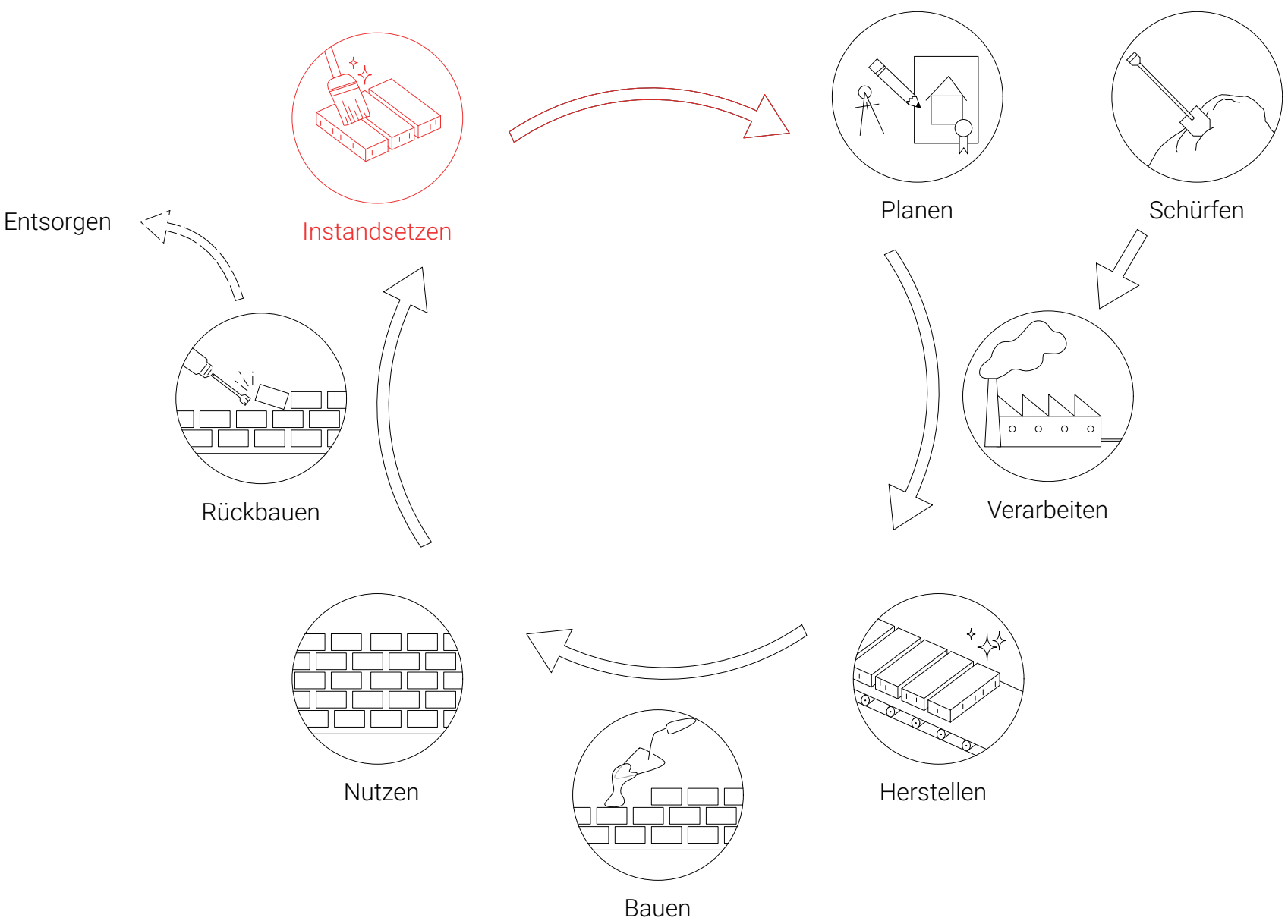
1,8 % ● Kalk
10 % ● Zement
19 % ● Grundstoffchemie
28 % ● Stahl
42,2 % ● Andere Branchen

Kalkindustrie Emissionsarten



7,4 Mio. Tonnen CO₂-Äqu.

30 % ● Energiebedingt
70 % ● Prozessbedingt



Potential von wiederverwendeten Bauteilen - **EINLEITUNG I.**|09

Der Anstoß für diese Arbeit ergibt sich aus den aktuellen Herausforderungen und dem dringenden Bedarf an nachhaltigen Lösungen in der Bauwirtschaft. Angesichts der intensiven Nutzung von Ressourcen, der zunehmenden Umweltbelastung und damit verbundenen Menge an Abfall ist es notwendig, innovative Ansätze zu entwickeln, die den ökologischen Fußabdruck der Branche verringern.

Insbesondere sind Ansätze gefragt, die möglichst wenig neue Ressourcen verwenden und stattdessen bereits vorhandene Materialien wiederverwenden und so den Wechsel von einem linearen zu einem kreislaforientierten Wirtschaftssystem nicht nur unterstützen, sondern vorantreiben.

Die vorliegende Masterarbeit setzt genau hier an, sie untersucht das Potenzial der Wiederverwendung von Baumaterialien aus sogenannten Spendergebäuden. Ziel ist es, ein

Konzept zu entwickeln, das zeigt, wie ein Neubaugebiet beplant werden kann, bei dem wiederverwendbare Materialien eine zentrale Rolle spielen. Dies soll sowohl praktisch umsetzbar als auch wissenschaftlich begründet und beleuchtet werden. Dabei steht vor allem die Frage im Focus, inwiefern sich gebrauchte Materialien aus bestehenden Gebäuden nicht nur technisch, sondern auch gestalterisch und wirtschaftlich sinnvoll in den Entwurfsprozess einbinden lassen.

Die Arbeit verfolgt dabei folgende Zielsetzungen:

Systematische Bestandsaufnahme: Erfassung und Bewertung vorhandener, wiederverwendbarer Materialien aus Spendergebäuden, um deren Eignung und Potenziale für den Neubau zu bestimmen.

Entwicklung eines Entwurfskonzepts: Entwurf eines Neubaugebiets, bei dem die wiedergewonnenen

Materialien eingebunden werden und unter Berücksichtigung gestalterischer, technischer und ökonomischer Aspekte einen architektonischen Entwurf ergeben.

Analyse und Bewertung: Untersuchung der technischen, ökologischen und ökonomischen Rahmenbedingungen, die mit der Wiederverwendung von Baumaterialien einhergehen und gleichzeitiger Entwicklung praxisrelevanter Lösungsansätze.

Diese Arbeit soll somit einen fachübergreifenden Ansatz liefern, der nicht nur theoretische Grundlagen, sondern auch praktische Umsetzungsstrategien miteinander verbindet. Ziel ist es, einen wesentlichen Beitrag zur Entwicklung der Bauindustrie zu leisten und eine nachhaltigere und ressourcenschonendere Branche zu gestalten.

10 | I. EINLEITUNG - Methodik und Vorgehensweise

Die Methodik dieser Arbeit folgt einem interdisziplinären Ansatz, der sowohl theoretische Analysen als auch praxisorientierte Untersuchungen integriert. Im Mittelpunkt steht ein mehrstufiger Prozess, der es ermöglicht, die Potentiale und Herausforderungen der Wiederverwendung von Baumaterialien systematisch zu erfassen und in einen innovativen Entwurf eines Neubaugebiets umzusetzen.

Zunächst erfolgt eine ausführliche Recherche, die den aktuellen Stand der Forschung rund um nachhaltiges Bauen, Kreislaufwirtschaft und die Wiederverwendung von Materialien beleuchtet. Um ein solides Fundament zu schaffen, wurden Normen, Berichte und Fallstudien ausgewertet. Diese Recherche bildet die Basis für die weitere Vorgehensweise und hilft, bestehende Lücken sowie wichtige Erfolgsfaktoren für den praktischen Einsatz von

Wiederverwendungskonzepten zu erkennen.

Anschließend wird eine systematische Bestandsaufnahme der Spendergebäude durchgeführt. Dabei werden mithilfe klar definierter Kriterien (z. B. Materialqualität, Erhaltungszustand, strukturelle Eigenschaften) Bauelemente identifiziert und dokumentiert, welche sich potenziell für eine Wiederverwendung eignen.

Dieser Schritt umfasst sowohl die Auswertung vorhandener Gebäudepläne als auch Besichtigungen vor Ort.

Mit den nun gewonnenen Erkenntnissen wird ein iterativer Entwurfsprozess gestartet. Mithilfe einer CAD-Software entstehen verschiedene Entwurfsvarianten, die visualisiert und anschließend bewertet werden, etwa in Bezug auf technische Umsetzbarkeit, gestalterische Qualität sowie ökologischer und ökonomischer

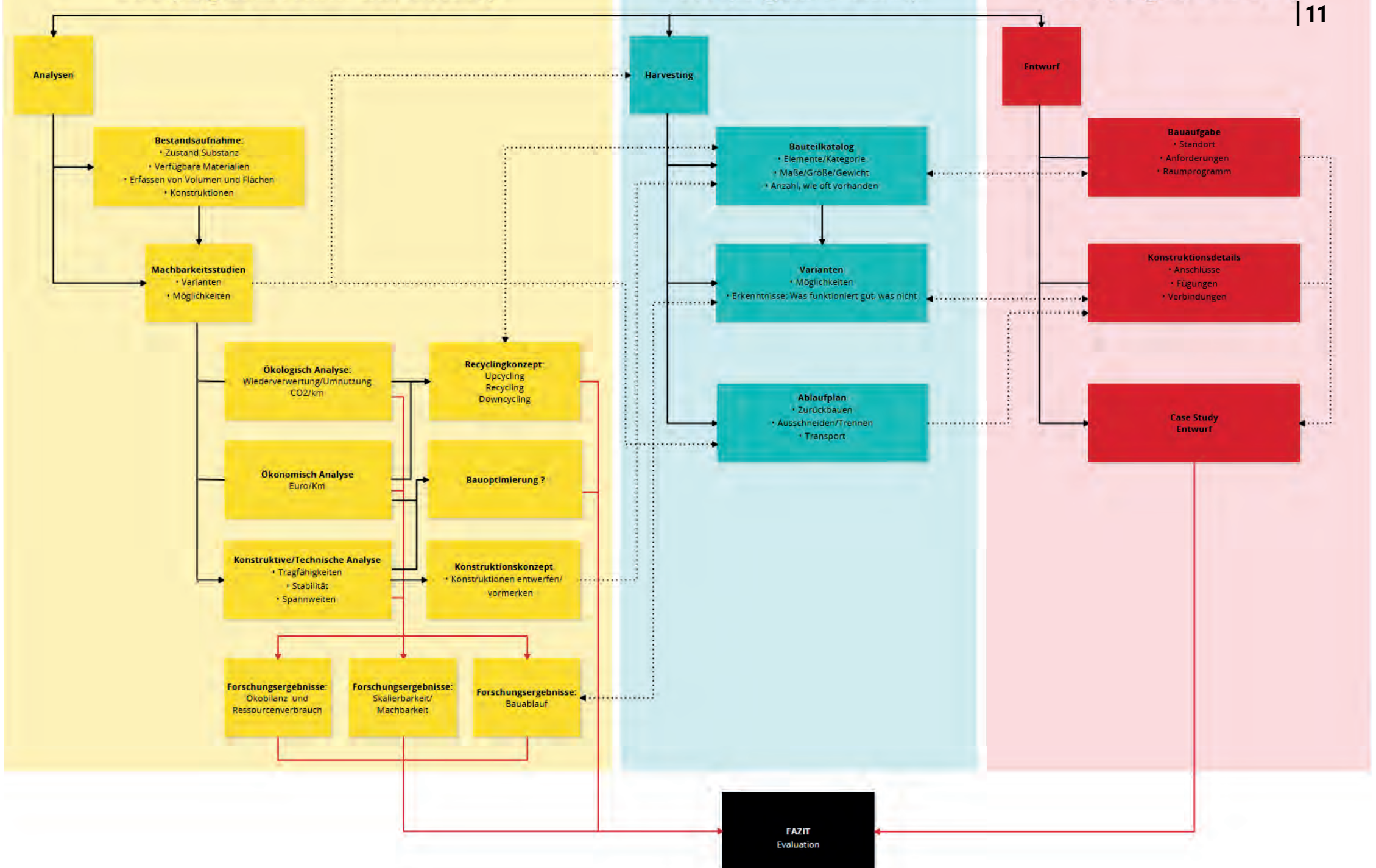
Aspekte. Ein Vergleich mit konventionellen Bauweisen und eine kritische Einschätzung ergänzen die Methodik und ermöglichen dabei, konkrete Empfehlungen für die Praxis abzuleiten. Durch diese klar strukturierte Vorgehensweise wird gewährleistet, dass die Arbeit sowohl theoretisch fundiert als auch praxisnah ist und somit ein sinnhafter Beitrag geleistet werden kann.

AP1 (Abgabe in Form von Booklet)

AP2 (Abgabe Entwurf)

AP3 (Abgabe Entwurf)

11





Auswahlkriterien für die Spendergebäude - **BESTANDSAUFNAHME II.** | 13

Auf der Suche nach geeigneten Objekten müssen zunächst einige wichtige Punkte definiert und festgelegt werden. Unter anderem ist es wichtig, sich im Voraus darüber Gedanken zu machen, welchen Fokus man in der Arbeit legt. Grundsätzlich kann der Ansatz einer solchen Arbeit aus mehreren Blickwinkeln heraus entstehen und betrachtet werden.

Ein Blickwinkel könnte der eines Teilehändlers sein, der grundsätzlich immer und überall, unabhängig einer Bauaufgabe, Teile und Elemente sucht, erwirbt und verkauft. (Das macht unter anderem zum Beispiel Concular). Das kann zum einen das Retten erhaltenswerter Strukturen sein, das Sammeln von speziellen Einzelteilen oder das selektive Zurückbauen vor dem Abbruch.

Ein anderer Blickwinkel ist der eines Architekten, der bereits eine Bauaufgabe hat. Dieser sucht in

der näheren Umgebung seiner bereits vorhandenen Bauaufgabe nach Elementen, die er entweder in den Entwurf integriert oder seinen gesamten Entwurf danach richtet.

In der Arbeit waren für uns folgende Rahmenbedingungen wichtig: Die zu suchenden Spendergebäude sollen sich in der näheren Umgebung von Stuttgart befinden, um für uns als Bearbeiter erreichbar zu sein. Des Weiteren war für uns uneingeschränkter Zutritt zu den Gebäuden wichtig. Darüber hinaus sollen die Gebäude vor dem Abbruch stehen.

Außerdem müssen unbedingt aussagekräftige Bestandspläne vorliegen und die Rohbaustruktur in einem akzeptablen Zustand sein.

In der Bestandsaufnahme wird das Gebiet der Sieben-Höfe-Straße

vorge stellt und beschrieben. Es handelt sich dabei um das ausgewählte Spendergebiet, das unter den vorherig genannten Rahmenbedingungen gefunden wurde.

Die Bestandsaufnahme soll einen Überblick über die vorhandene bauliche Struktur verschaffen und im Einzelnen auf die Positionierung, Geometrie, Aufteilung und Nutzung der Gebäude eingehen.

14 | II. BESTANDSAUFNAHME - Dokumentation und Analyse der Baustruktur

Die Sieben-Höfe-Straße befindet sich am Rande des Stadtteils Dendingen in Tübingen. Die Universitätsstadt mit etwa 91.000 Einwohnern⁽¹⁾ liegt im Zentrum Baden-Württembergs. Die Wohnanlage mit den Hausnummern 109–111 grenzt am südlichen Ende an die Weinbergstraße sowie am östlichen Ende an die Kappelstraße. Erschlossen wird das Gebiet über verschiedene Fußgängerwege von Richtung Weinbergstraße und einer Zufahrt im Norden direkt über die Sieben-Höfe-Straße. Dort befindet sich auch die Zufahrt zur Quartierstiefgarage.

Die Anlage ist 9198 m² groß und besteht aus 13 Gebäuden mit insgesamt 95 Wohneinheiten. Die überbaute Fläche beträgt 2551 m² und die Freiflächen 6647 m².

1970 wurde der Bauantrag von der Universitätsstadt Tübingen baurechtlich genehmigt. In den

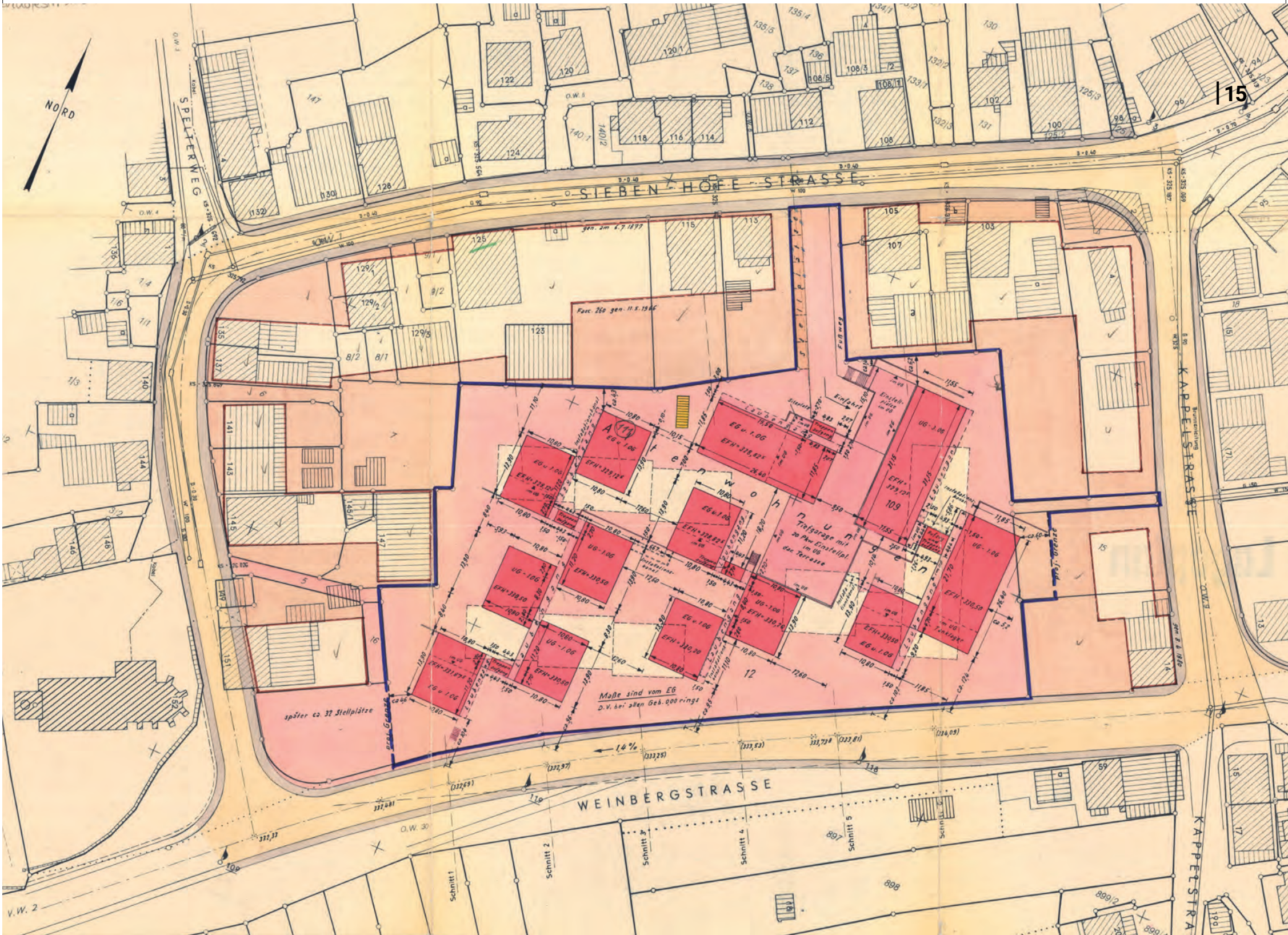
beiden darauffolgenden Jahren wurde das Projekt mit allen 13 Gebäuden nach den Plänen der Architekten Jäger Oelssner Pabst realisiert. Der Bauherr war die Gemeinschaft zur Förderung von Wohnheimen mbH.

10 der 13 Gebäude sind baugleich, verfügen über 6 kleine Wohneinheiten verteilt auf 2 Geschosse mit Balkonen nach Westen. Es handelt sich dabei um 1-Zimmer-Wohnungen.

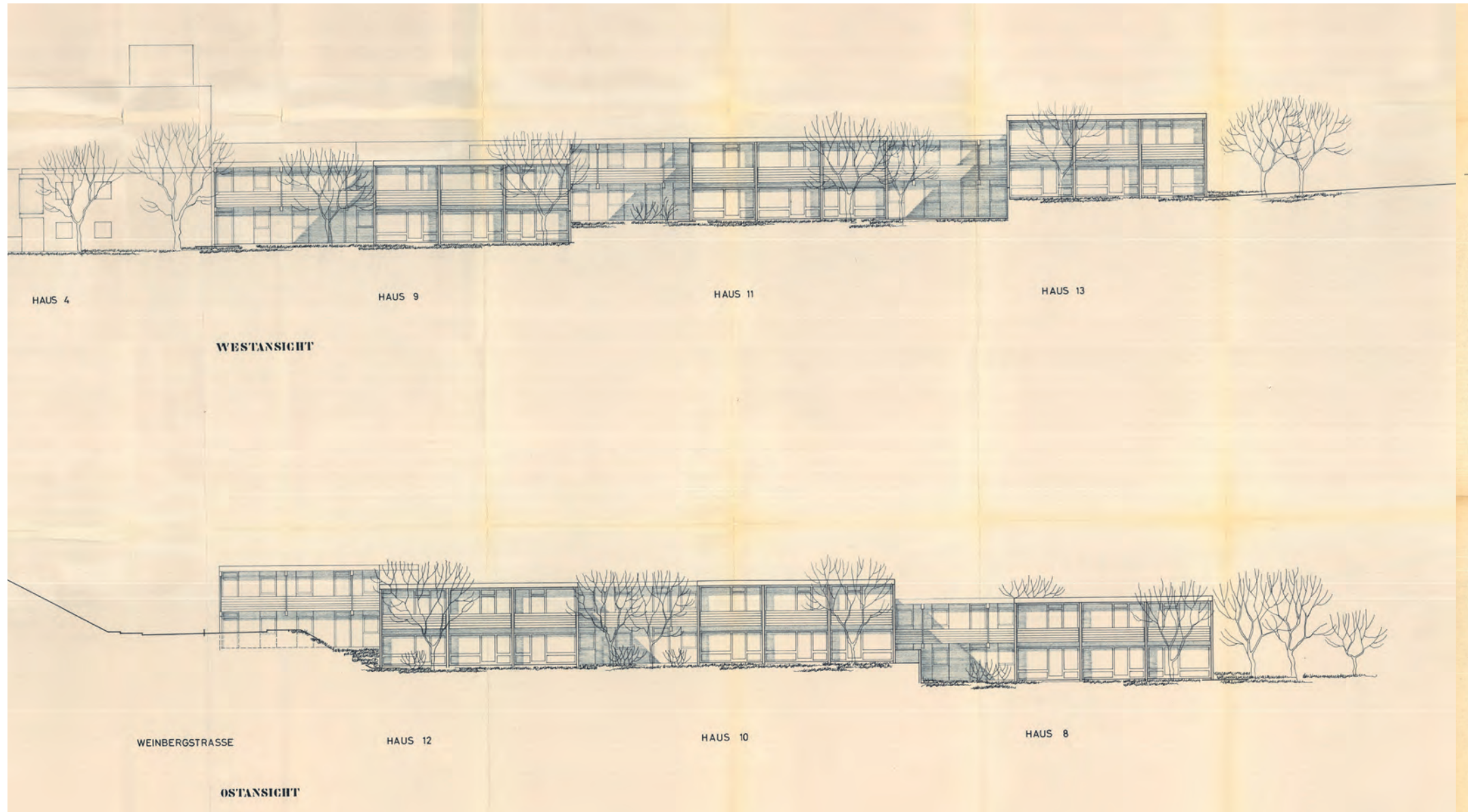
Zwei weitere Gebäude sind von der Baustruktur ebenfalls baugleich, jedoch größer. Eines verfügt über 6 größere Wohnungen und das andere über 5 größere Wohnungen sowie eine Gemeinschaftsfläche, verteilt jeweils auf 2 Geschosse.

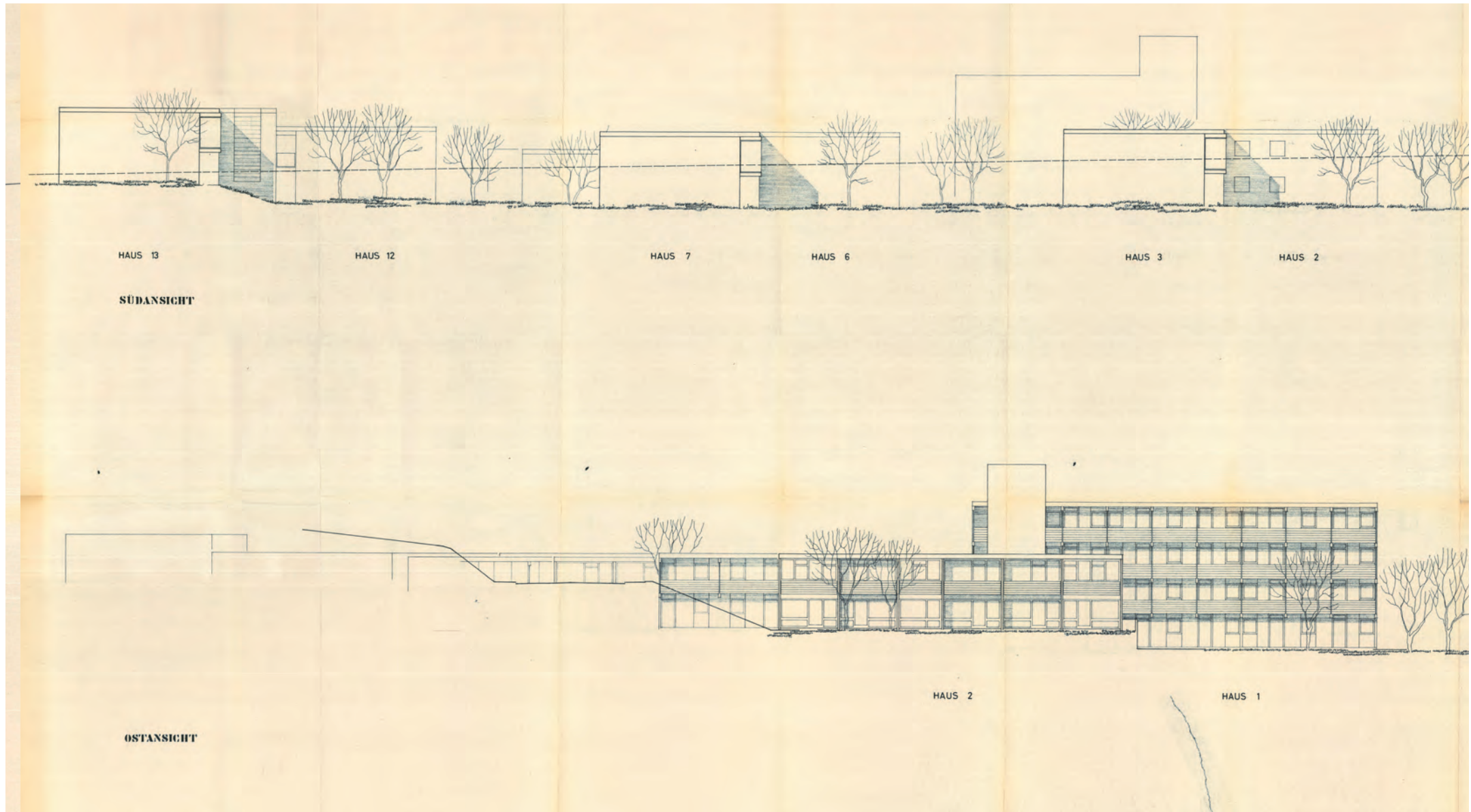
Einzig und allein ein Gebäude unterscheidet sich mit seinen vier Obergeschossen und 24 Wohneinheiten von allen anderen Ge-

bäuden im Gebiet. Es steht am nördlichen Ende und verfügt als einziges Gebäude über einen Aufzug. Die Wohneinheiten bestehen, wie bei den zwei größeren Gebäuden, aus 2-Zimmer-Wohnungen. Dabei hat jede Wohnung einen Balkon bzw. eine Loggia.

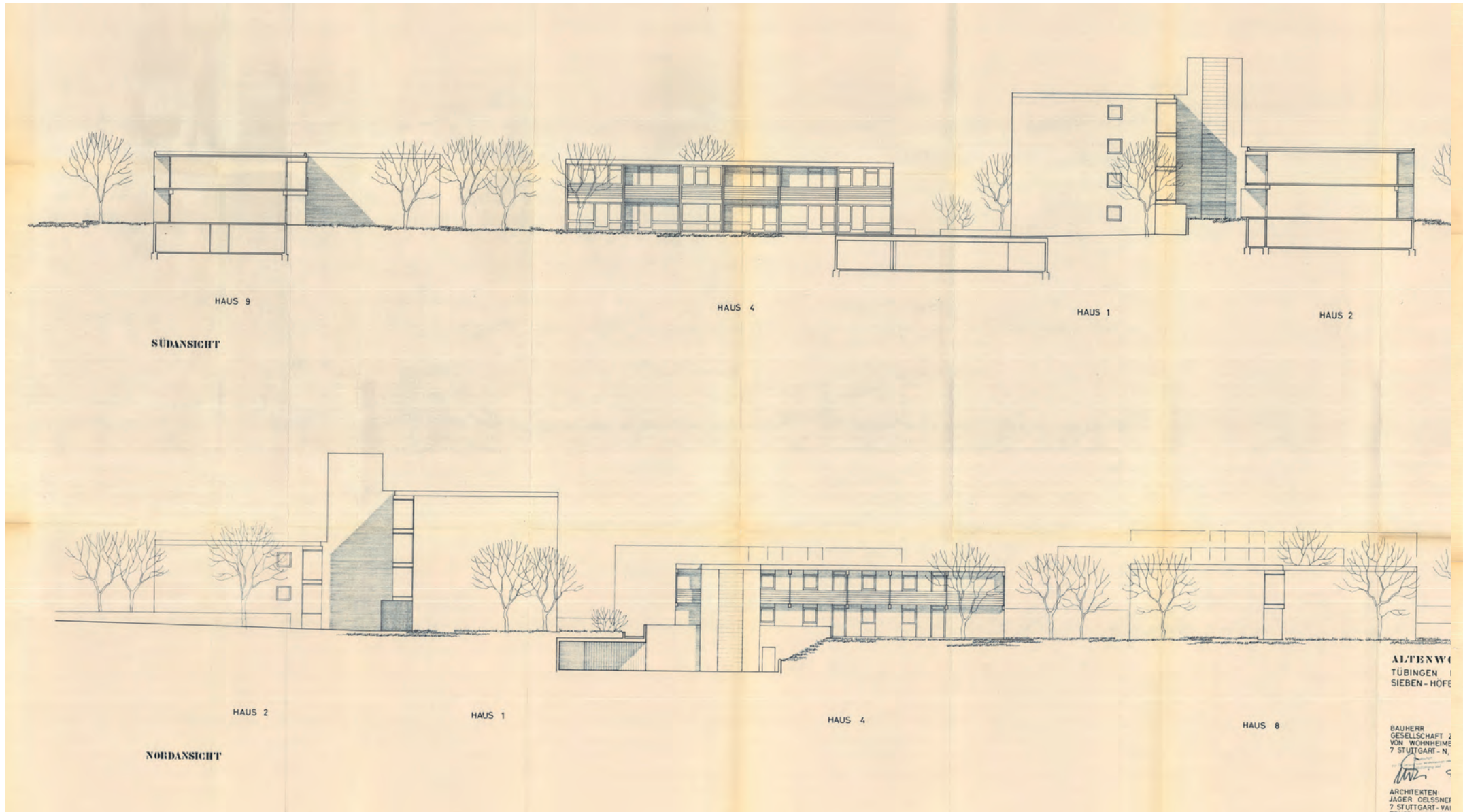


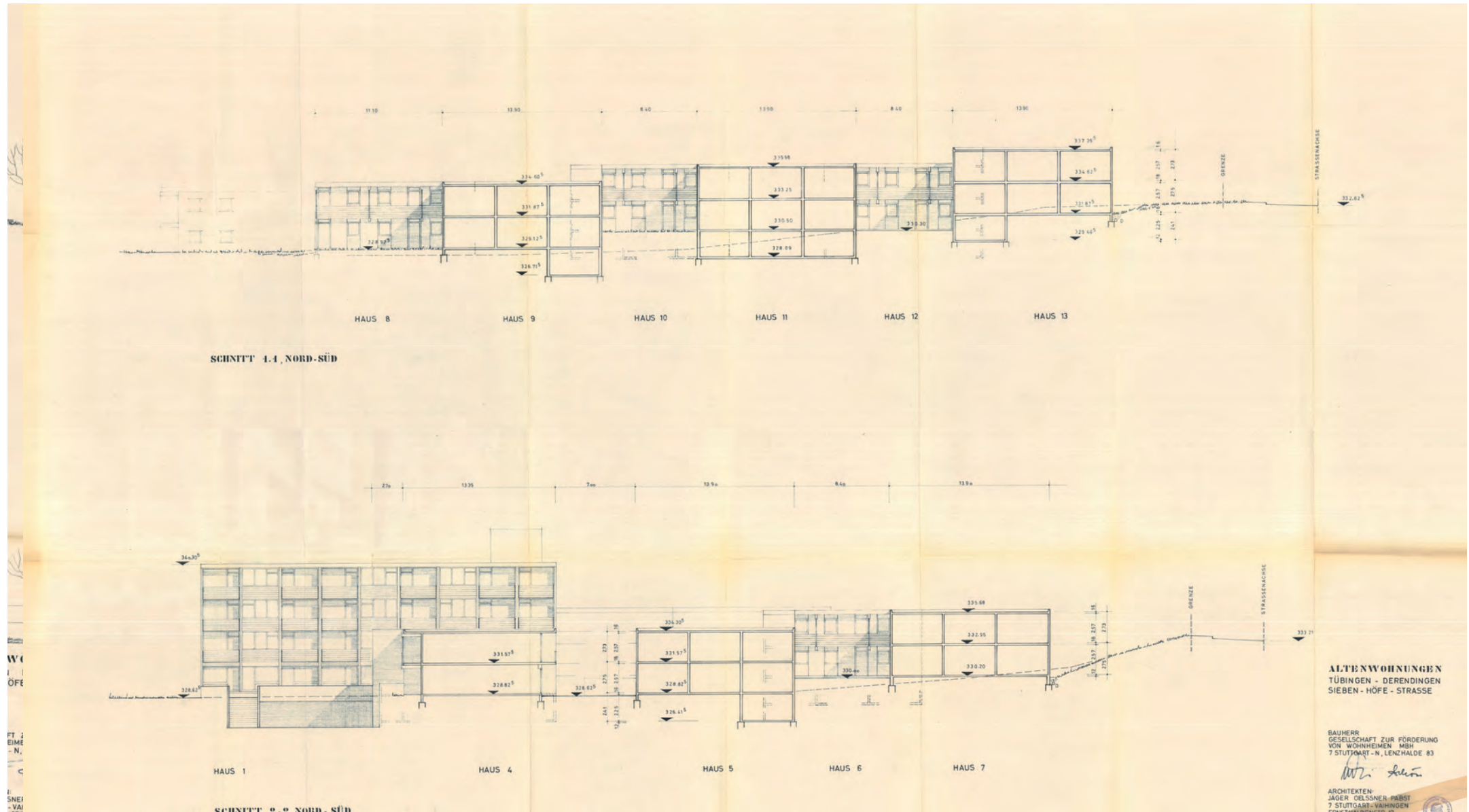
16 | Dokumentation und Analyse der Baustruktur



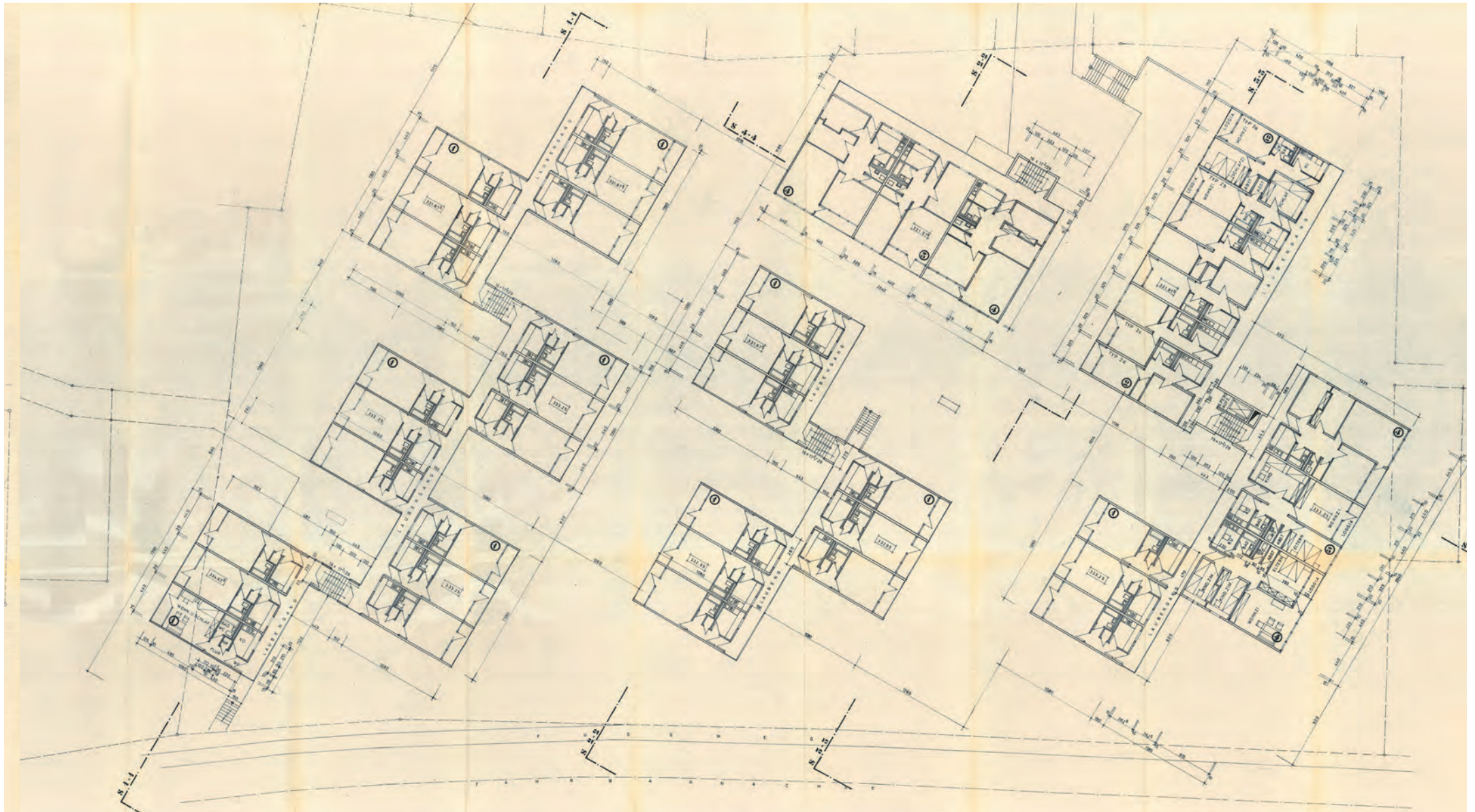


18 | Dokumentation und Analyse der Baustruktur









1. Obergeschoss Sieben-Höfe-Straße, Original von 1970 12



Die oberen Wohnungen der Gebäude werden immer über Laubengänge erschlossen, die über die außenliegenden Treppenhäuser zugänglich gemacht werden. Die unteren Wohnungen können direkt vom Wegenetz der Siedlung betreten werden. Alle Gebäude sind über dieses Netz miteinander verbunden. Das Gebiet weist leichte topographische Unterschiede auf, daher befinden sich die Gebäude teilweise auf unterschiedlichen Ebenen. Die Höhenunterschiede werden auf dem gesamten Gebiet mit Hilfe der außenliegenden Treppenhäuser überwunden. Die Treppenhäuser sind überdacht und verfügen an den Podesten über Türen. Bauphysikalisch sind sie als Außenraum zu betrachten.

13 Ansicht Laubengang, Sieben-Höfe-Straße

14 Treppenhaus, Sieben-Höfe-Straße









Alle Wohnungen im Erdgeschoss verfügen über einen Zugang ins Grüne. Um die Gebäude herum gibt es viele Bäume, Sträucher und Rasenflächen.

In der Mitte des Gebietes befindet sich ein Quartiersplatz. Dieser ist ca. 100 m² groß und verfügt neben einem Außenbereich für die Gemeinschaftsräume über eine große Liegewiese und Sitzbänke. Die Fläche ist, wie das gesamte Wegenetz auch, mit **Betonplatten** ausgelegt.

Im Sommer dient der Platz als gemeinschaftlicher Außenbereich und wird als Grillplatz und Nachbarschaftstreffpunkt genutzt.

17 Platzsituation, Sieben-Höfe-Straße

18 Laubengang zwischen den Gebäuden, Sieben-Höfe-Straße





Über die Treppenhäuser, die überall im Gebiet verteilt sind, gelangt man in das Untergeschoss des Quartiers. Dort befinden sich unter anderem die Abstellflächen der Wohneinheiten als auch Flächen für Technik und Heizung. Fünf der Gebäude im Gebiet sind vollständig unterkellert, vier Gebäude nur teilweise und vier Gebäude verfügen über keinen Keller. Unterirdisch sind jedoch alle Gebäude versorgungstechnisch über Installationskanäle miteinander verbunden.

Neben den Kellerräumen und Schächten befindet sich im Untergeschoss auch die Quartierstiefgarage. Diese bietet Platz für 21 Fahrzeuge. Zusätzlich dazu gibt es weitere Abstellmöglichkeiten für Kleinkrafträder. Die Ausfahrt der Tiefgarage ist mit einem elektrisch betriebenen Gittertor versehen. Von einem kleinen Platz vor der Garage gelangt man über eine Rampe zur öffentlichen Straße.

19 Zugang Tiefgarage , Sieben-Höfe-Straße

20 Tiefgarage, Sieben-Höfe-Straße





Die Baustruktur der Gebäude unterscheidet sich nur minimal. Der Rohbau besteht bei allen Gebäuden im Gebiet der Sieben-Höfe-Straße aus massivem **Stahlbeton**. Fundamente, aufsteigende Wände und Decken wurden geschalt, bewehrt und vor Ort betoniert. Die auskragenden Elemente der Laubengänge bestehen auch aus Stahlbetonplatten und Stahlbetonunterzügen.

Ursprünglich wurde nach der ersten genaueren Bestandsaufnahme davon ausgegangen, dass die Wände und Decken der Gebäude der Sieben-Höfe-Straße aus Fertigteilen oder zumindest aus Halbfertigteilen bestehen. Zu dieser Vermutung ist es durch die großen Fugen des Rohbaus im Bereich der Außenwände gekommen. Im Rahmen der ersten Untersuchungen wurden diese freigelegt, um die Rohbaustruktur genauer untersuchen zu können.

21 Bestandsaufnahme des Rohbaus, Sieben-Höfe-Straße

22 Kiesnest, Sieben-Höfe-Straße





Um die Vermutung zu bestätigen, wurden auch in anderen Wohneinheiten genauere Untersuchungen angestellt. Mit Akkuschauber, Schleifscheibe und Spachtel wurden die Tapeten großflächig gelöst, um den Rohbau und die Fugen freizulegen. Zuerst erschien es so, als ob sich die Annahme bestätigen würde.

Die teilweise 1 cm breiten Stoßfugen wurden alle im Abstand von 1,5 m gefunden und waren so groß, dass diese mit Mörtel geschlossen wurden.

Bei der Untersuchung der letzten Wohneinheit musste jedoch im Bodenbereich der Wand festgestellt werden, dass der Beton an einigen Stellen sehr schlecht verdichtet wurde. Dieses Bild bietet sich bei Fertigteilen im Boden und Deckenanschlussbereich eher selten.

23 Untersuchung der Rohbaudecke, Sieben-Höfe-Straße

24 Schalungsfuge in der Betondecke, Sieben-Höfe-Straße





Außerdem waren keinerlei Fugen zu sehen, die im Fertigteilbau üblich sind und die einzelnen Elemente voneinander unterscheiden lassen würden. Die Rohbaustruktur hatte eine sehr monolithische Optik.

Des Weiteren waren in der letzten Wohnung an den Wänden im Abstand von 1,5 m keine sichtbaren Stoßfugen zu sehen. An mehreren Stellen wurde nun stattdessen Schalungsfugen von Schalplatten gefunden. Diese Erkenntnisse veranlassten zur Annahme, dass der Rohbau weitestgehend in üblicher Ort betonbauweise mit Schaltafeln errichtet wurde.

Nach einem Gespräch mit dem Abbruchunternehmen, das vor Ort tätig war, bestätigte sich die Annahme. Es scheinen wohl Schalplatten mit der Breite von 1,5 m zum Einsatz gekommen zu sein.

25 Entkernte Wohnung, Sieben-Höfe-Straße

26 Geschnittenes Stahlbetonelement, Sieben-Höfe-Straße





Allgemein befinden sich die sichtbaren Betonelemente in einem dem Alter entsprechenden Zustand. Es gibt Bereiche, die jahrelang der direkten Witterung ausgesetzt waren und stark in Mitleidenschaft gezogen wurden. Dies betrifft hauptsächlich die Betonelemente der Laubengänge. Sie weisen an einigen Stellen Betonabplatzungen und sichtbares Bewehrungsseisen auf.

Teilweise befindet sich an der Fassade der Gebäude eine Wärmedämmschicht, die außen verputzt ist. Das Dach weist eine dünne Dämmung auf und ist bituminös abgedichtet.

27 Kernbohrung Decke, Sieben-Höfe-Straße

28 Freigelegter Rohbau, Sieben-Höfe-Straße



38 | II. BESTANDSAUFNAHME - Bauteilkatalog

Hauptsächlich werden die Bauteile aufgenommen, die in großen Mengen und Massen vorhanden waren und die sich für ein Recycling- oder Wiederverwendungskonzept eignen.

Dachkies:

Auf 11 Gebäuden befindet sich auf der Dachpappe eine **Kiesschüttung** mit der Körnung 16/32.

Betonplatten:

Direkt an die Attika aus Blech schließen vertikal **Waschbetonplatten** an. Diese verkleiden den Dachrand der Gebäude und schließen diesen ringsherum ein.

Laubengänge:

In den Obergeschossen befindet sich in den Laubengängen an der Seite zum Außenbereich immer eine **Absturzsicherung**. Die Absturzsicherung besteht aus einem Metallrahmen. Dieser ist mit horizontalen Holzelementen verkleidet.

Eingangsbereich Wohnungen:

Auf der gegenüberliegenden Seite der

Absturzsicherungen in den Obergeschossen befindet sich auch immer die Eingangsfront der Wohneinheiten. Diese besteht aus den **Wohnungseingangstüren** und **Fenstern** mit Holzrahmen. Die Wandfläche zwischen den Türen und Fenstern ist immer mit **vertikalen Holzlamellen** verkleidet. Unter den Holzlamellen, die in Nut-Feder-Konstruktion miteinander verbunden sind, befindet sich eine Konterlattung, die direkt auf den **Rohbau** geschossen wurde. Im Zwischenbereich ist eine dünne Schicht aus Styroporplatten zu finden.

Treppenhäuser:

Direkt an die Laubengänge schließen die außenliegenden Treppenhäuser an. Die Ausgänge der Treppenhäuser schließen mit großen **Holzrahmenelementen** ab, die mit einem Tür- und einem Festverglasungselement ausgestattet sind. Die **Treppen** bestehen wie die Podeste auch, aus Stahlbeton. Das Treppengeländer ist aus Stahl gefertigt und dunkelgrün lackiert. Der Handlauf besteht aus massivem Holz. Sowohl die außenliegenden Treppenhäuser der kleineren Gebäude

als auch das Treppenhaus des großen Gebäudes verfügen alle über eine geschossübergreifende Fensterfläche aus **Profilglas**.

Wohnungen:

Die räumlichen Trennungen innerhalb der Wohneinheiten besteht aus Kalksandsteinwänden oder aus Holzständerwänden, die mit Gipskartonplatten beplankt sind. Die Wand zu den Balkonen besteht größtenteils aus Glaselementen mit integrierter Türe. Die Absturzsicherung der Balkone ist identisch zu der Absturzsicherung der Laubengänge.

Heizkörper:

In allen Wohneinheiten befinden sich **Heizkörper** bzw. Wandradiatoren in verschiedenen Ausführungen. In den Bädern sind hauptsächlich flache Elemente zu finden, die hochkant montiert sind. In den Wohnbereichen und zur großen Fensterfront hin wurden größere Gliederheizkörper verbaut. Viele Heizkörper sind neuwertig und befinden sich in einem guten Zustand.





HOLZVERKLEIDUNG - LAUBENGANG

MENGE:

ca. 650 m² 257cm x 230cm

MATERIAL:

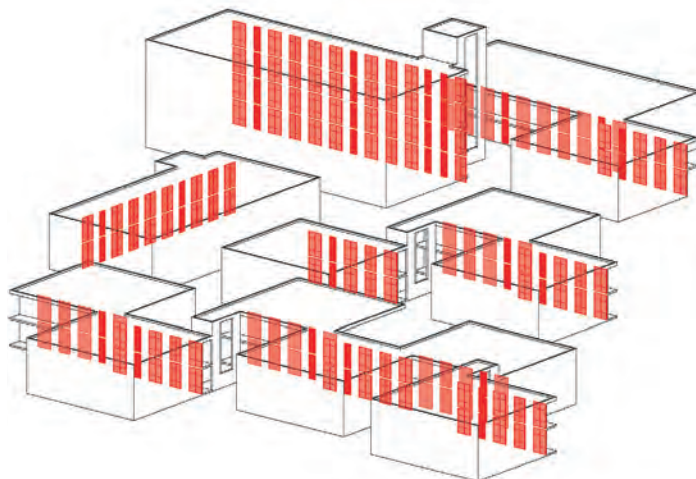
Holz

AUFBEREITUNG:

Reinigen, schleifen, beizen

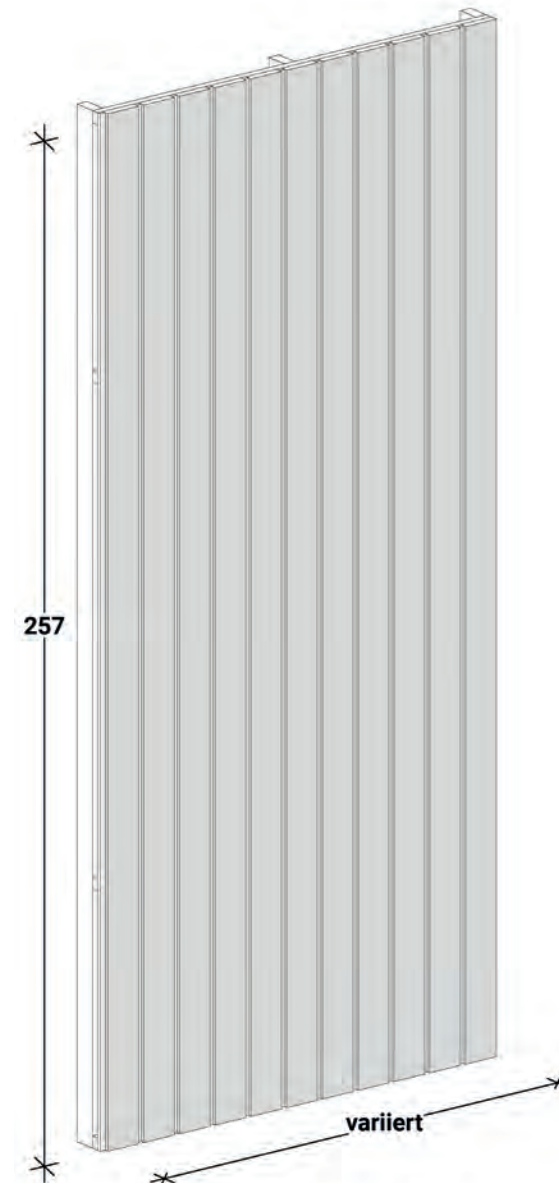
NEUER NUTZUNGSORT:

Fassadenverkleidung EG



30/31 Bilder Holzverkleidung

32 Verortung Bauteil





PROFILGLAS - Treppenhaus

MENGE:

180 STK 200cm x 20cm

MATERIAL:

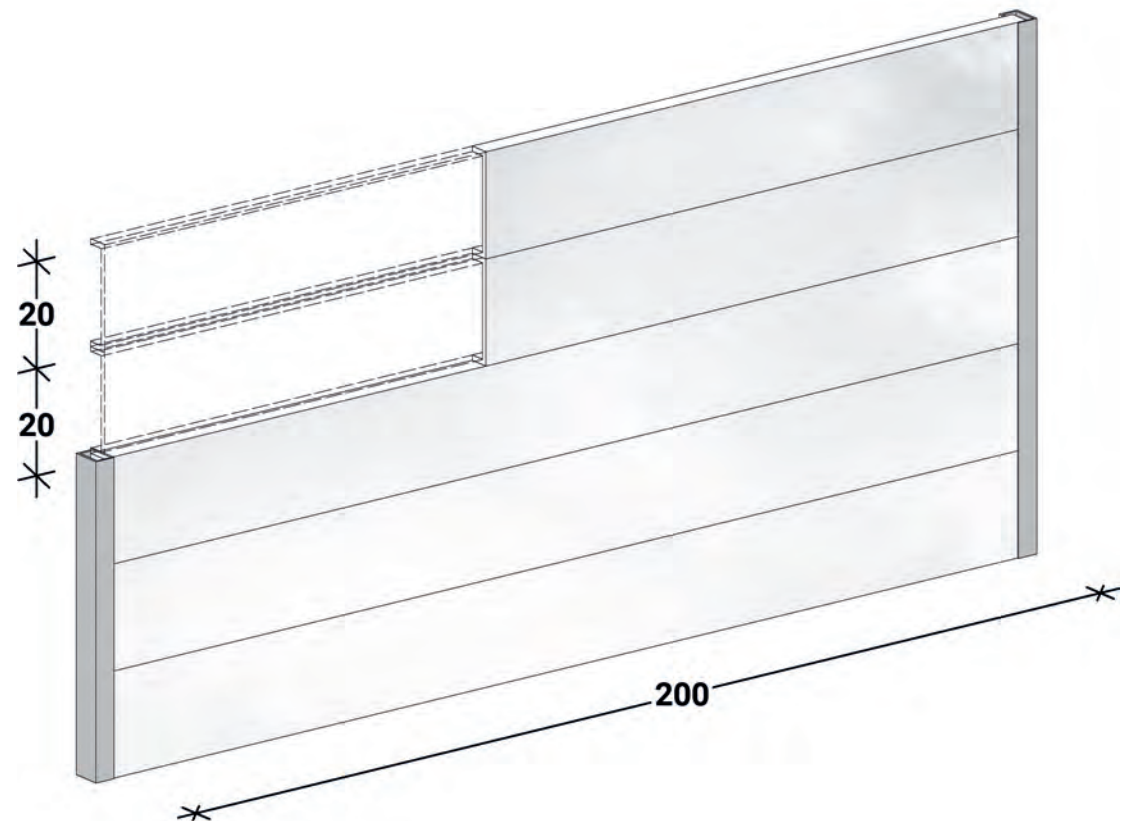
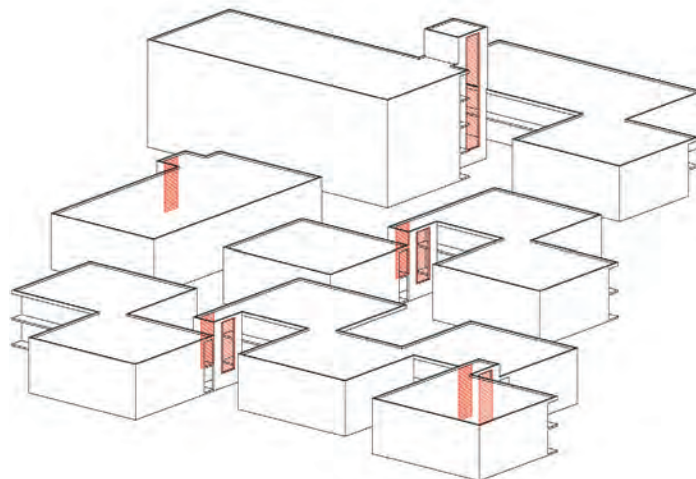
Glas

AUFBEREITUNG:

Reinigen, neu fassen

NEUER NUTZUNGSORT:

Treppenhaus MFH /Badezimmer DH



33/34 Bilder Profilglas

35 Verortung Bauteil



TÜRELEMENT - Treppenhaus

MENGE:

18 STK 257cm x 230cm

MATERIAL:

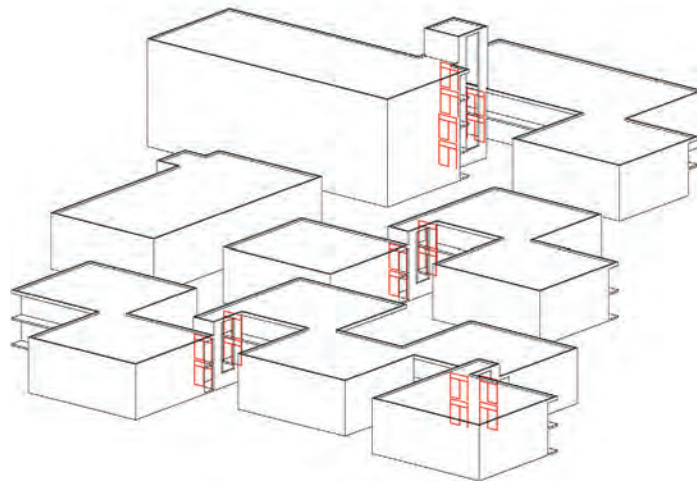
Holz, Glas

AUFBEREITUNG:

Reinigen, schleifen, beizen, Glas tauschen

NEUER NUTZUNGSORT:

Eingangstüren



36/37	Bilder Türelemente
-------	--------------------

38	Verortung Bauteil
----	-------------------





TÜRELEMENT - Laubengang

MENGE:

95 STK 257cm x 115cm

MATERIAL:

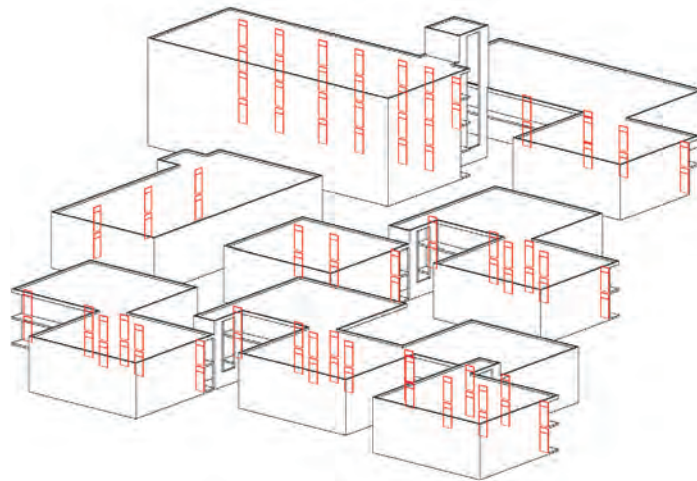
Holz, Glas

AUFBEREITUNG:

Reinigen, schleifen, beizen, Glas tauschen

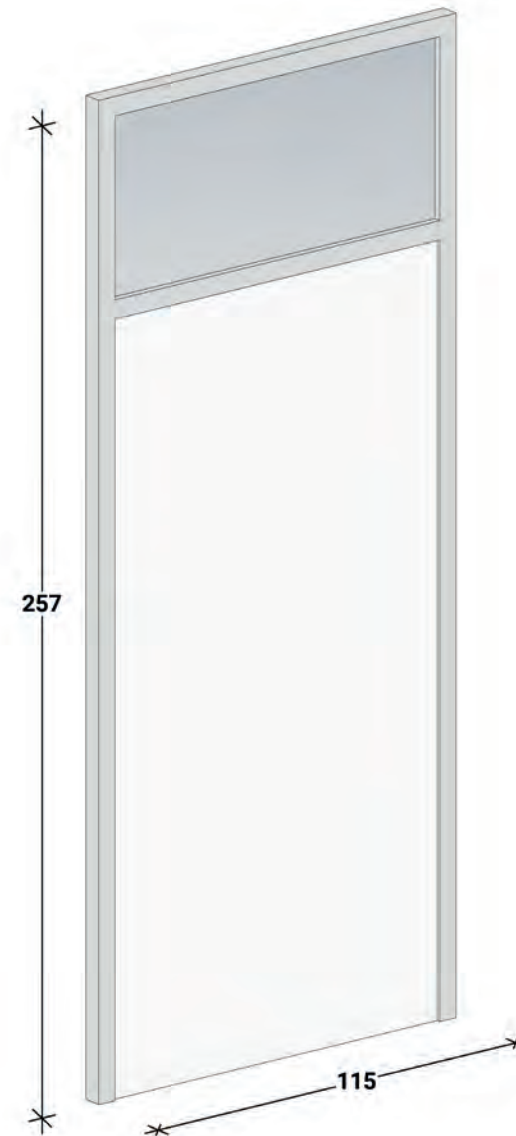
NEUER NUTZUNGSORT:

Wohnungstüren



39 Bild Türelement

40 Verortung Bauteil





FENSTERELEMENT - Laubengang

MENGE:

95 STK 257cm x 115cm

MATERIAL:

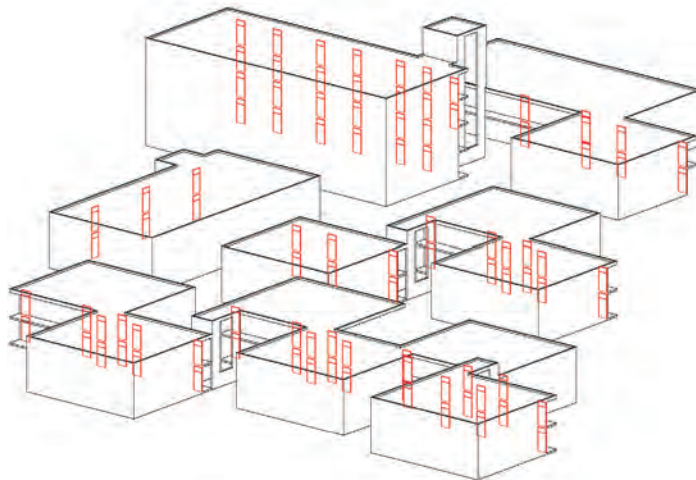
Holz, Glas

AUFBEREITUNG:

Recycling

NEUER NUTZUNGSORT:

k.A.



41 Bild Fensterelement

42 Verortung Bauteil





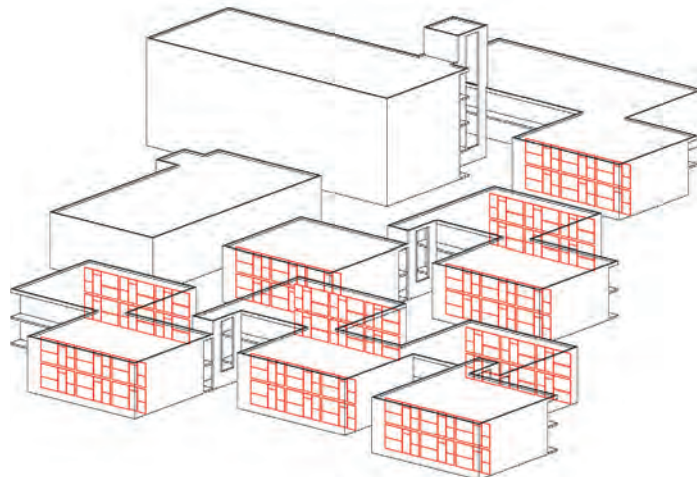
FENSTERELEMENT - Balkon

MENGE:
60 STK 257cm x 115cm

MATERIAL:
Holz, Glas

AUFBEREITUNG:
Recycling

NEUER NUTZUNGSORT:
k.A.



43 Bild Fensterelement

44 Verortung Bauteil



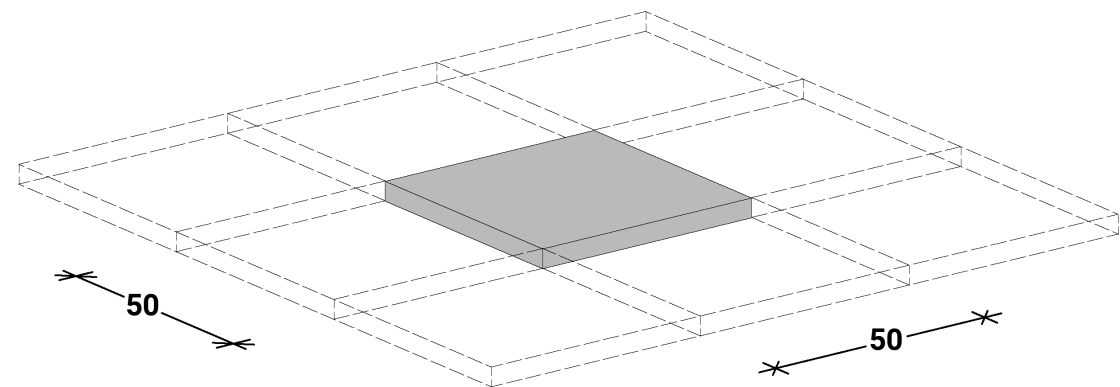
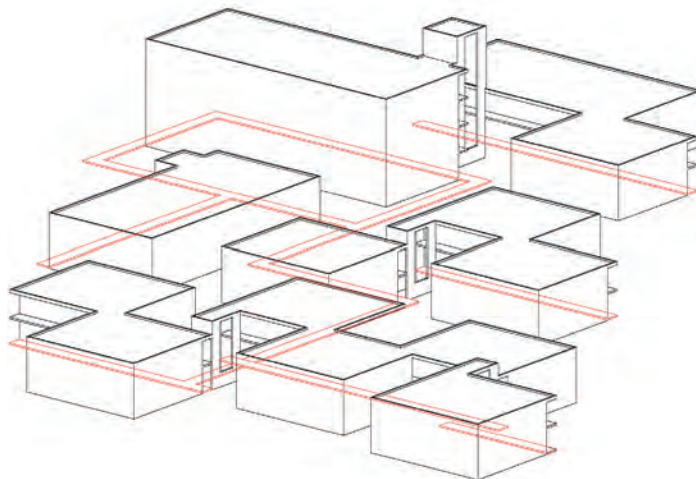
TERRASSENPLATEN - Fußwege EG

MENGE:
ca. 510 m²

MATERIAL:
Beton

AUFBEREITUNG:
Dampfstrahlen

NEUER NUTZUNGSORT:
Außenanlagen



45/46 Bild Terrassenplatten

47 Verortung Bauteil



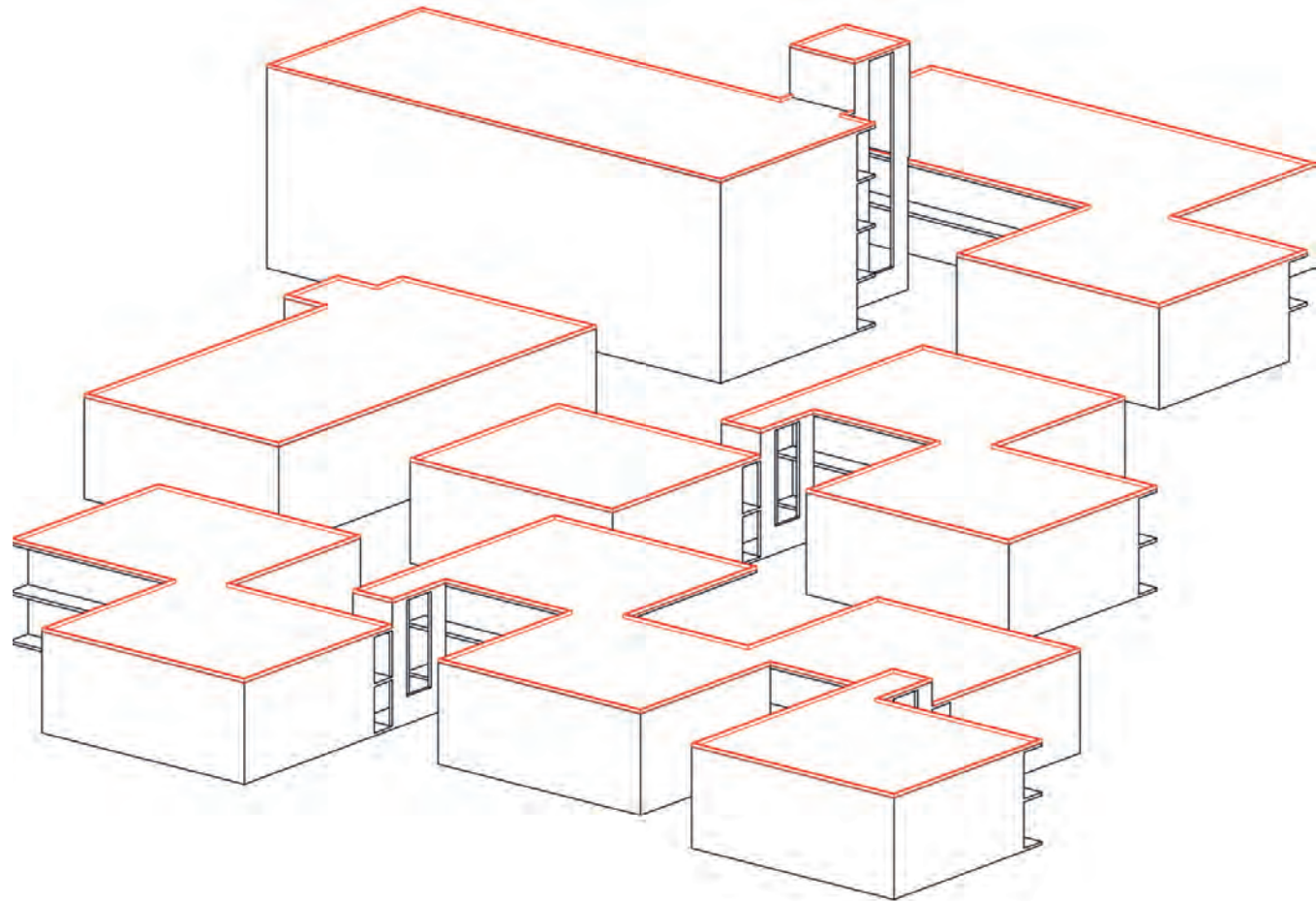
BETONPLATTEN - Atika

MENGE:
ca. 732 Lfm

MATERIAL:
Beton

AUFBEREITUNG:
Dampfstrahlen, bohren

NEUER NUTZUNGSORT:
Fenstereinfassung



48 Bild Betonplatten

49 Verortung Bauteil



111-3

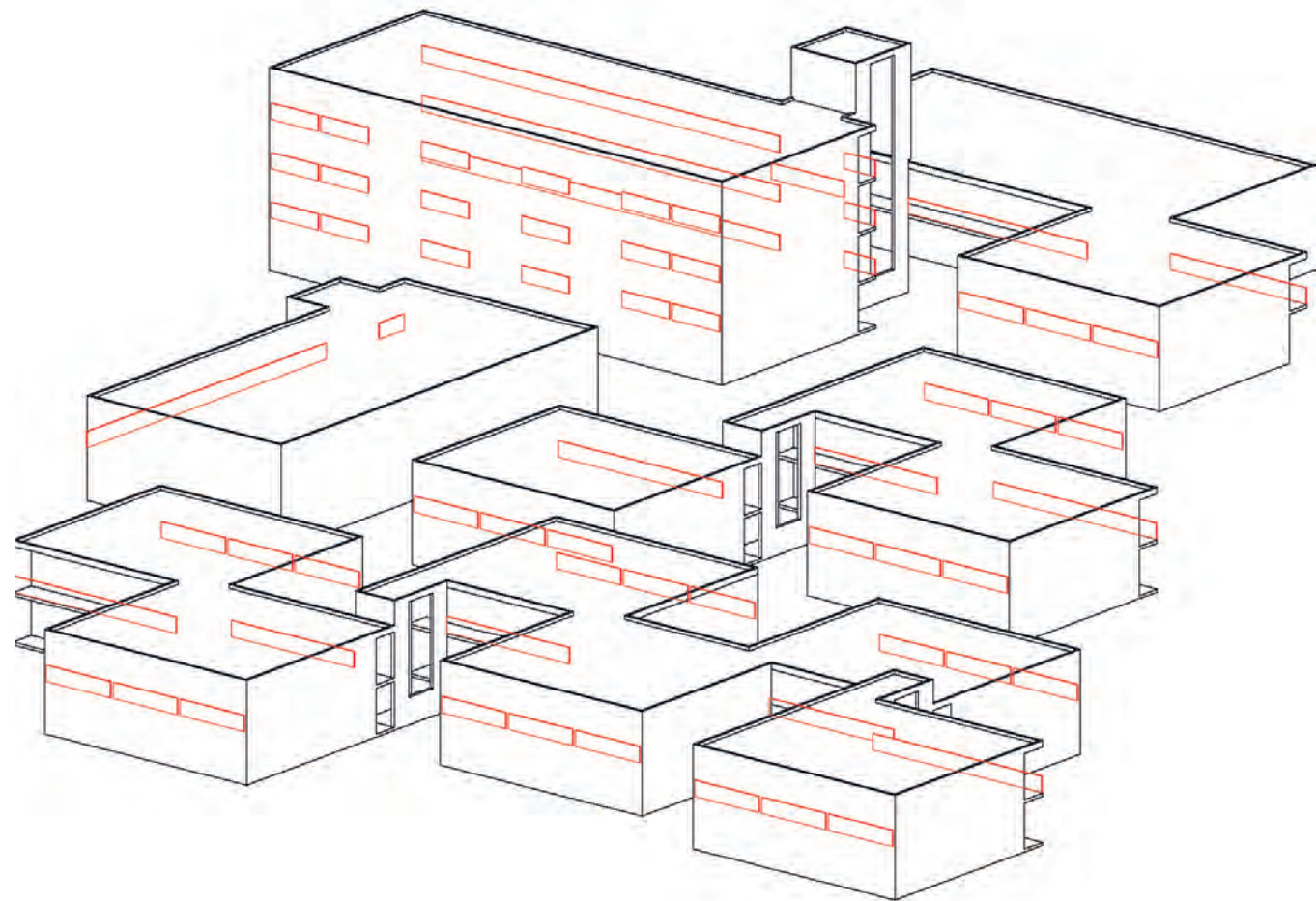
ABSTURZSICHERUNG - Laubengang/Balkon

MENGE:
ca. 446 Lfm

MATERIAL:
Stahl / Holz

AUFBEREITUNG:
Recycling

NEUER NUTZUNGSORT:
k.A.



50 Bild Absturzsicherung

51 Verortung Bauteil



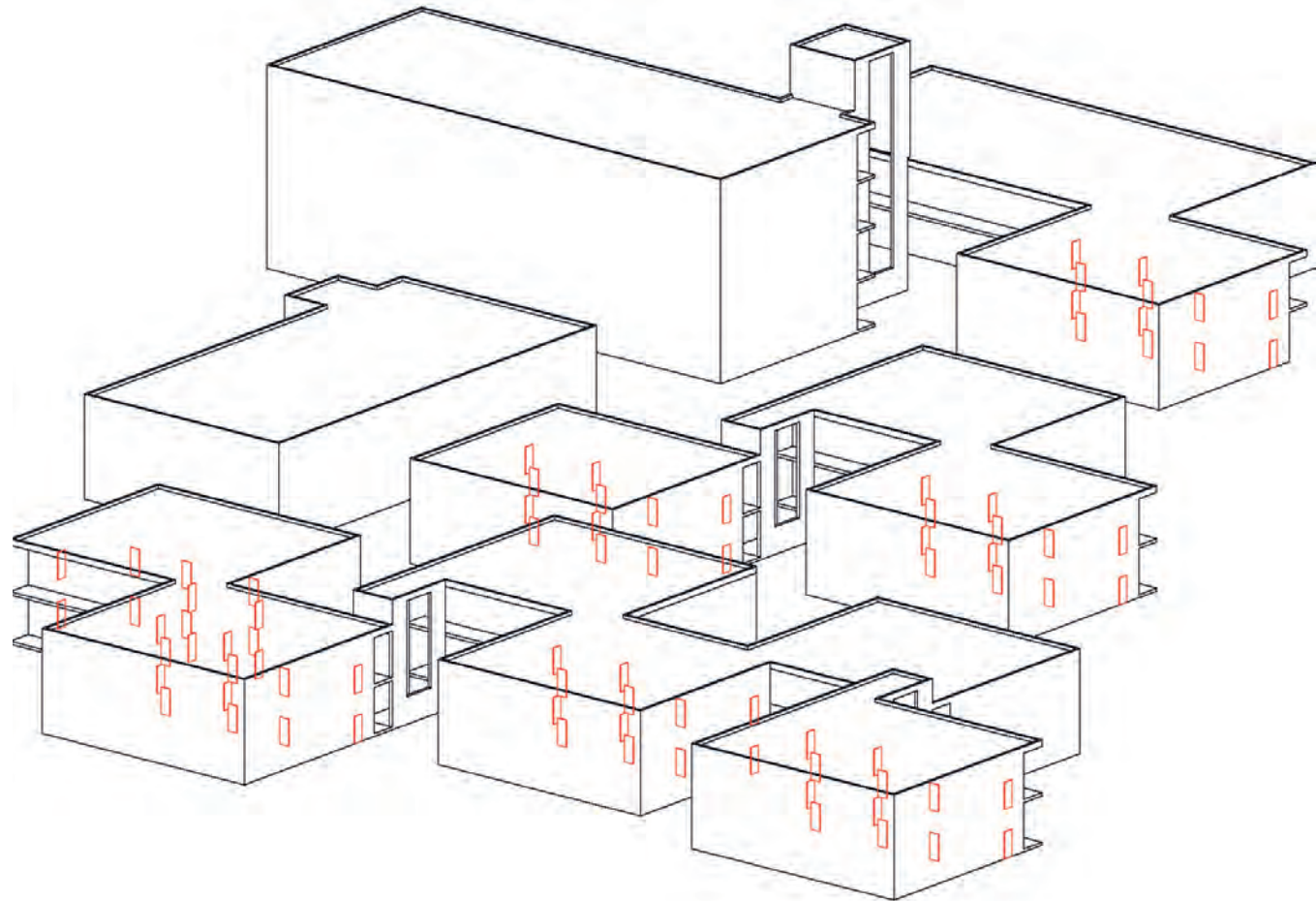
HEIZKÖRPER - Wohnungen

MENGE:
ca. 190 STK

MATERIAL:
Stahl

AUFBEREITUNG:
Funktionsprüfung, sandstrahlen,
lackieren

NEUER NUTZUNGSORT:
Wohneinheiten



52/53 Bilder Heizkörper

54 Verortung Bauteil



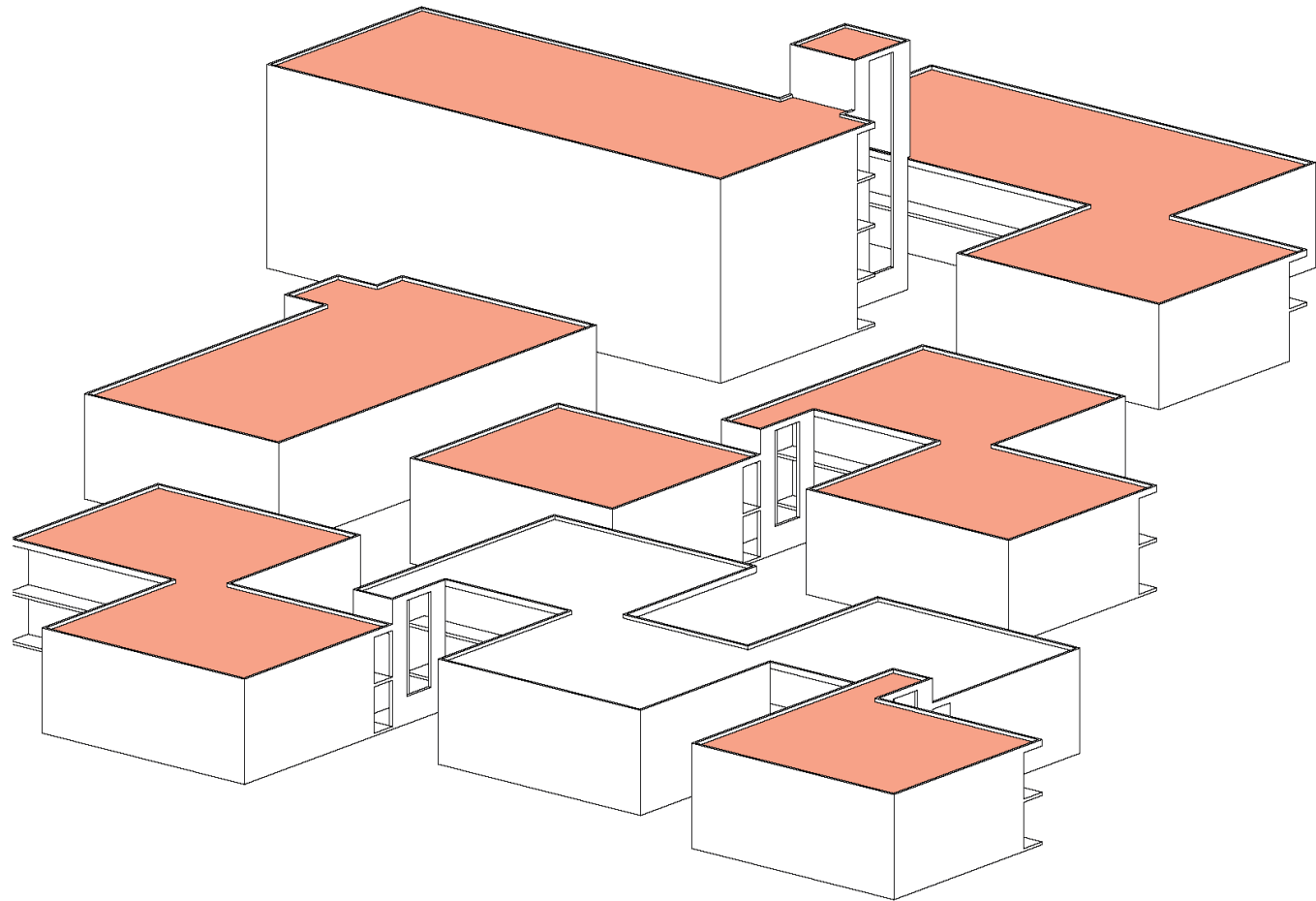
KIES - Dach

MENGE:
ca. 2254 m²

MATERIAL:
Kies

AUFBEREITUNG:
Reinigen

NEUER NUTZUNGSORT:
Dachdeckung



55 Bild Kiesdach

56 Verortung Bauteil



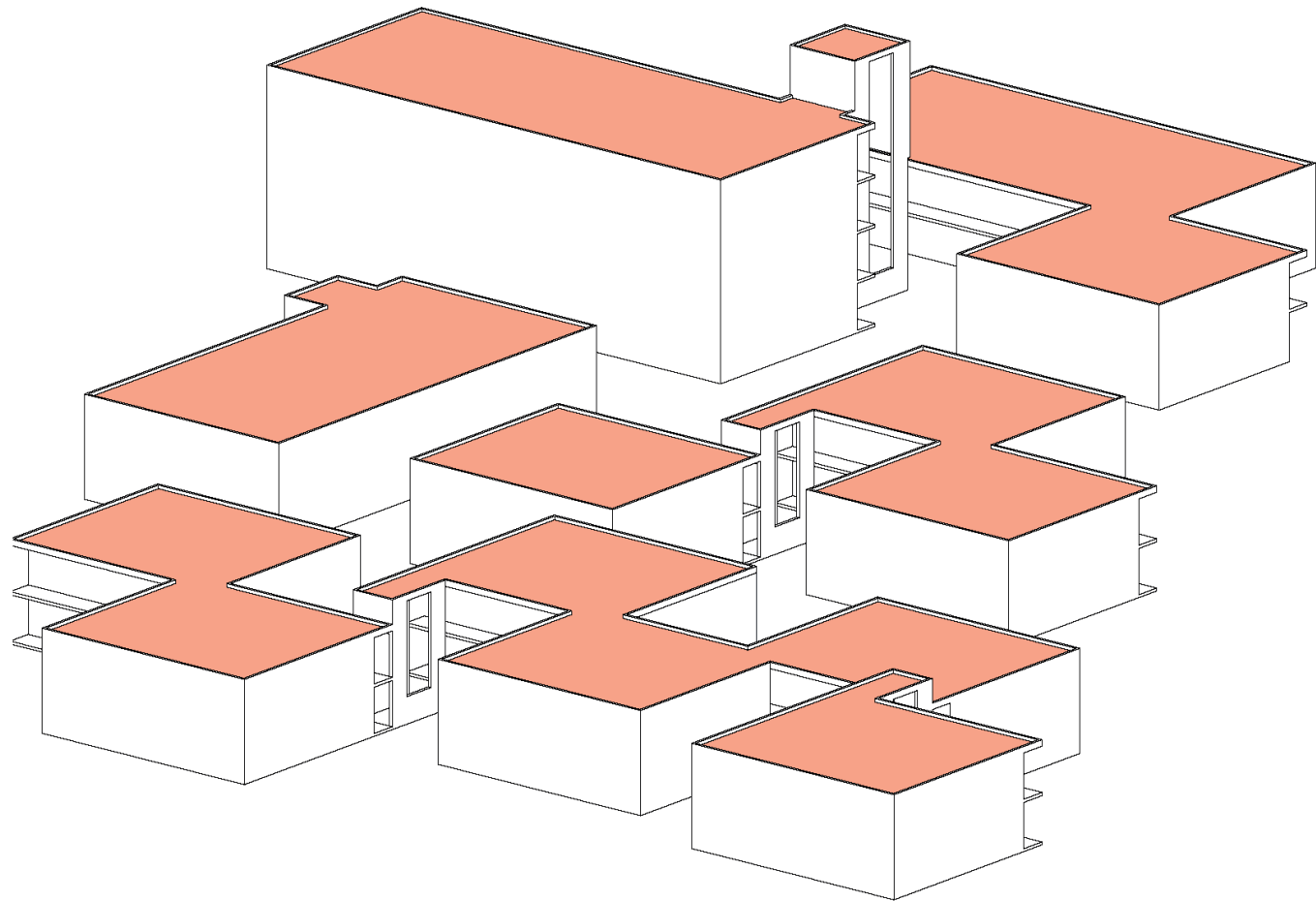
DACHPAPPE - Dach

MENGE:
ca. 2893 m²

MATERIAL:
Bitumen

AUFBEREITUNG:
Entsorgung

NEUER NUTZUNGSORT:
k.A.



57 Bilder Dachpappe

58 Verortung Bauteil



ROHBAU - Gesamtes Areal

MENGE:

Deckenplatten - ca. 9.826 m²Wandscheiben - ca. 4.161 m²

Treppen - 18 STK

MATERIAL:

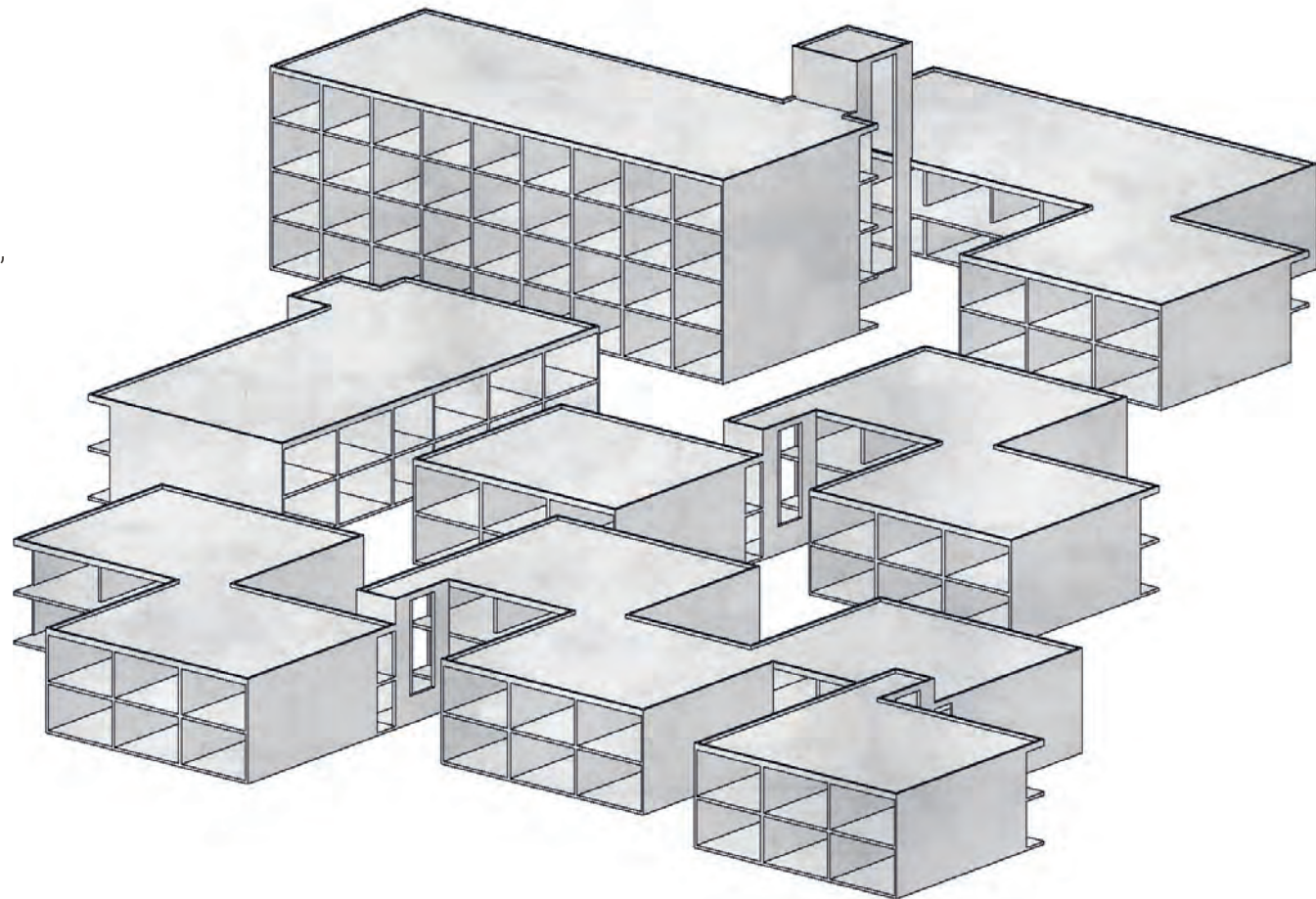
Beton, Stahl

AUFBEREITUNG:

Sägen, ggf. reinigen, ggf. sanieren,
bohren

NEUER NUTZUNGSORT:

Rohbau



59 Ansicht abgerissener Rohbau

60 Verortung Bauteil

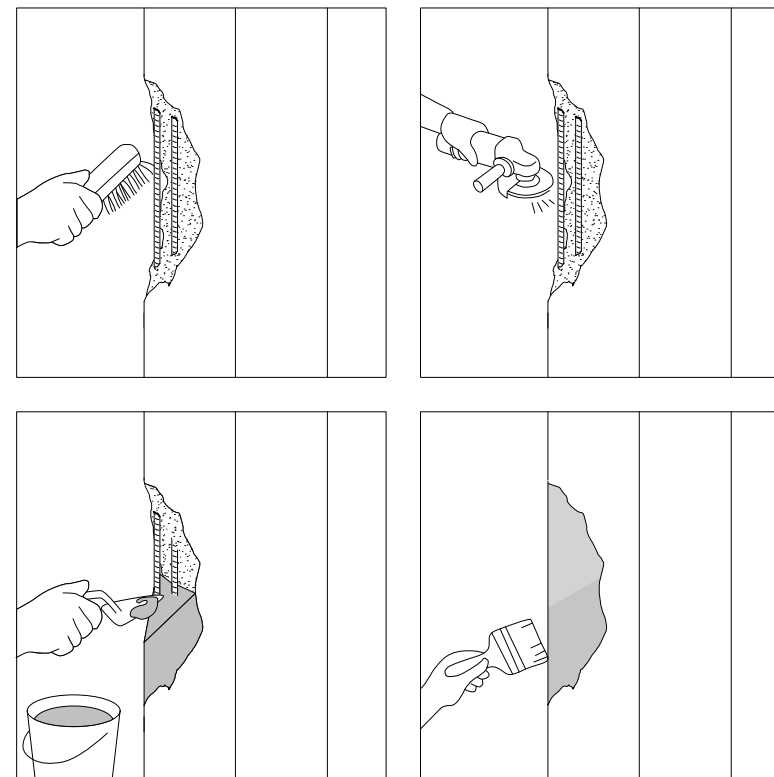
66 | II. BESTANDSAUFNAHME - Schäden und Betoninstandsetzung

Grundsätzlich befindet sich die sichtbare Betonstruktur des Gebiets der Sieben-Höfe-Straße in einem dem Alter entsprechenden Zustand.

Das bedeutet, dass der Großteil der Betondecken und Betonwände unter dem Putz und Estrich in einem guten Zustand ist und diese problemlos wiederverwendet werden können. Einige Elemente, die der Witterung ausgesetzt waren, wurden über die Jahre jedoch in Mitleidenschaft gezogen. An einigen Ecken der Laubengänge und der Treppenhäuser ist es zu Betonabplatzungen gekommen. Teilweise fehlen auch in der Fläche von Betonwänden Stücke, die herausgeplatzt sind. An einigen Stellen tritt in diesen Bereichen die Bewehrung hervor.

Die Betonelemente können aufbereitet werden, indem die abgeplatzten Stellen gereinigt

und von losem Beton befreit werden. Anschließend muss der verrostete Bewehrungsstahl abgeschliffen und mit Rostschutz versehen werden. Danach kann die Stelle mit Reparaturmörtel ausgebessert werden. Ein Versiegeln der Reparaturstelle soll zukünftig weiteren Abplatzungen vorbeugen und die Stelle langfristig vor Witterung schützen.



61 Pictogramm, Betoninstandsetzung

62 Beton Abplatzung, Sieben-Höfe-Straße

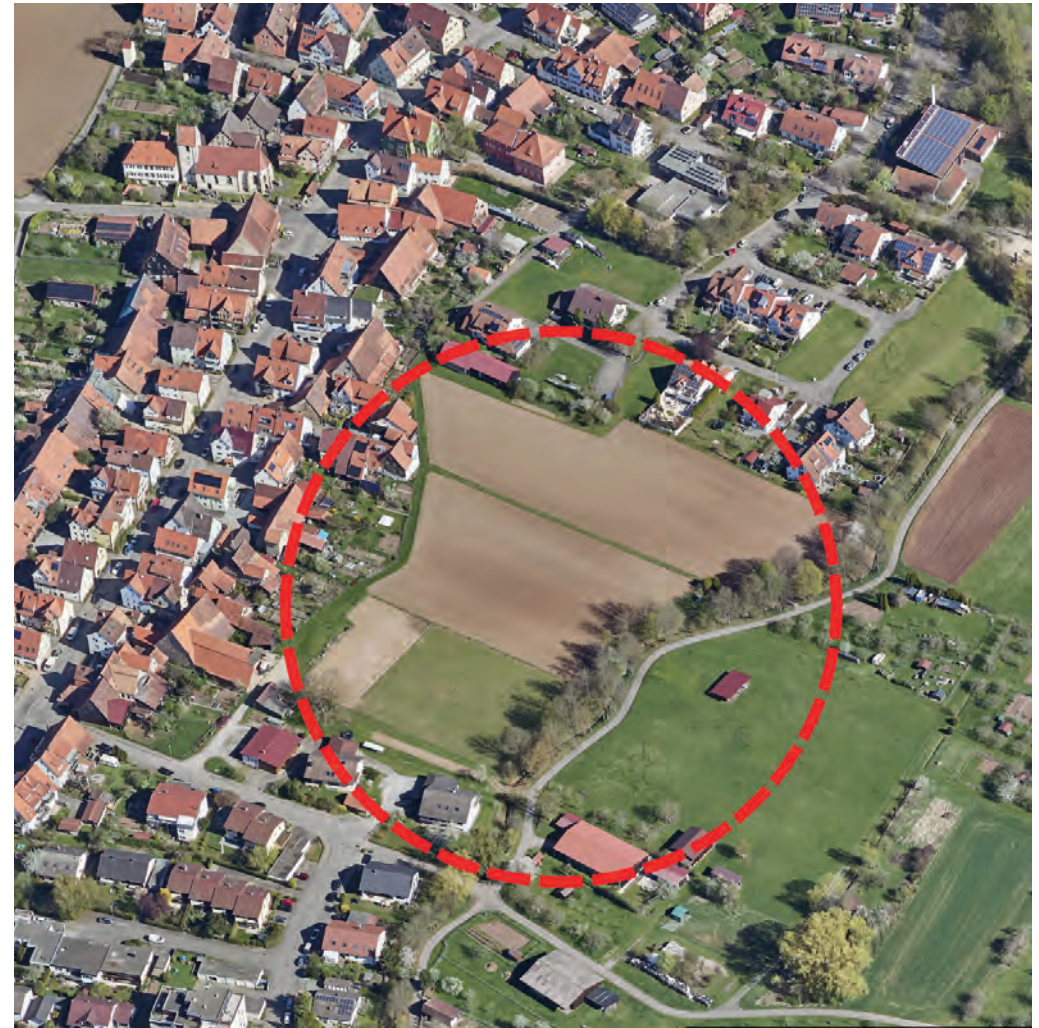


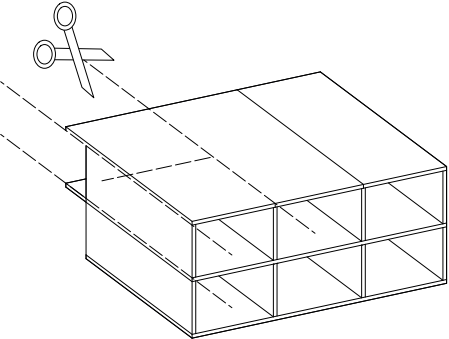


Wohnraum ist knapp und auch die Stadt Tübingen kämpft mit der hohen Nachfrage nach **Wohnungen**⁽³⁰⁾. Das betrifft nicht nur die Innenstadtbereiche, sondern auch die Außenbezirke.

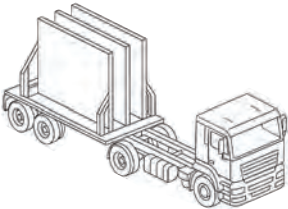
Nur etwa 2,5 km südwestlich der Sieben-Höfe-Straße befindet sich das Gebiet „Ölacker“ im Tübinger Stadtteil Weilheim. Im Zuge der Tübinger Baulandentwicklung, mit der die Stadt für mehr Wohnraum sorgen will, soll der südliche Ölacker-Bereich zu einem Baugebiet entwickelt werden. Aktuell wird das Gelände landwirtschaftlich genutzt.

Um eine planerische Grundlage für das Gebiet bzw. die Gebäude zu schaffen, wurde ein städtebaulicher Entwurf ausgelobt. Das Büro **LE-HENDrei**⁽³¹⁾ aus Stuttgart hat mit seinem Entwurf den Wettbewerb gewonnen. Auf dieser Arbeit baut der im April beschlossene Aufstellungsbeschluss des Bebauungsplanes in Weilheim auf.

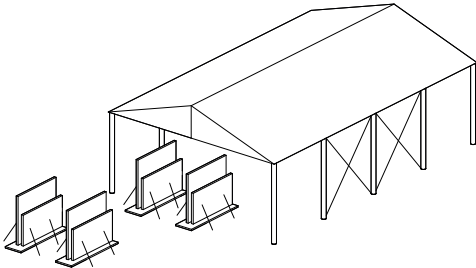




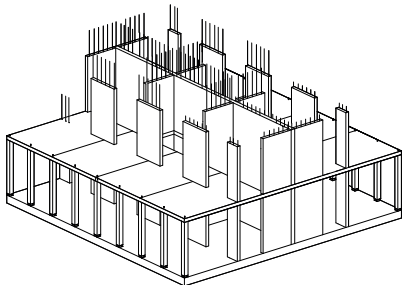
Sieben-Höfe-Straße



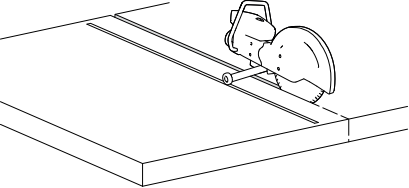
Transport



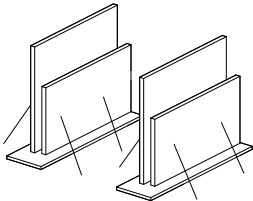
Zwischenstation



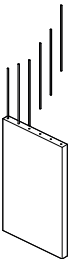
Hinter den Gärten



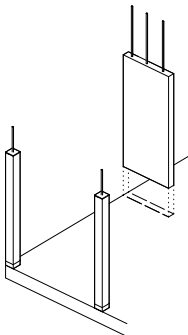
Trennen des Rohbaus



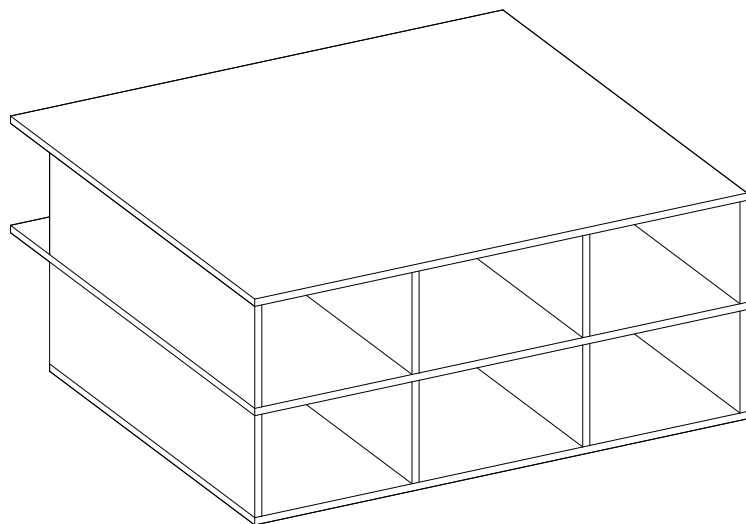
Be- und Entladen



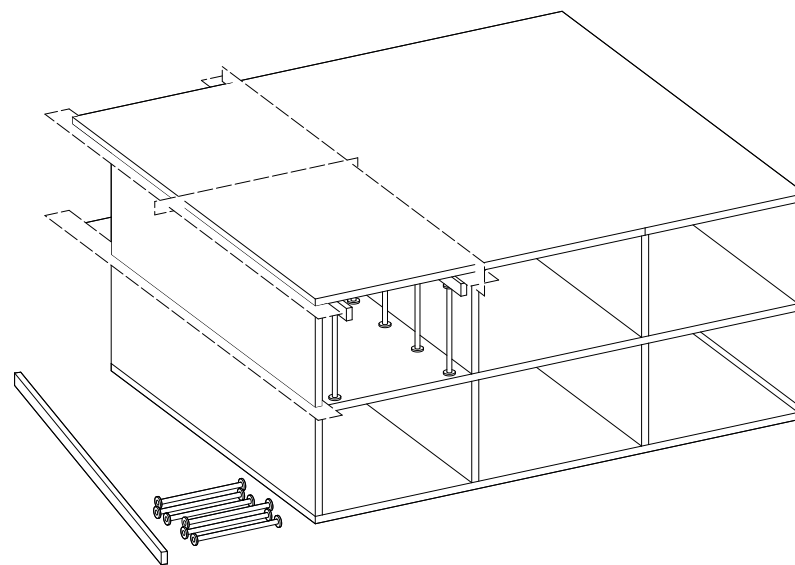
Bearbeiten der Elemente



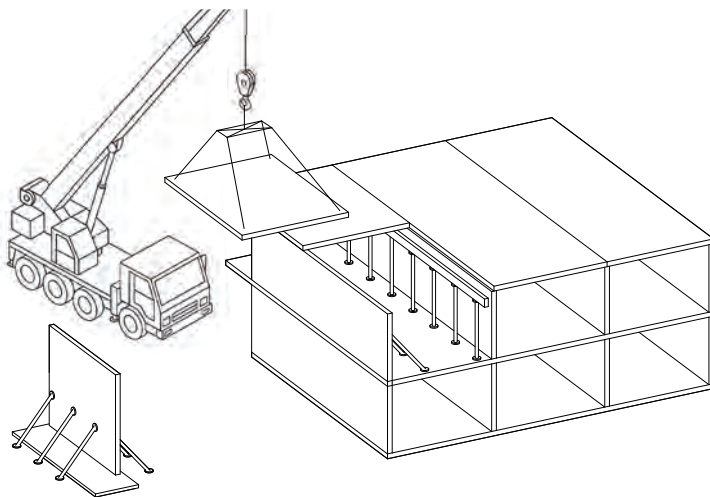
Montage der Elemente



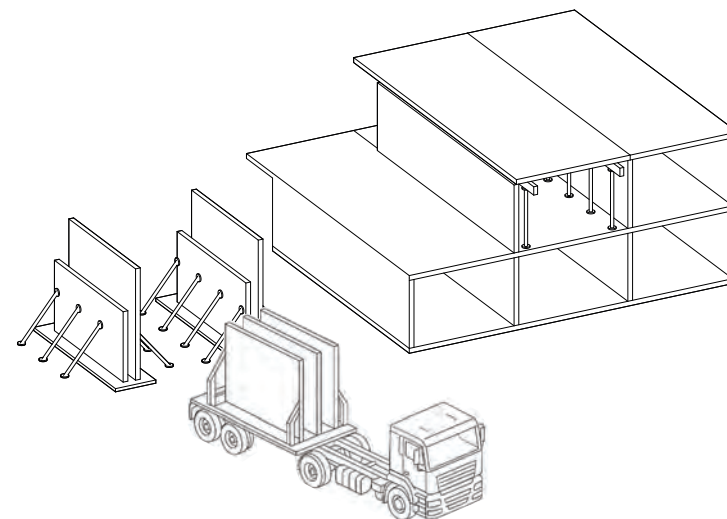
Schritt 1: Das Gebäude wird vollständig entkernt und der Rohbau freigelegt.



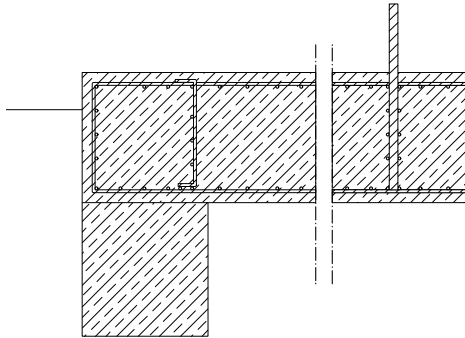
Schritt 2: Das Gebäude wird nach individuell angefertigtem Schnittplan getrennt und der Rohbau sowie die zu trennenden Bauteile abgespriet.



Schritt 3: Die abgetrennten Elemente werden mit einem Kran herausgehoben und transportfähig gemacht.

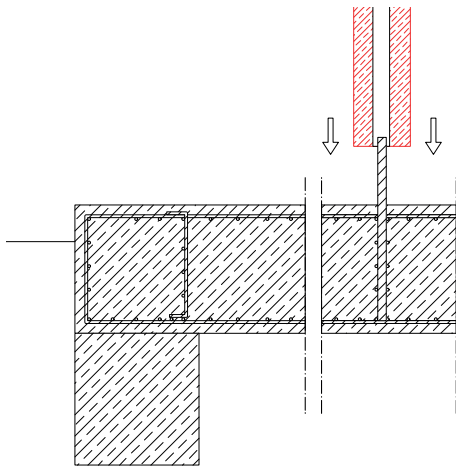
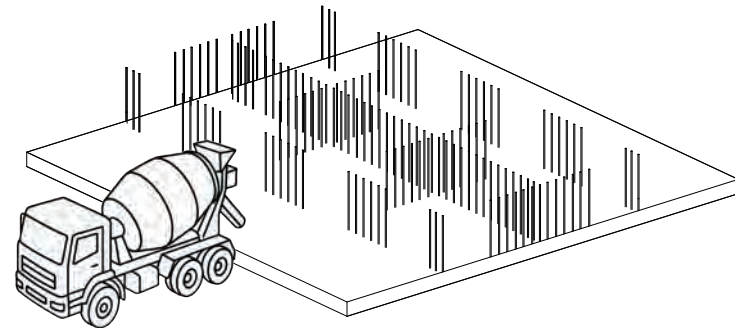


Schritt 4: Mit einer Zugmaschine und Innenlader-Auflieger werden die Elemente abtransportiert.



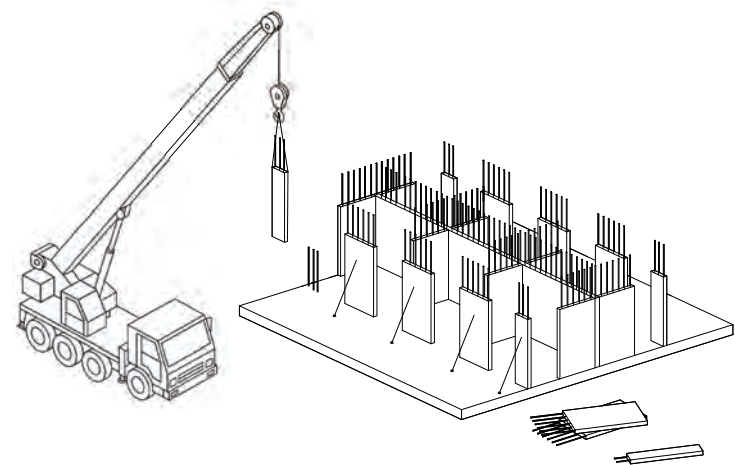
Schritt 1:

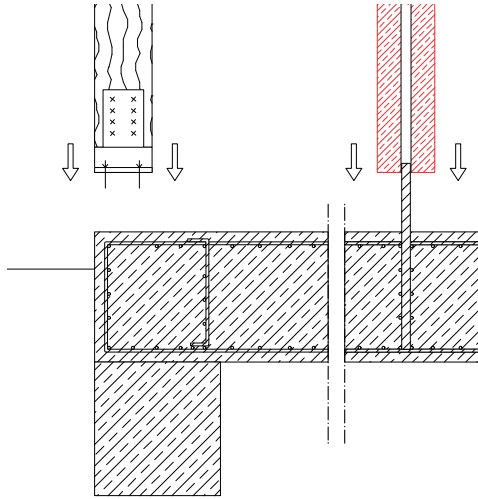
Die Bodenplatte wird in herkömmlicher Ortbetonbauweise erstellt. Die Anschlussbewehrung für das Erdgeschoss wird dabei mit der Bewehrung der Bodenplatte verbunden.



Schritt 2:

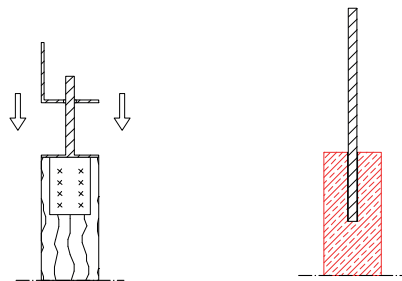
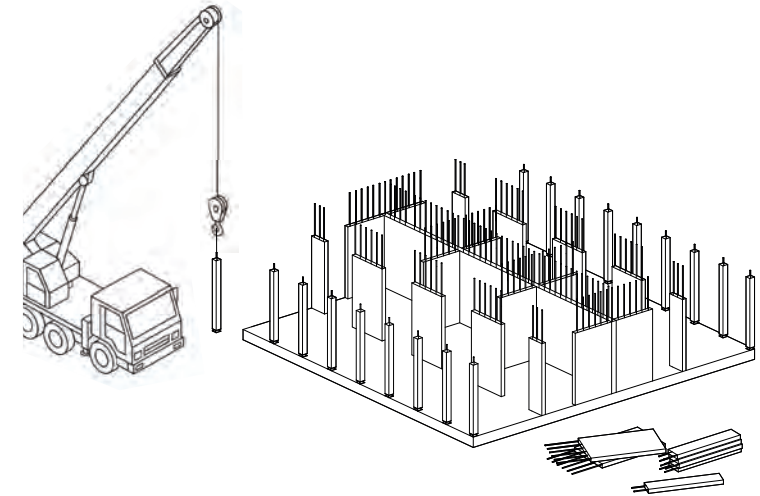
Die **präparierten Wandelemente** werden mit Hilfe eines Krans auf die Anschlussbewehrung gesteckt und auf die Bodenplatte abgesetzt. Die Anschlussstelle wird über eine Vergussöffnung mit Mörtel verfüllt.





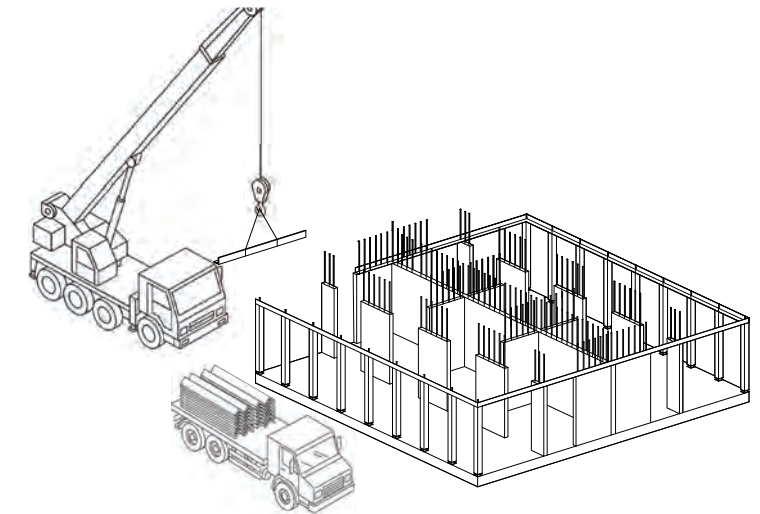
Schritt 3:

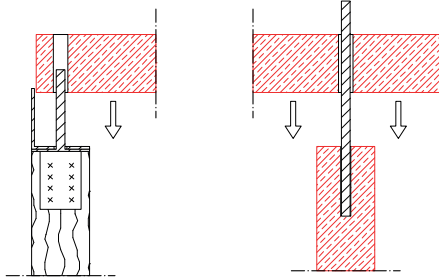
Die Holzstützen werden mit Hilfe eines Krans aufgestellt und auf der Bodenplatte verschraubt. Am oberen Ende der Stützen befindet sich ein Verbindungsstift, in den später die **Deckenplatten** eingesetzt werden.



Schritt 4:

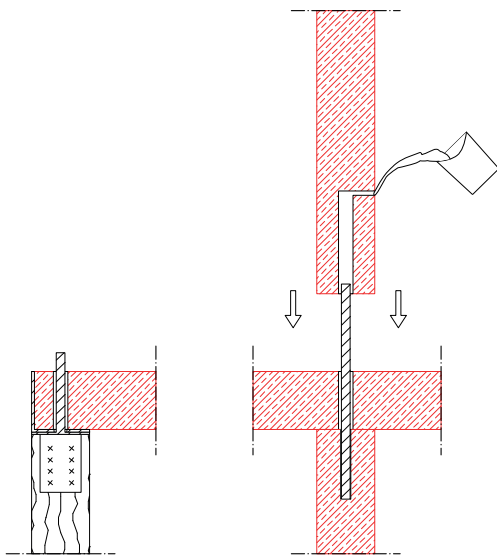
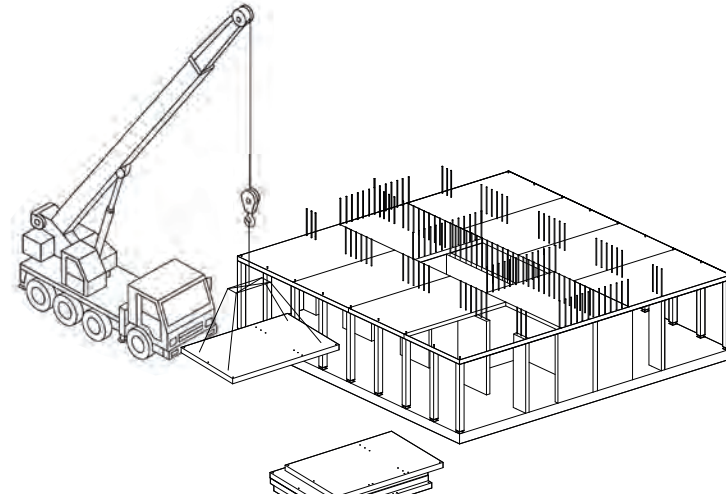
Um einen statischen Deckenverbund und größere Auflagerflächen für die Deckenplatten herzustellen, werden entlang der Fassade auf die Stützen L-Winkel gesetzt.





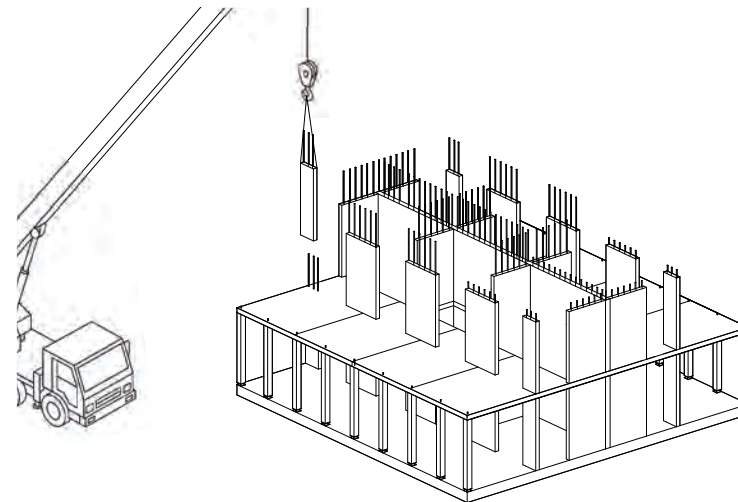
Schritt 5:

Die vorgebohrten **Deckenplatten** werden mit einem Kran auf die Stützen und **Wandscheiben** gesetzt. Dabei ist auf das Einführen des Verbindungsstangs in die Bohrungen zu achten. Dieser Verbindungsstang besitzt am oberen Ende ein Gewinde. Über dieses wird die Stütze mit der **Deckenplatte** verschraubt. Die Anschlussstelle kann ebenfalls mit Mörtel verfüllt werden.



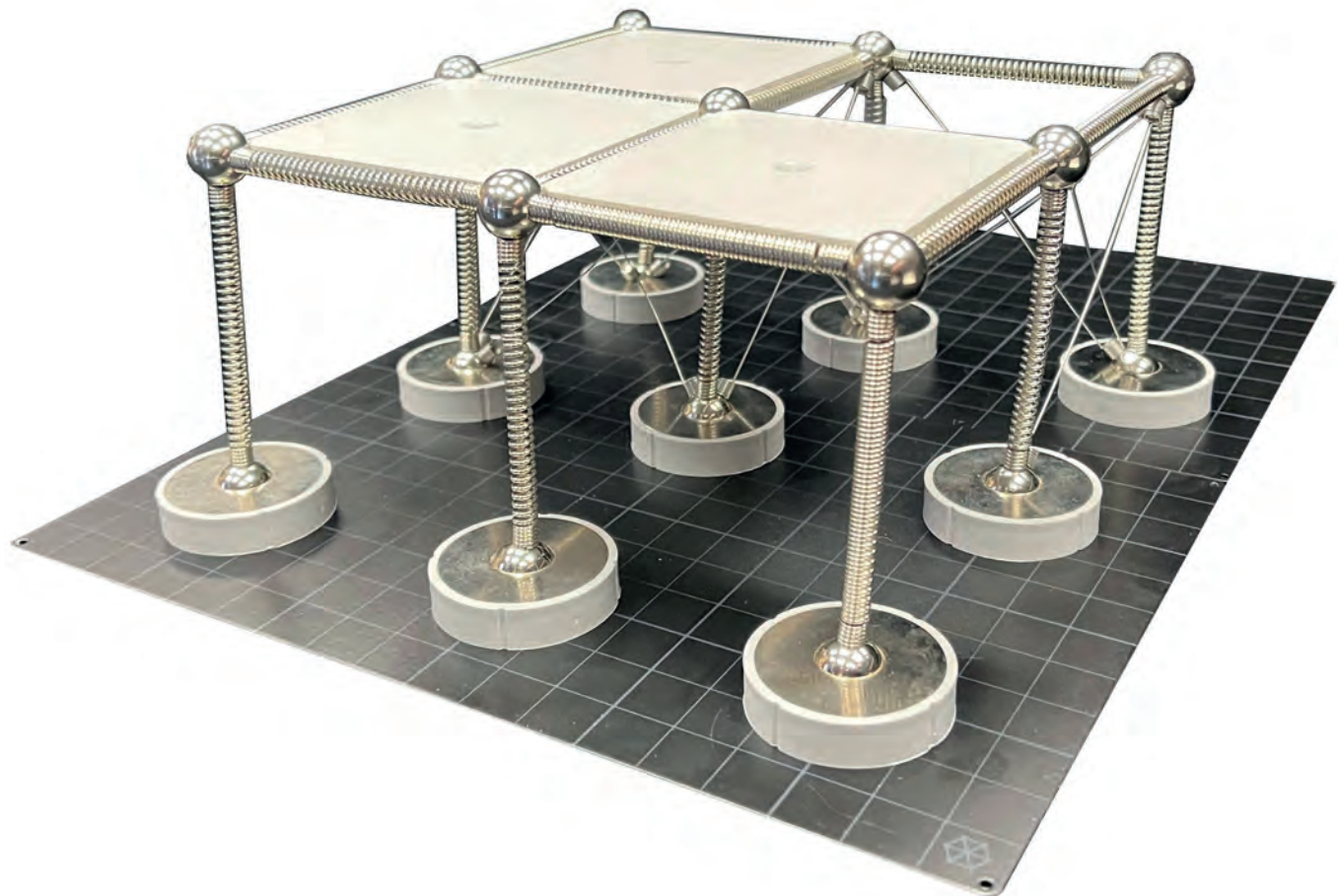
Schritt 6:

Auch für das erste Obergeschoss werden die **präparierten Wandelemente** mit Hilfe eines Krans auf die Anschlussbewehrung gesteckt und auf die **Deckenplatte** abgesetzt. Die Anschlussstelle wird wieder über eine Vergussöffnung mit Mörtel verfüllt und stellt somit einen kraftschlüssigen Verbund her. Alle darauffolgenden Schritte sind identisch mit den Schritten 2 bis 6.



Mit den mola structural models können Konstruktionen einfach und schnell nachgebaut werden. So können Gebäude mit ihrem jeweiligen statischen System auf ihre Tragfähigkeit überprüft werden.

In der Abbildung rechts wurde das statische System eines Doppelhauses überprüft.





Der städtebauliche Entwurf sieht eine Verbindung der beiden Stadtbereiche von Weilheim vor. Entlang der verkehrsberuhigten Straße, die vom oberen Teil des Entwurfsgebietes zum unteren Teil führt, orientieren sich verschiedene Gebäudetypen.

Für diese Arbeit sind nur die zwei Mehrfamilienhäuser im südwestlichen Bereich, sowie die vier Doppelhäuser im südöstlichen Bereich relevant. Alle anderen Gebäude werden in der Arbeit nicht betrachtet.

Die Entwürfe von LEHENDrei sehen für die vier Doppelhäuser pro Gebäude jeweils zwei Wohneinheiten auf insgesamt 3 Etagen vor. In unserem Entwurf erhalten die beiden Mehrfamilienhäuser ein weiteres Obergeschoss. Es wurden in den Mehrfamilienhäusern auf insgesamt 4 Geschossen 11 Wohnungen entworfen.

Ziel des Entwurfs der Neubauten war es nicht, alle Elemente aus der Sieben-Höfe-Straße für die Gebäude Hinter den Gärten zu verwenden, sondern möglichst viele. Der Fokus liegt dabei jedoch auf dem Rohbau. Dieser soll bei den neuen Gebäuden möglichst ausschließlich aus der wiederverwendeten Rohbaustruktur der Gebäude aus der Sieben-Höfe-Straße bestehen.

Ergänzend dazu soll mit Hilfe weiterer Elemente aus der Sieben-Höfe-Straße punktuell und ergänzend ein architektonisch, ökologisch und ökonomisch wertvoller Entwurf entstehen.

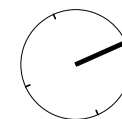
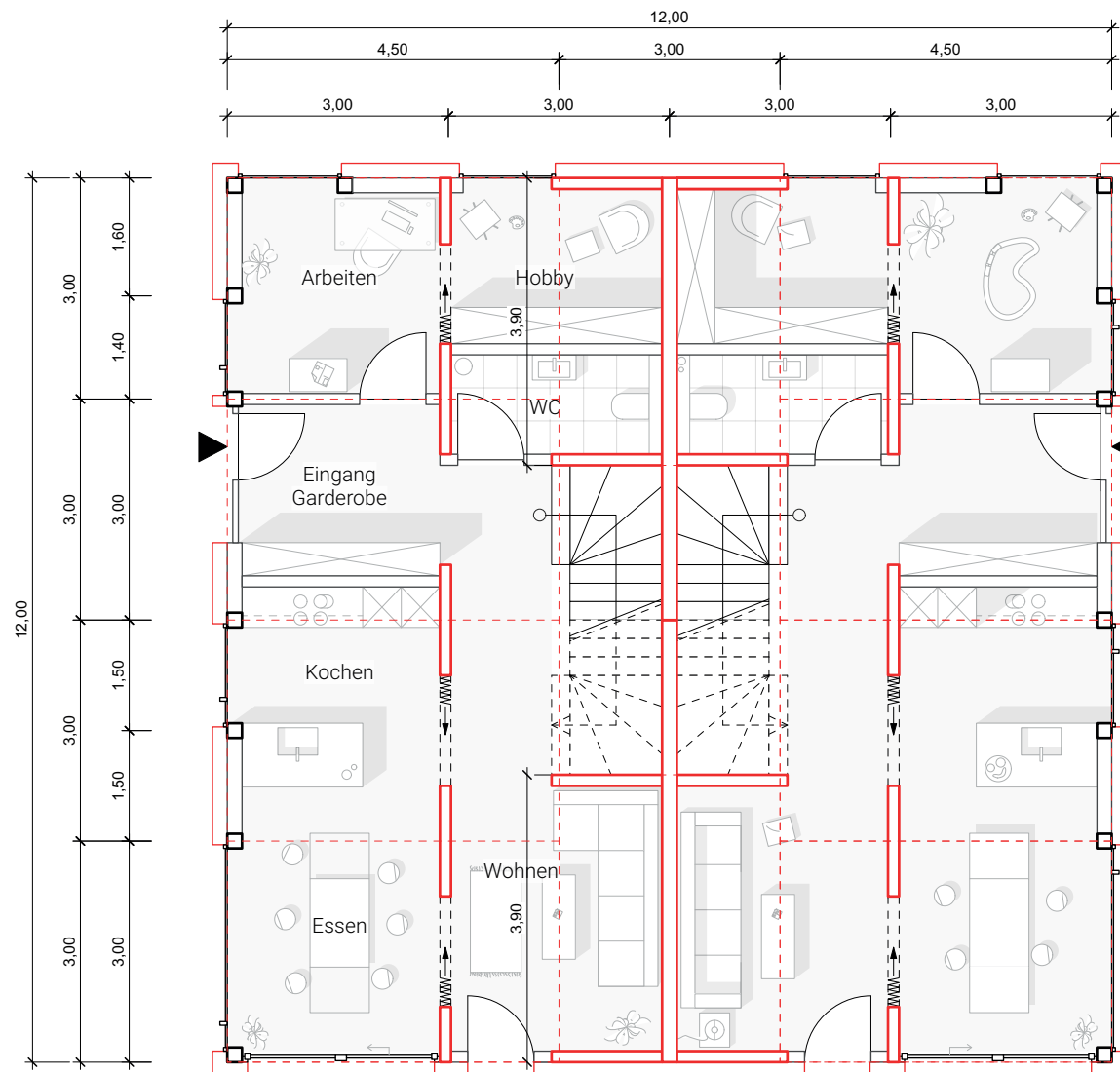
69 Lageplan, Hinter den Gärten

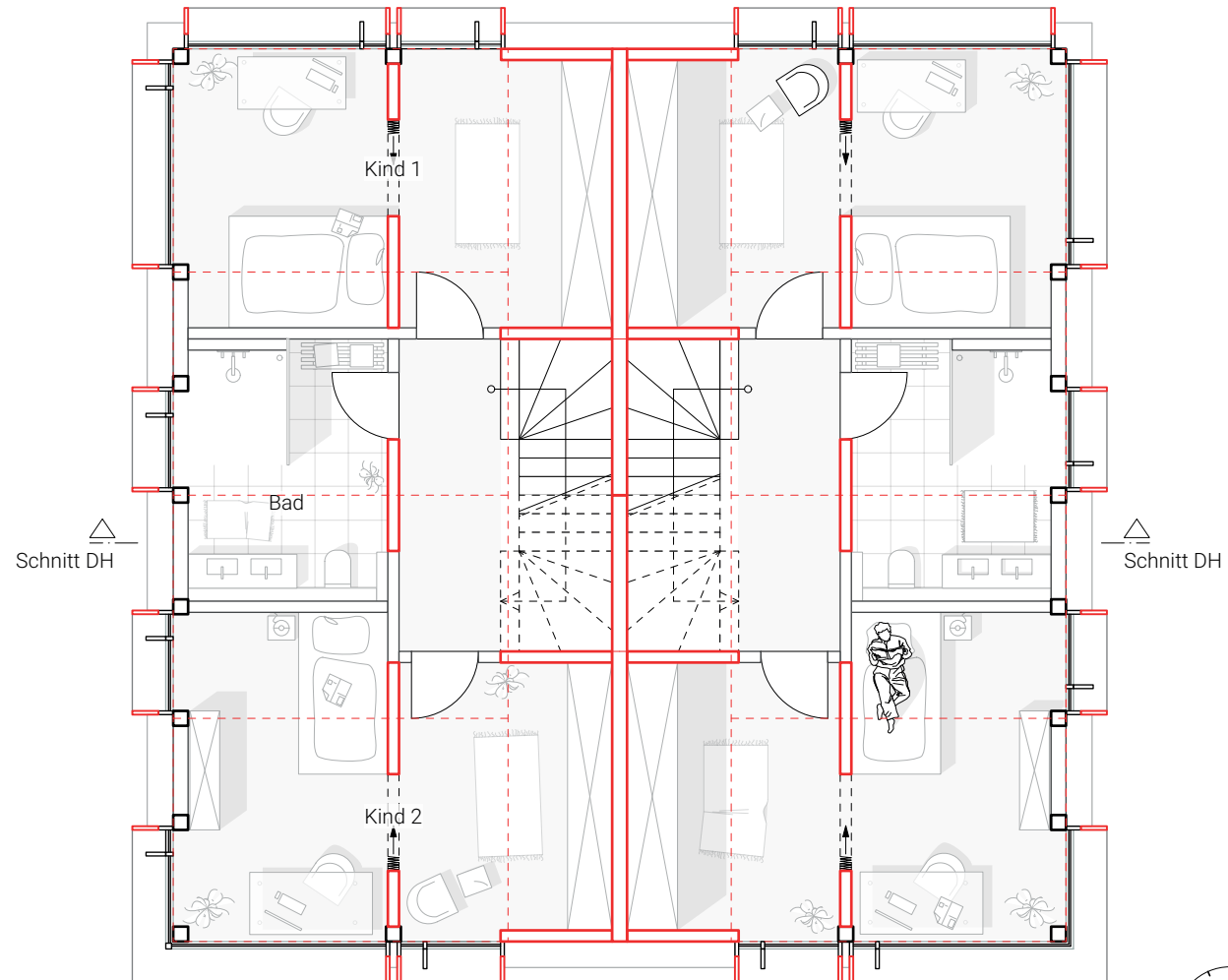
70 Erdgeschoss Grundriss



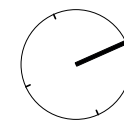
Die Grundrisse der Doppelhäuser sind flexibel und individuell anpassbar. Im Bereich der Betonwandscheiben im Inneren des Gebäudes finden sich raumtrennende Glieder. Sie ermöglichen ein schnelles und unkompliziertes Aufteilen der Räume.

Im unteren Teil des Erdgeschosses findet sich der offene Koch-Essbereich mit angrenzendem Wohnzimmer. Auf der anderen Seite findet ein Arbeitszimmer mit Hobbyraum Platz. Das Erdgeschoss verfügt außerdem über einen offenen Eingangsbereich mit Garderobe und einem WC.

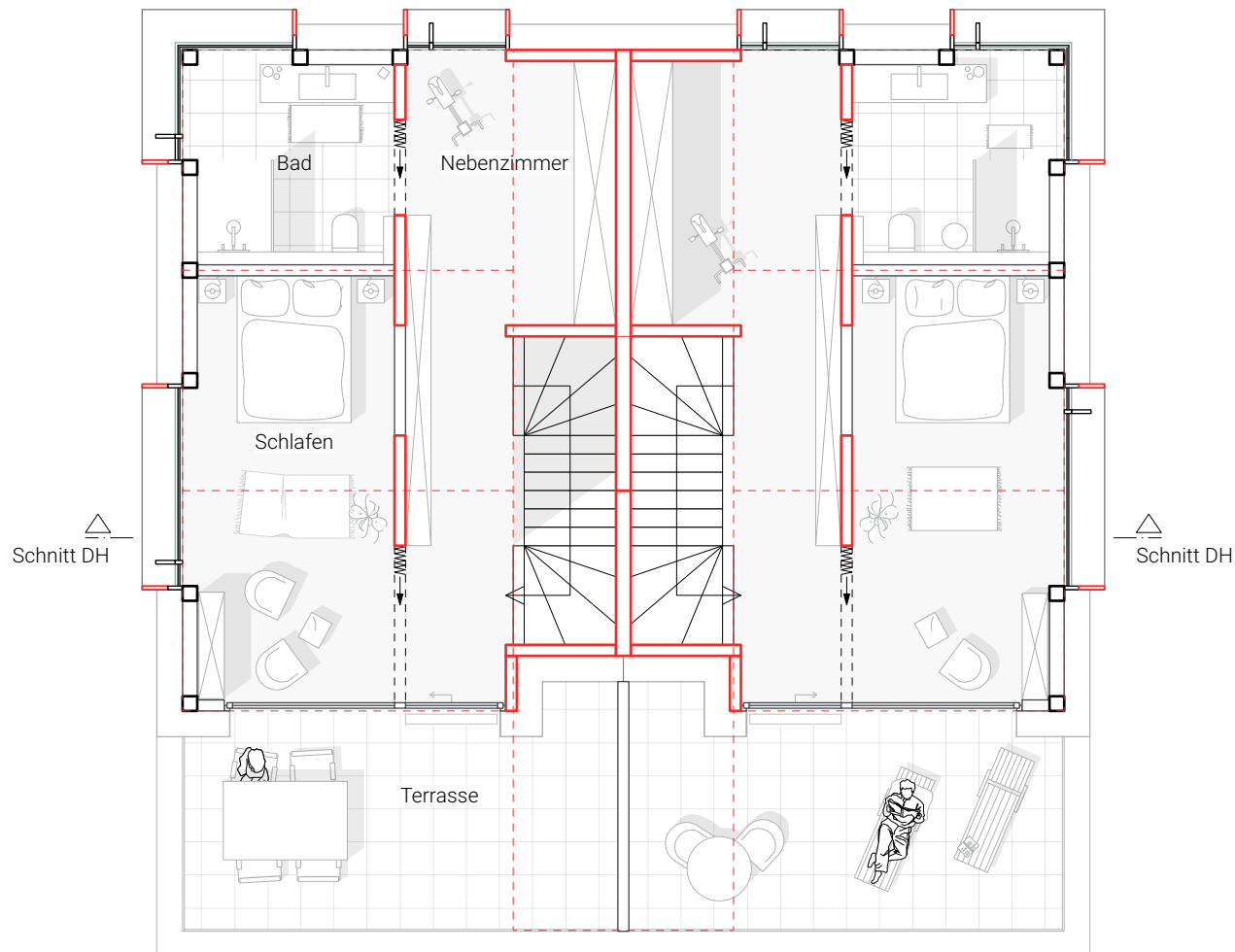


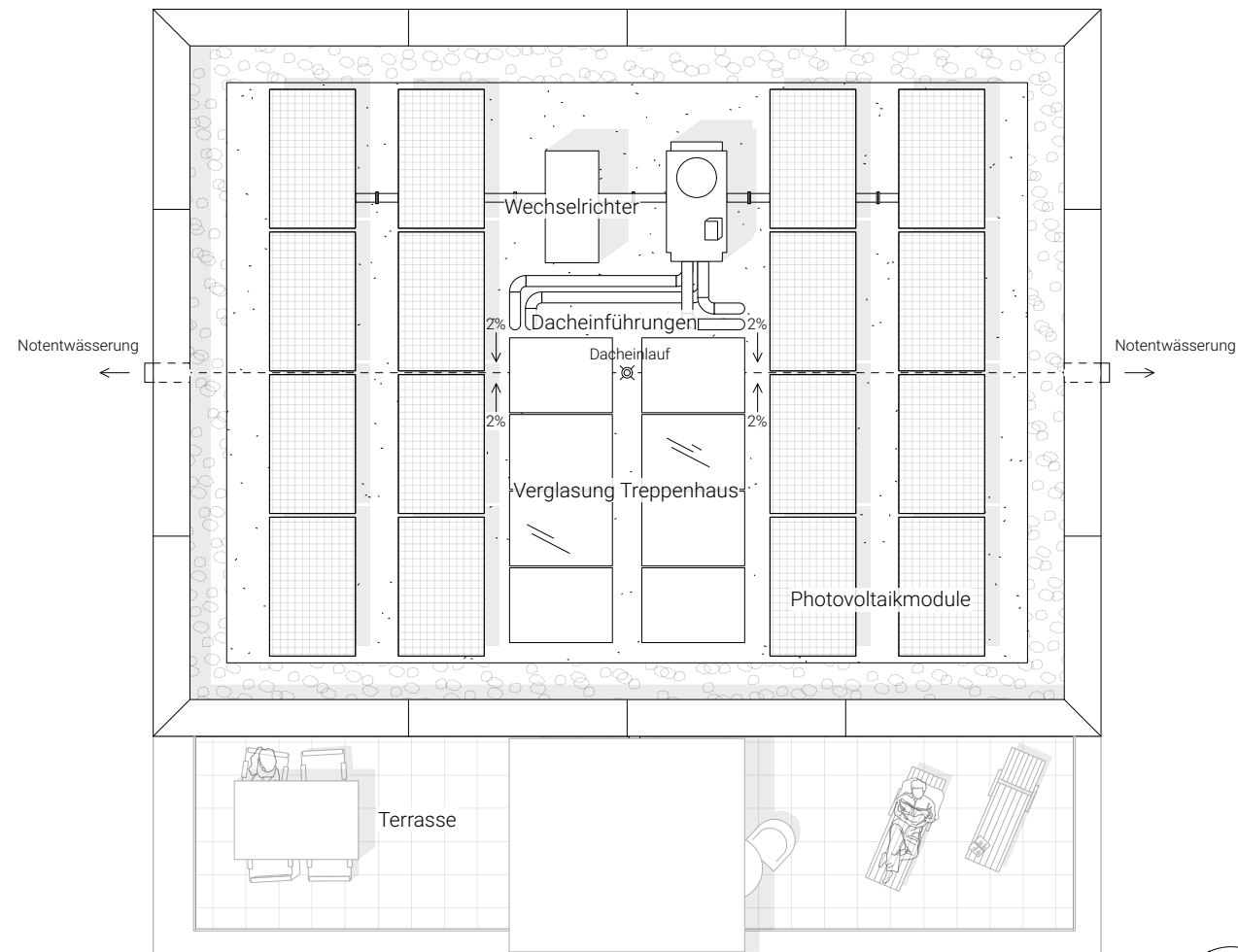


Im 1. Obergeschoss befinden sich zwei großzügige Wohnbereiche bestehend aus jeweils zwei Räumen. Ein großes Bad mit Dusche und Platz für Doppelwaschbecken liegt zwischen den beiden Zimmern.



Im 2. Obergeschoss befindet sich ein weiteres Bad. Das Elternschlafzimmer verfügt neben den großen Fenstern mit Aussicht über eine großzügige Dachterrasse. Die Doppelhäuser sind nicht unterkellert. Abstellflächen finden sich unter der Treppe im Inneren des Gebäudes.

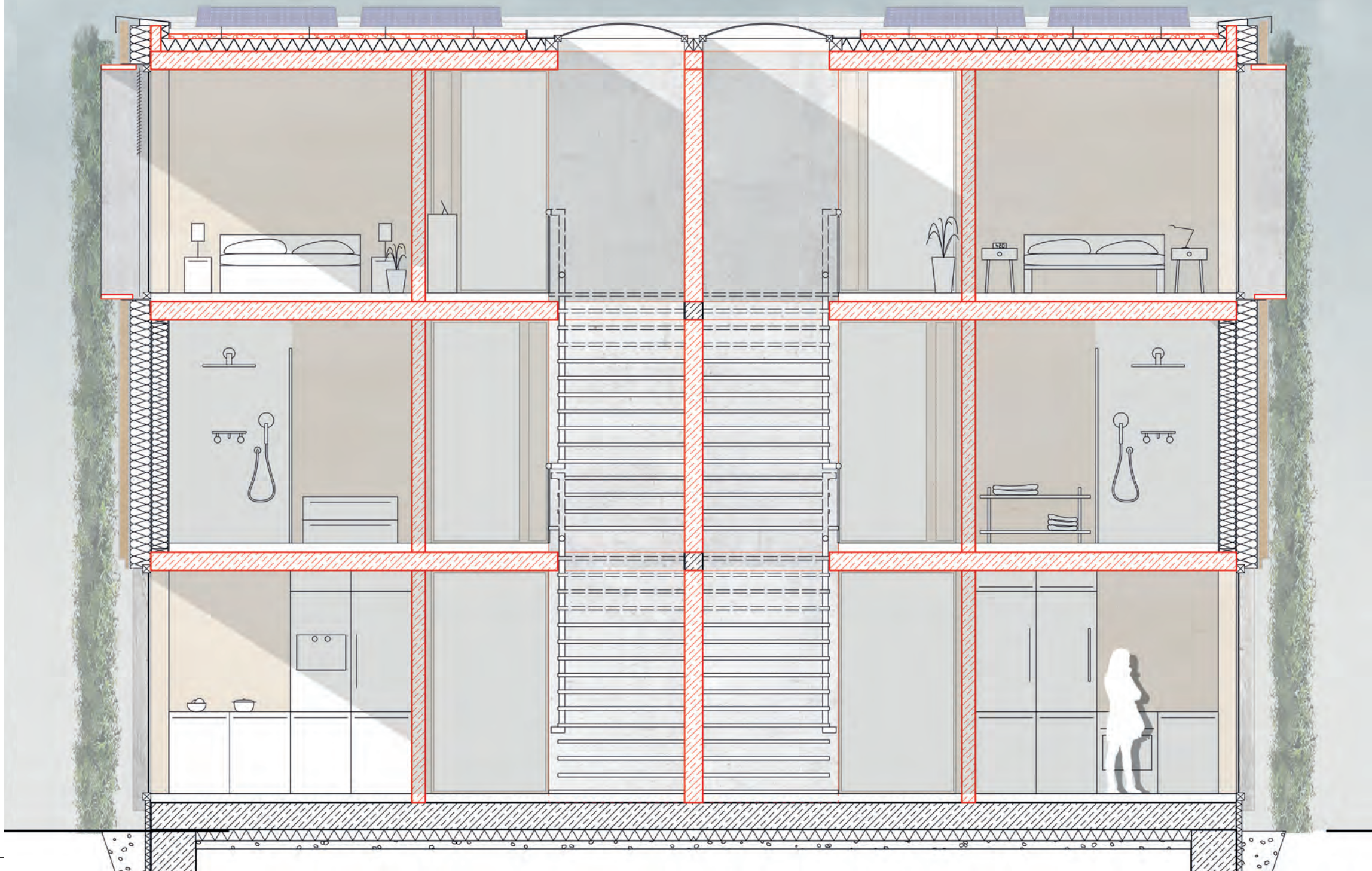


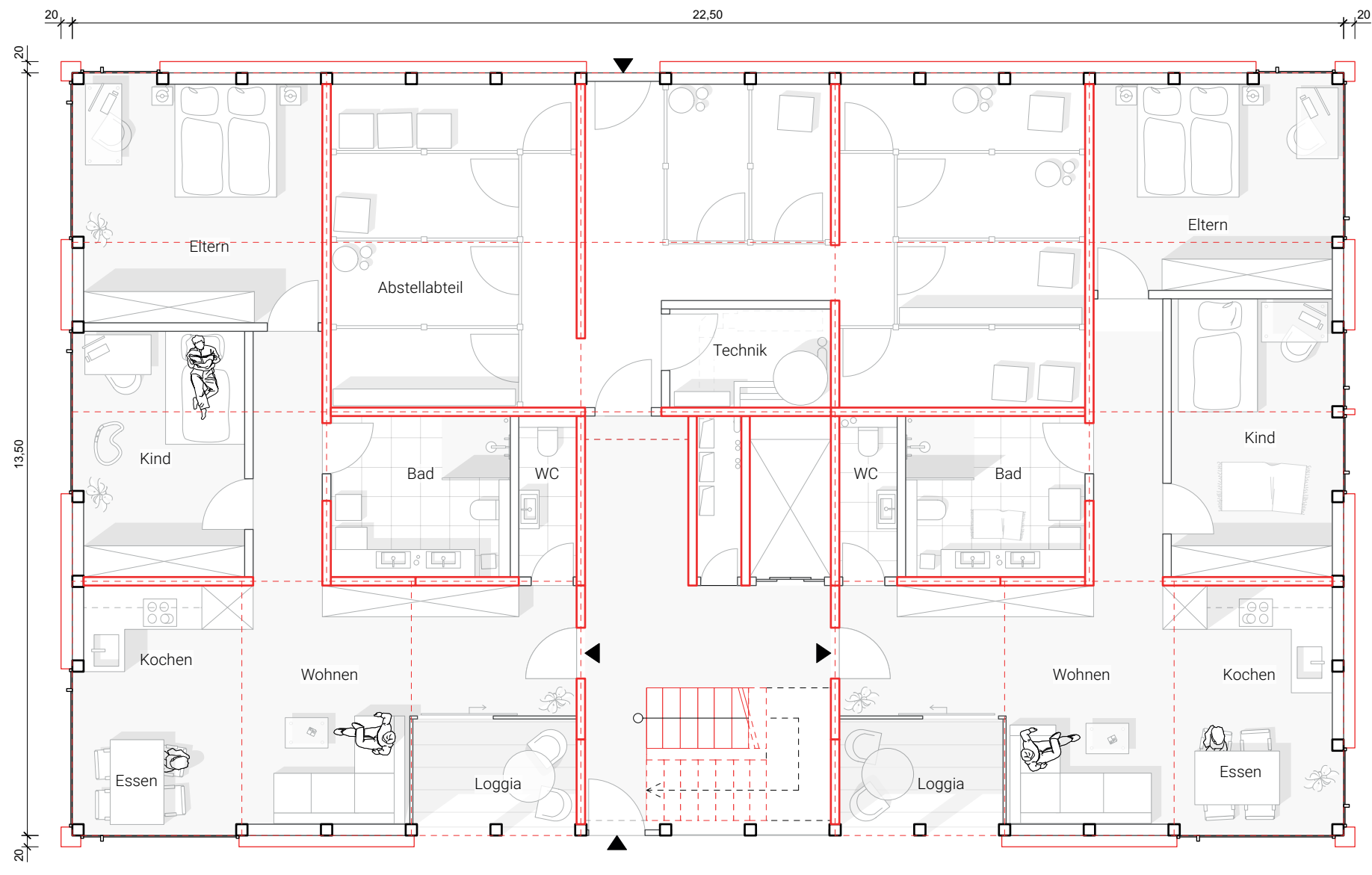




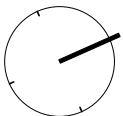


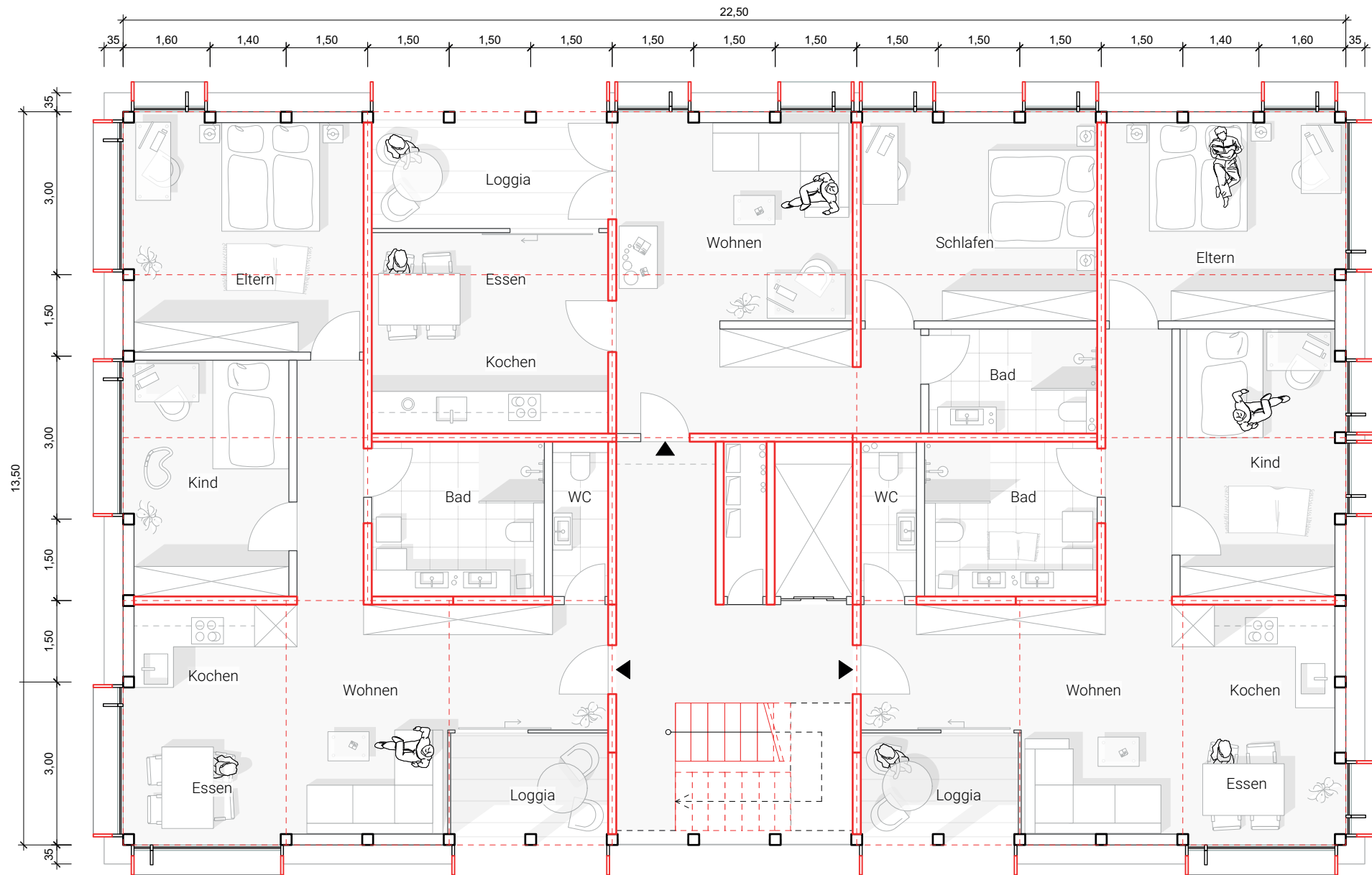


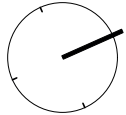
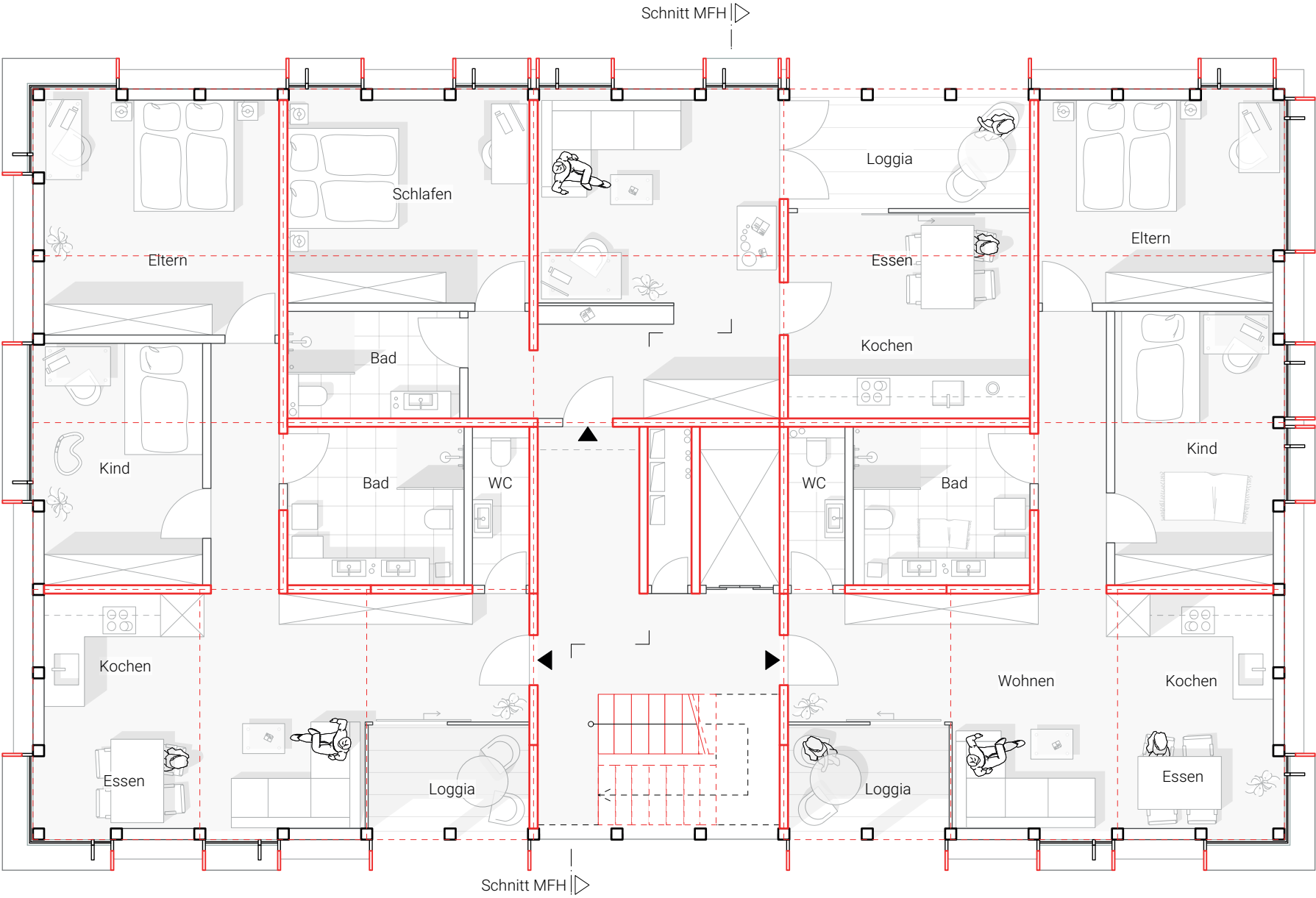


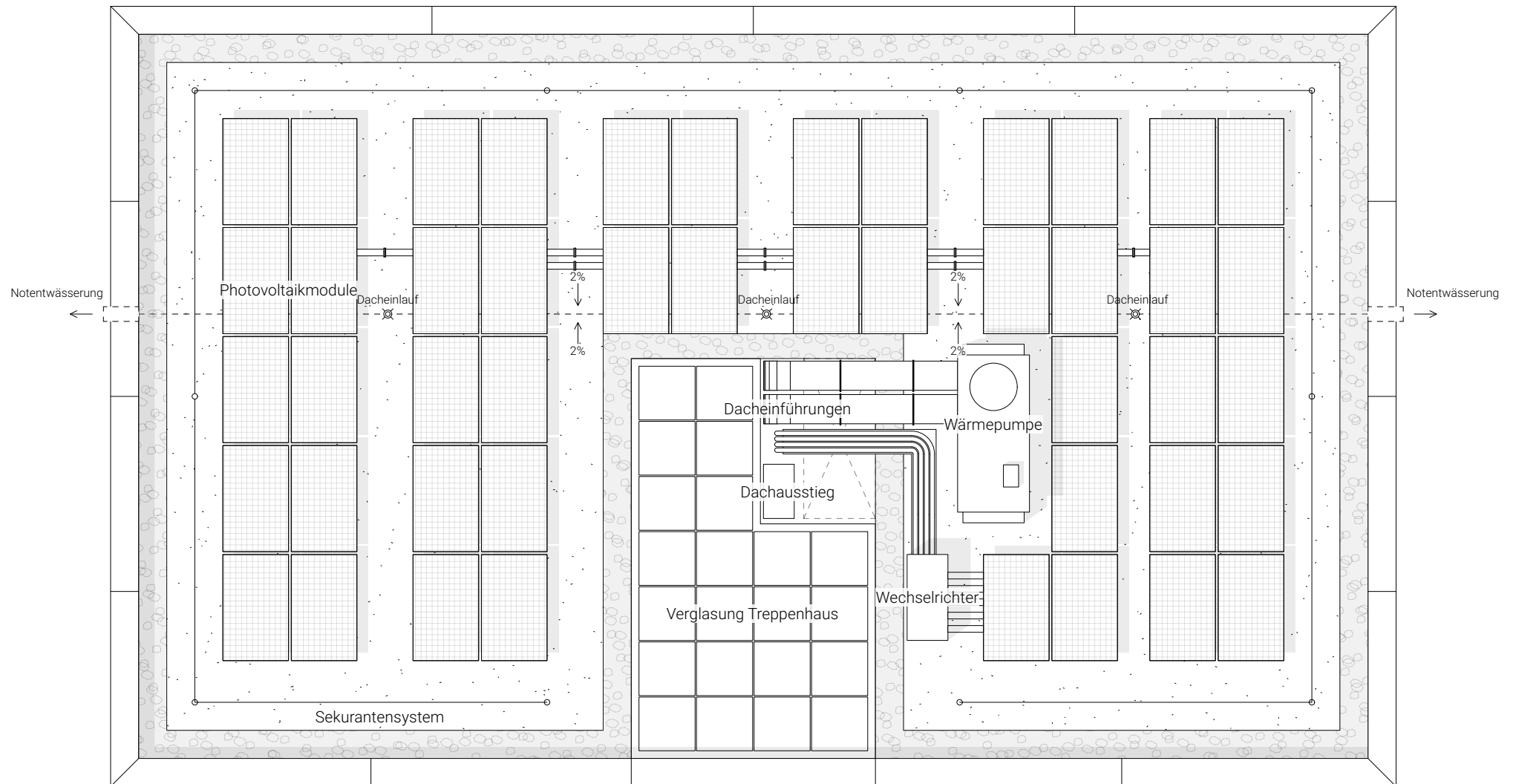


79 EG Grundriss M 1:100





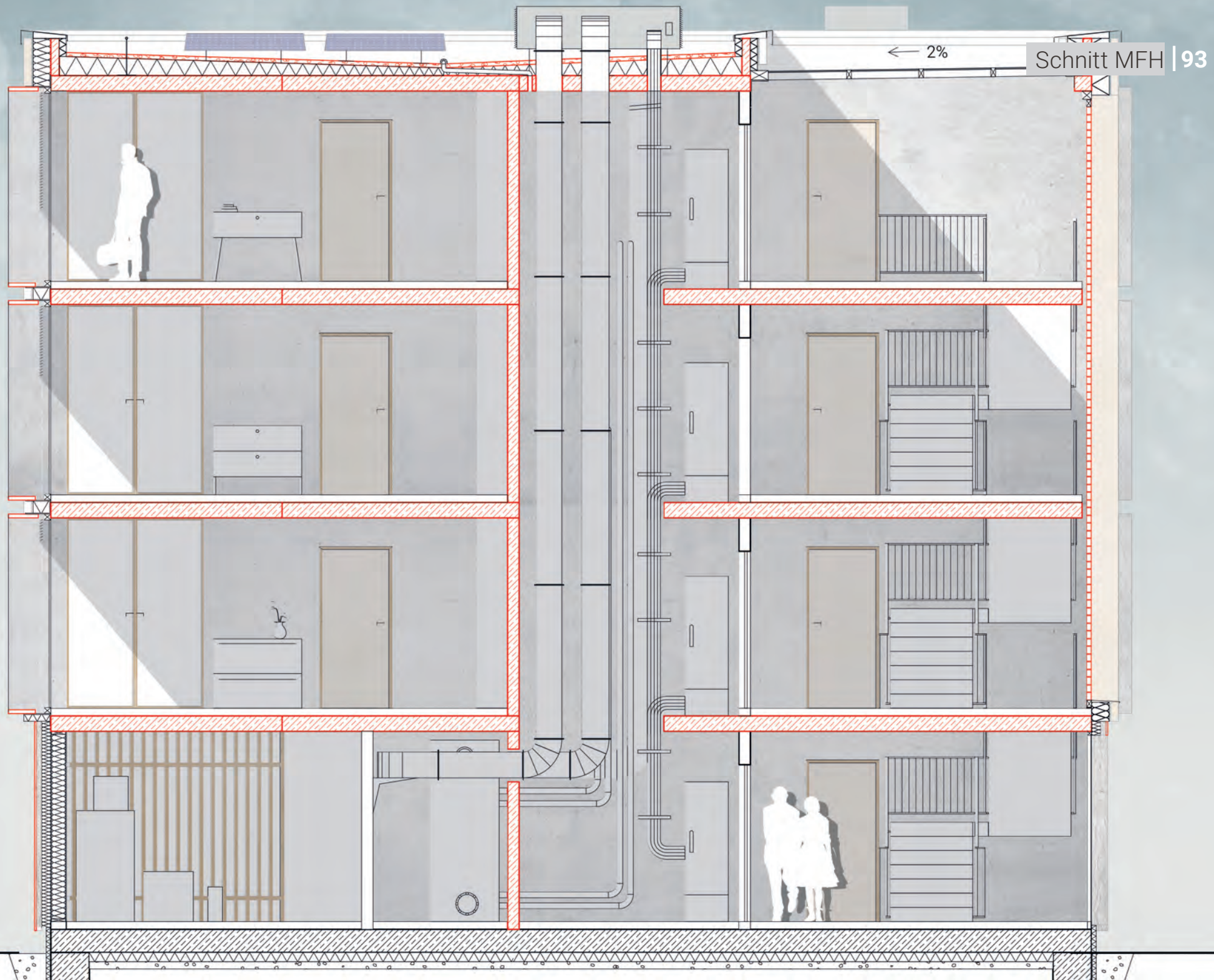










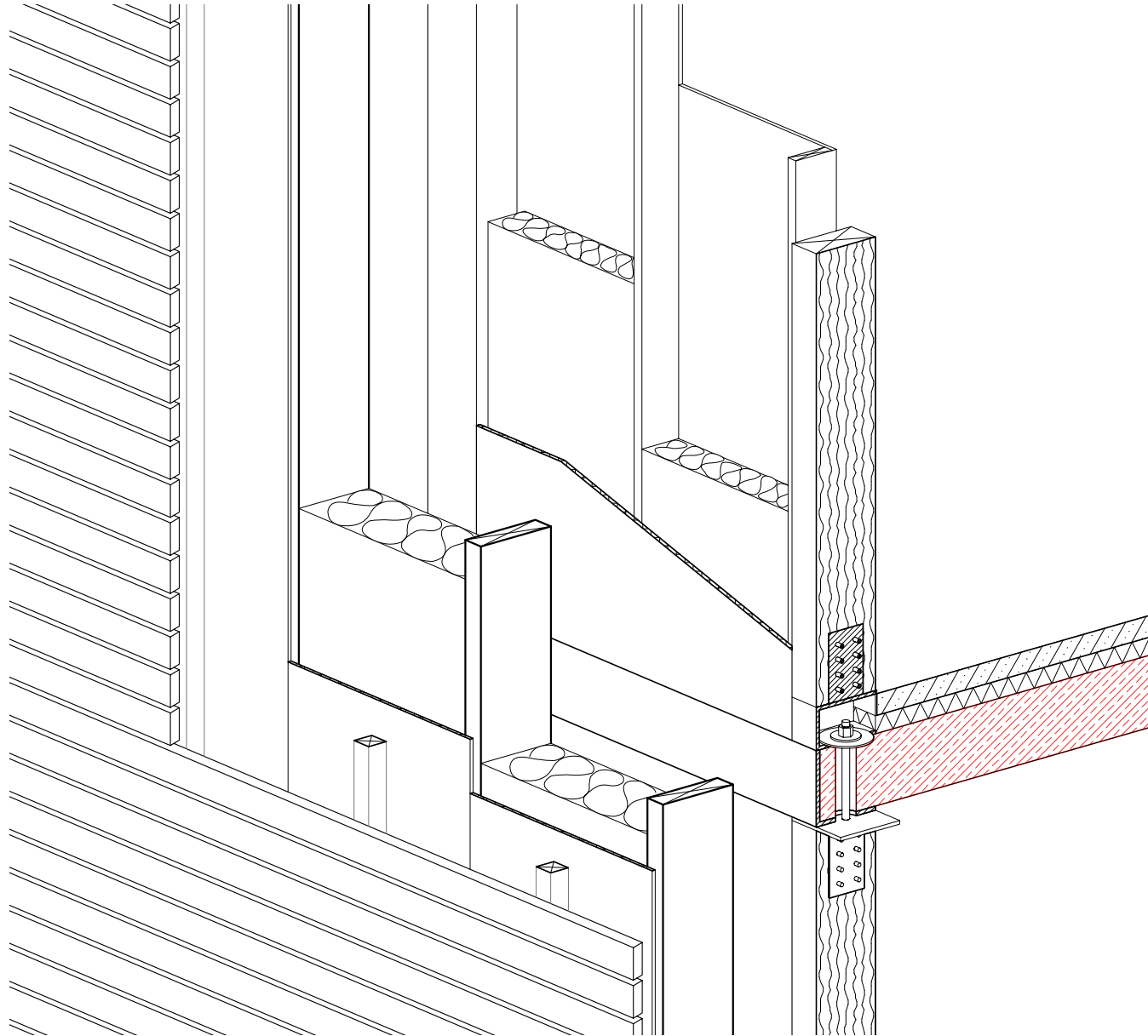












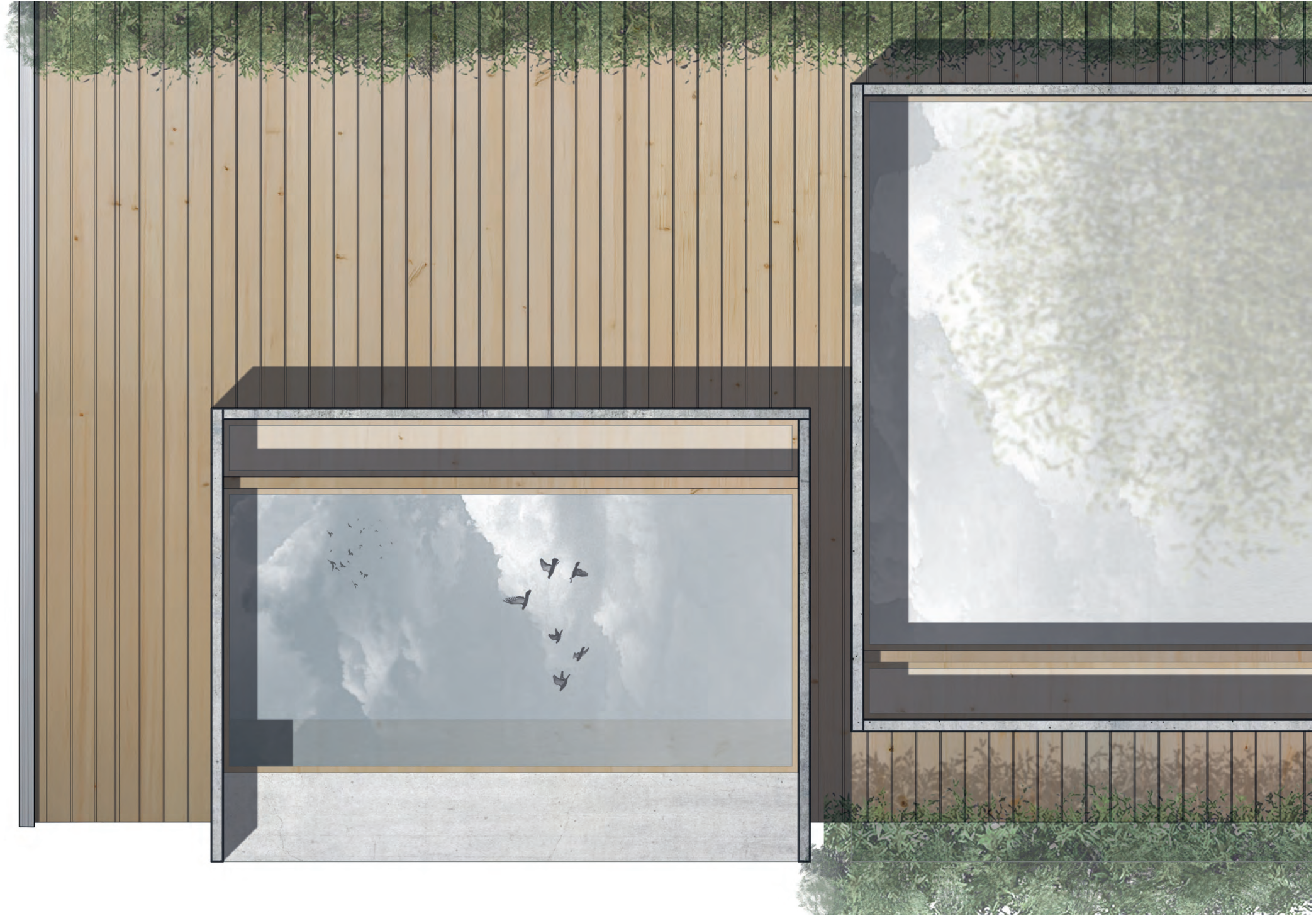
Die Fassade der Doppelhäuser besteht aus einer vorgehängten, hinterlüfteten Holzfassade. Dabei besteht die vertikale Holzfassade im Erdgeschoss aus wiederverwendeten Holzelementen aus der Laubengangverkleidung der Sieben-Höfe-Straße.

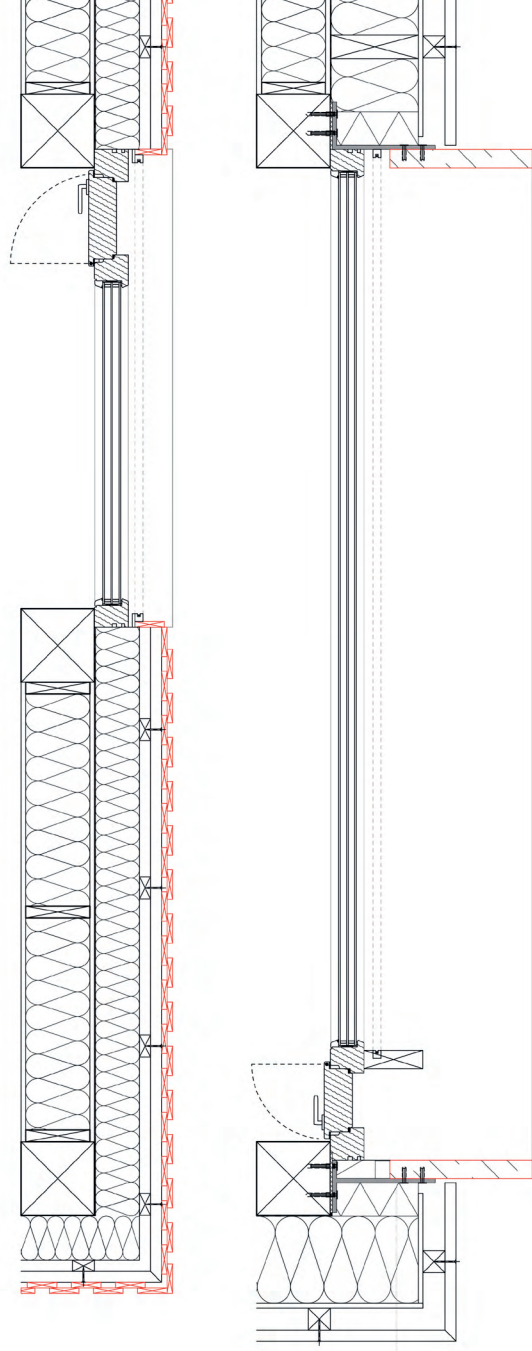
Die Fassadenkonstruktion der Obergeschosse krägt 15 cm über das Erdgeschoss hinaus und verfügt über eine neue Holzfassade mit vertikalen Lamellen. Die Fenster mit raumhoher Verglasung sind mit Waschbetonplatten gefasst und stehen in der Fassade hervor. Sie dienen in der Sieben-Höfe-Straße als Fassadenabschluss im Dachbereich.

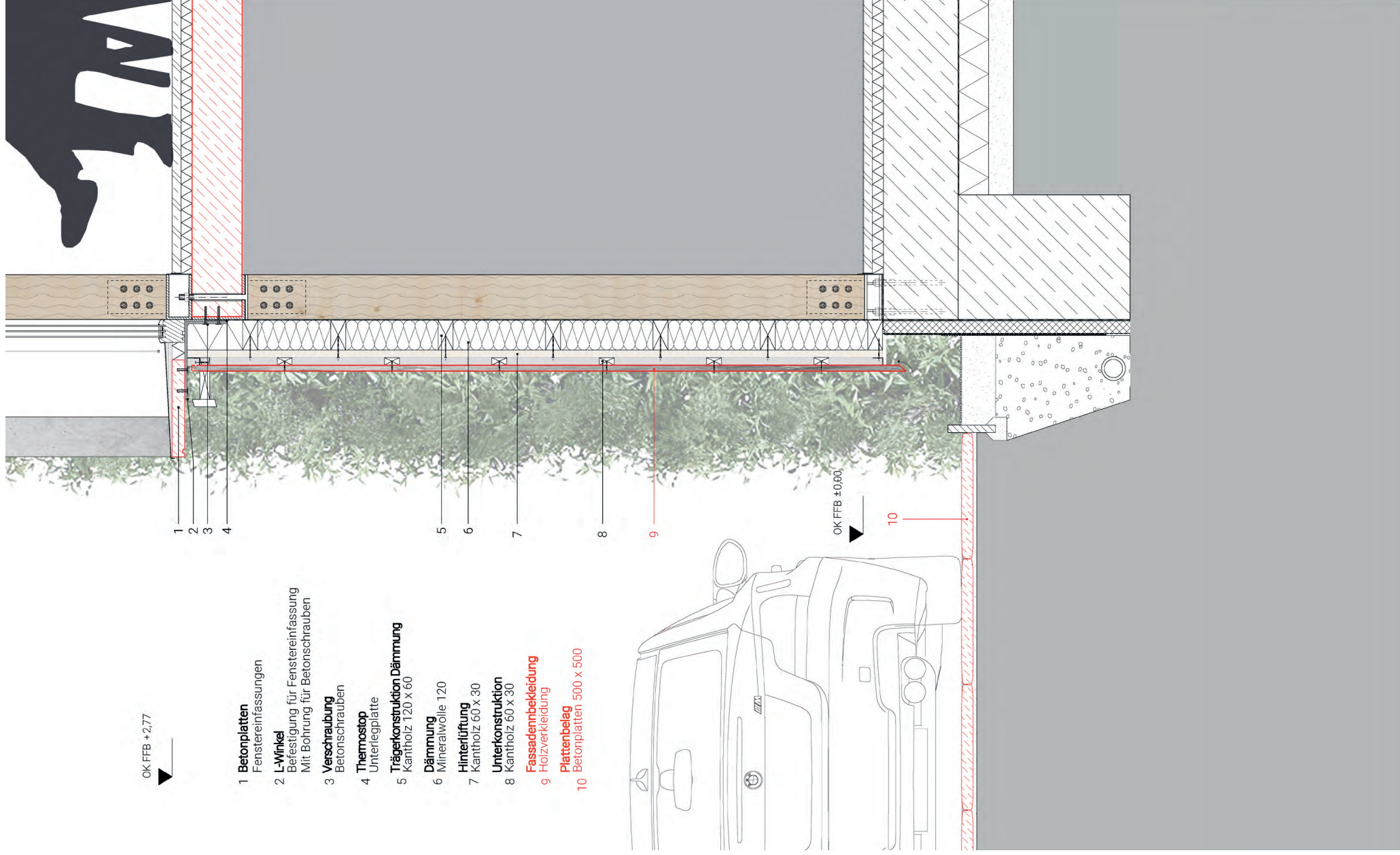
89 Fassadenaufbau

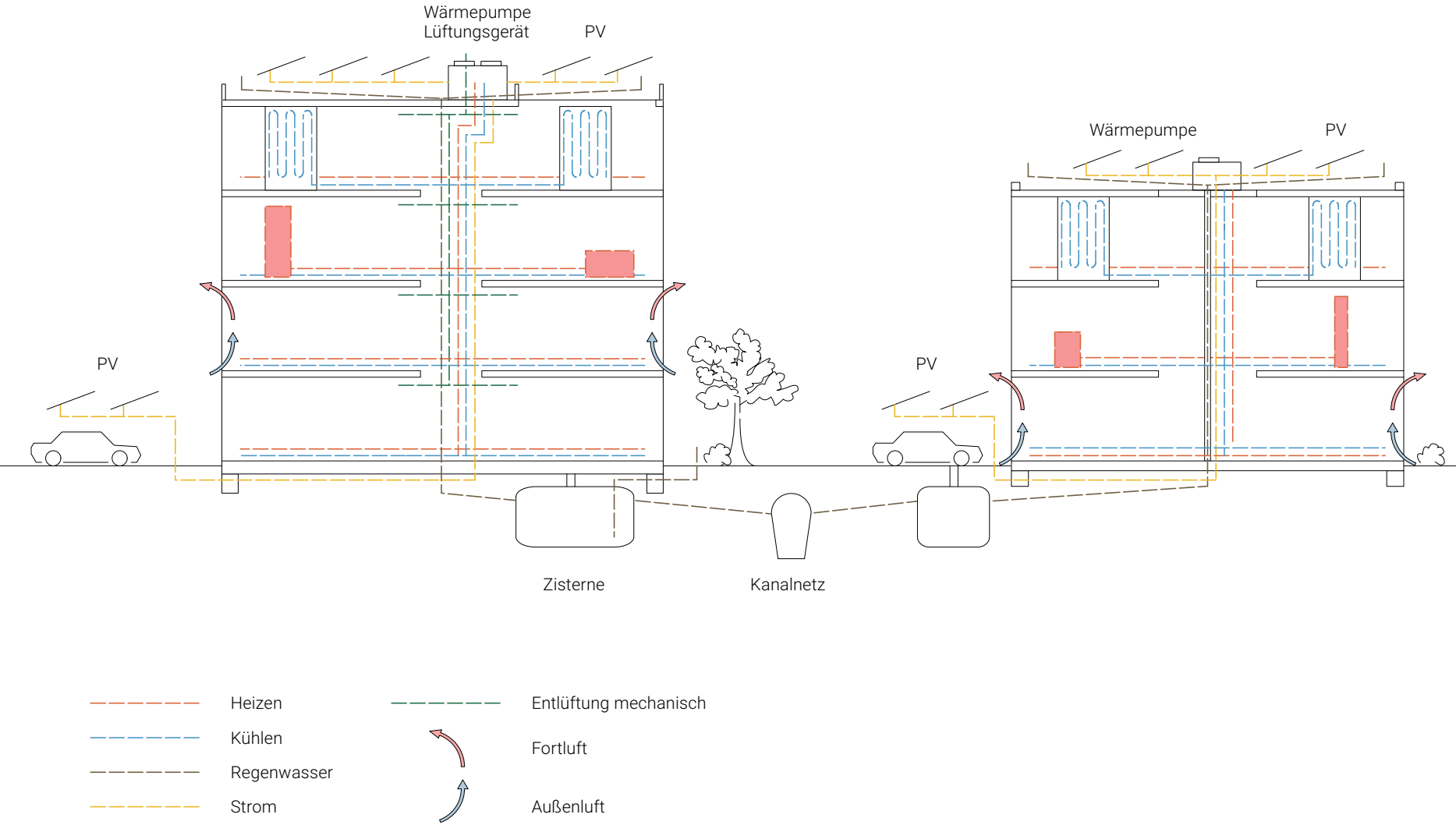
90 Rendering Fassade









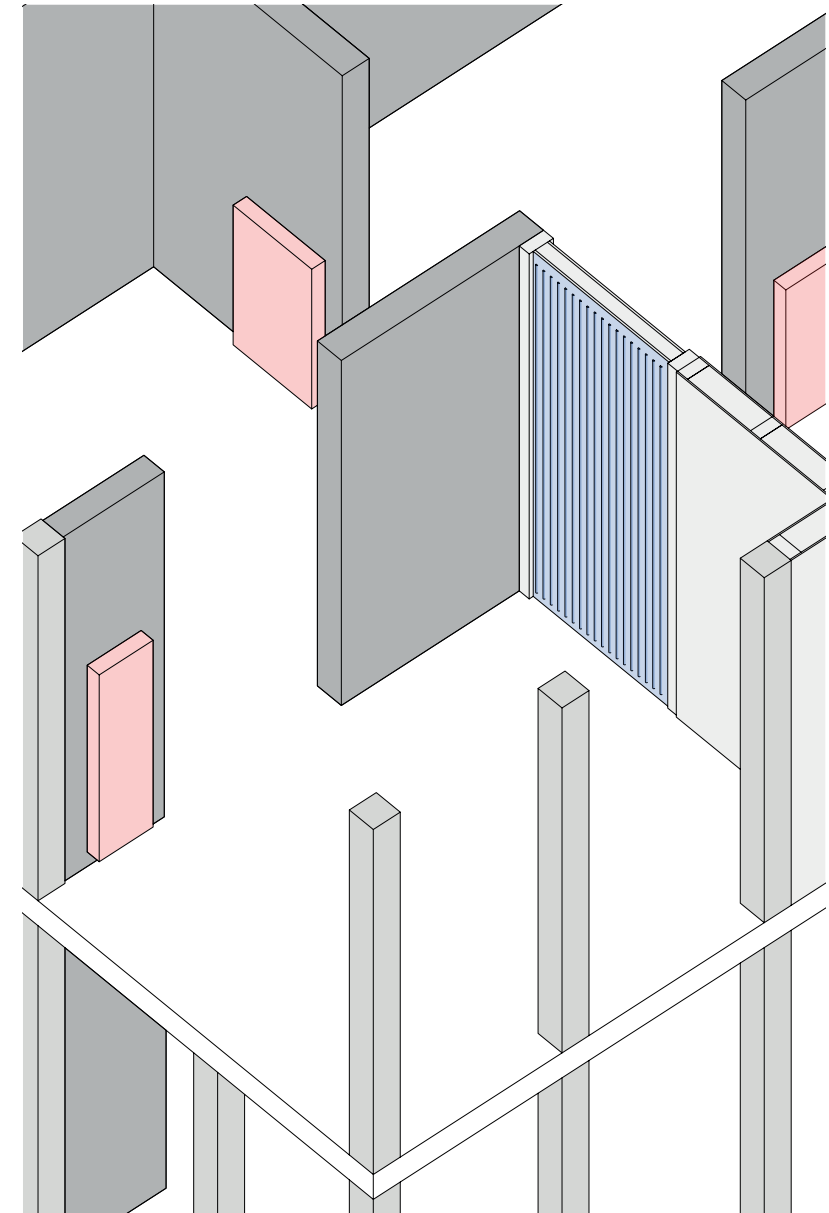


Für ein gebietsübergreifendes gebäudetechnisches Konzept wurden verschiedene Bereiche im Quartier untersucht und bearbeitet. Dies betrifft nicht nur die einzelnen Gebäude mit ihren gebäudetechnischen Anlagen, dem Heiz-, Kühl- und Lüftungskonzept, sondern auch energetische Konzepte, die der Gemeinschaft dienen.

Das Quartier verfügt über keine Tiefgarage. Alle Parkflächen sind oberirdisch angelegt. Dies spart nicht nur Bauzeit, Ressourcen und Kosten, sondern bietet auch die Möglichkeit für das Installieren von Carports. Diese werden mit Photovoltaikmodulen ausgestattet.

Der Strom wird im Quartier unter anderem für das Betreiben von Luft-Wasser-Wärmepumpen benötigt. Diese befinden sich, wie auch weitere Photovoltaikmodu-

le, auf den Dächern der Gebäude. Die Wärmepumpen versorgen im Winter unter anderem die wiederverwendeten Heizkörper in den Wohneinheiten mit Warmwasser. Große Pufferspeicher versorgen das gesamte Gebiet zentralisiert. In den nicht tragenden Holzständerwänden der Wohnungen befinden sich Kühlmatten, die im Sommer mit kaltem Wasser durchflossen werden. Vor allem nachts wird der umliegenden thermischen Speichermasse so Wärmeenergie entzogen, die Gebäude heruntergekühlt und unangenehmes Aufheizen an heißen Sommertagen verhindert. In Kombination mit offenbaren Fensterelementen, die ein individuelles Be- und Entlüften der Räume ermöglichen, kann so energie- und kostengünstig das Raumklima beeinflusst und unbehagliche Temperaturschwankungen ausgeglichen werden.



Erläuterung Betrachtungsweise ökologische Analyse

Ziel der ökologischen Analyse ist es, die Emissionen des Rohbaus eines Doppelhauses im Neubaugebiet Hinter den Gärten zu vergleichen. Es werden zwei Szenarien betrachtet:

Das Errichten des Rohbaus mit wiederverwendeten Betonelementen und das Stellen des Rohbaus in Ort betonbauweise.

Dabei werden nicht nur die CO₂-Emissionen betrachtet, die der Rohbau auf der Baustelle Hinter den Gärten verursacht, sondern auch vorbereitende Arbeiten, die notwendig sind und Emissionen verursachen. Das betrifft zum Beispiel das Trennen und Transportieren der Elemente. Es werden hauptsächlich die Emissionen betrachtet, die durch die unterschiedliche Methodik der Stellung des Rohbaus anfallen. Das betrifft zum Beispiel Emissionen verwendeter Transportfahrzeuge, Maschinen, Hebe-, Schneid- und Trennwerkzeuge, die zum herkömmlichen Bau eines Gebäudes in Ort betonweise nicht verwendet werden. Alle vergleichbaren Prozesse werden in der Analyse nicht betrachtet und fließen auch nicht in das Analyseergebnis ein.

Errichten des Rohbaus eines Doppelhauses Hinter den Gärten

Ortbeton

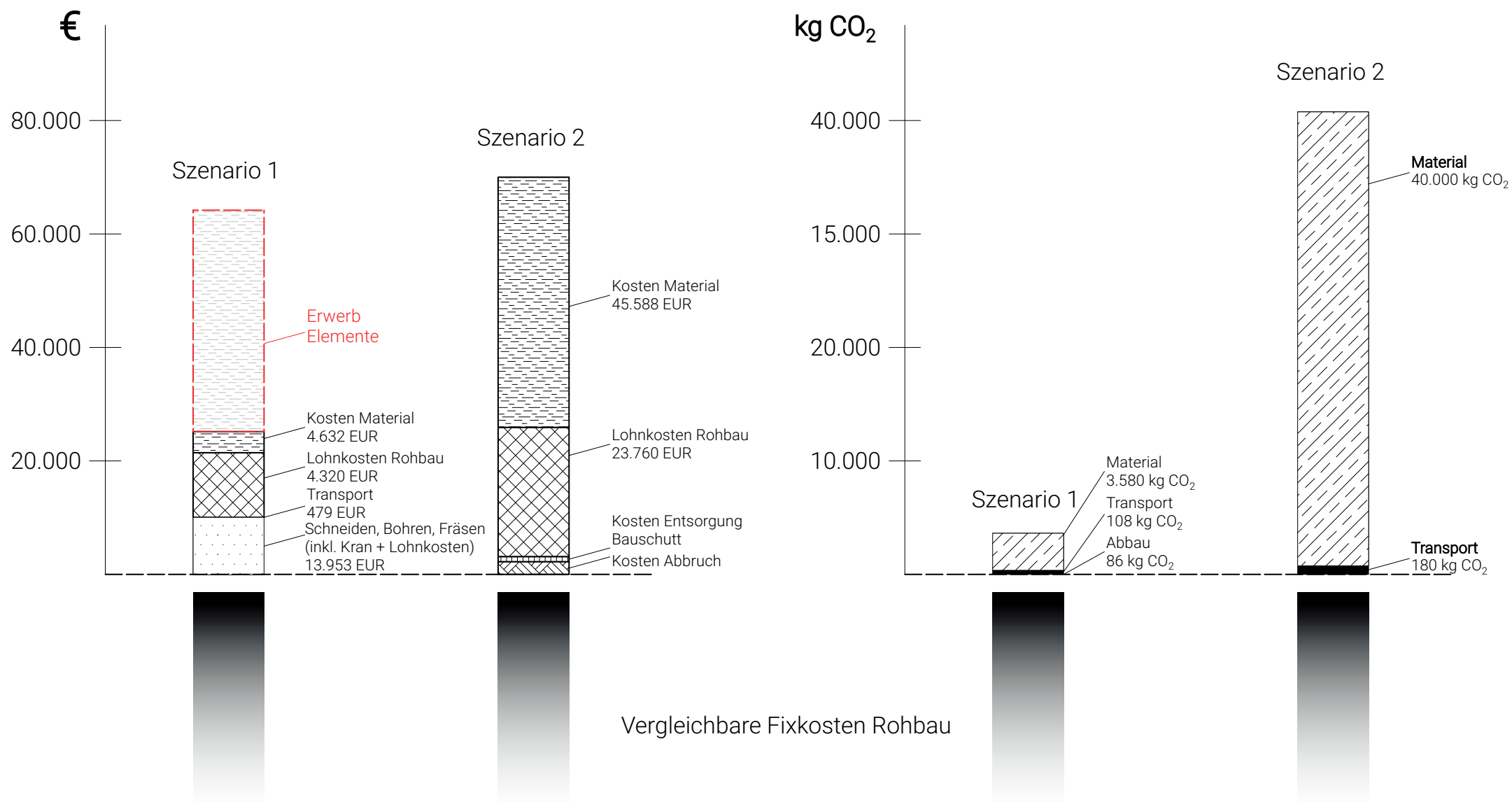
Betonelemente

Vorbereitende Maßnahmen Sieben-Höfe-Straße

Baustelleneinrichtung	=	Baustelleneinrichtung
Entkernen	=	Entkernen
Abbruch 	Vergleich	Trennen 
Abtransport 	Vergleich	Transport 

Bau Doppelhaus Hinter den Gärten

Baustelleneinrichtung	=	Baustelleneinrichtung
Erd- und Tiefbau	=	Erd- und Tiefbau
Bewehrungsstahl  		Anschlussbewehrung  
Fahrmischer 		
Beton  		Vergussmörtel  



*Setzt voraus, dass es nur einen Investor bzw. Eigentümer gibt und bei betrachtung beider Szenarien nachher das Grundstück der Sieben-Höfe-Straße leerstehend ist und der Rohbau eines Doppelhauses auf dem Grundstück Hinter den Gärten steht.

Allgemein beleuchtete Schritte:

- Abriss/Abbau
- Transport
- Neubau/Aufbau

Szenario 1:

1. Der Rohbau des Gebäudes der Sieben-Höfe-Straße wird nach Schnittplan zertrennt.
2. Die getrennten Elemente werden mit LKWs zum Neubaugebiet Hinter den Gärten transportiert und entsprechend vorbereitet bzw. bearbeitet.
3. Der Rohbau wird mit den Elementen gestellt und verfugt.

Szenario 2:

1. Der Rohbau des Gebäudes der Sieben-Höfe-Straße wird auf herkömmliche Weise mit einem Bagger abgerissen.
2. Der anfallende Bauschutt wird mit LKWs abtransportiert.
3. Der Rohbau des Doppelhauses Hinter den Gärten wird herkömmlich in Ortbetonbauweise erstellt.

2. Fahrzeuge und Transport

Nachfolgend werden die für beide Szenarien benötigten Fahrzeuge und Maschinen mit benötigter Konfiguration, Ausstattung und deren technischen Daten aufgeführt.

Betrachtet werden Fahrzeuge, Maschinen und Transporte, die den aktuell geltenden Vorschriften der StVZO entsprechen und die keine Sonderfahrzeuge, Sonderrouen oder Sondergenehmigungen benötigen. Damit soll eine vergleichbare Auswertung der Analyse sichergestellt werden.

Technische Daten

40-Tonner

Zum Transport der abgetrennten Betonelemente wird eine Zugmaschine mit Innenlader-Auflieger verwendet. Dies spart Zeit und ermöglicht ein selbstständiges Be- und Entladen der Gestelle mit der Zugmaschine.



(1)



(2)

- Leergewicht Zugmaschine: 7,00 Tonnen
- Leergewicht Auflieger (Innenlader): 10,50 Tonnen
- Max. zulässiges Gesamtgewicht: **40,00 Tonnen**
- Nutzlast 22,50 Tonnen

22,50 Tonnen Zuladung (theoretisches Maximalgewicht eines einzelnen Elements).

Kraftstoffverbrauch 40-Tonner

Es werden sowohl voll beladene Fahrten unternommen als auch Fahrten ohne Ausnutzen der maximalen Nutzlast. Die Kraftstoffverbräuche unterscheiden sich dabei erheblich. Nachfolgend werden die CO₂-Emissionen für verschiedene Situationen und Auslastungen aufgestellt und berechnet.

Kraftstoffverbrauch 40 Tonner (Leerfahrt):

Fall A1: Mittelwert außerorts = 20 L Diesel/100km⁽³⁾⁽⁴⁾

CO₂ bei Verbrennung⁽⁵⁾:

1 L Diesel = 2,68 kg CO₂

Emission Fall A1:

0,536 kg CO₂/km

Kraftstoffverbrauch 40 Tonner (voll beladen):

Fall A2: Mittelwert außerorts = 30 L Diesel/100 km⁽³⁾⁽⁴⁾

CO₂ bei Verbrennung:

1 L Diesel = 2,68 kg CO₂

Emission Fall A2:

0,804 kg CO₂/km

In der Berechnung wird von über 50 L /100 km Durchschnittsverbrauch bei voller Ladung ausgegangen, da die Fahrten alle im Stadtgebiet Tübingen unternommen werden und davon ausgegangen wird, dass der LKW häufig anfahren, rangieren und bremsen muss.

Kraftstoffverbrauch 40 Tonner (Leerfahrt):

- Fall B1: Mittelwert innerorts = 25 L Diesel/100km⁽³⁾⁽⁴⁾

CO₂ bei Verbrennung:

- 1 L Diesel = 2,68 kg CO₂

Emission Fall B1:

- 0,670 kg CO₂/km

Kraftstoffverbrauch 40 Tonner (voll beladen):

- Fall B2: Mittelwert innerorts 50 L Diesel/100 km⁽³⁾⁽⁴⁾

CO₂ bei Verbrennung:

- 1 L Diesel = 2,68 kg CO₂

Emission Fall B2:

- 1,340 kg CO₂/km

Technische Daten Fahrmischer

Bei Fahrmischern werden in der Analyse keine Sattelaufleger berücksichtigt. Es werden übliche 3-4-achsige Fahrmischer betrachtet.

- Leergewicht Fahrmischer (4-Achser)⁽⁶⁾: 14 Tonnen
- Max. zulässige Gesamtmasse⁽⁶⁾: 32 Tonnen
- Nutzlast⁽⁶⁾: 18 Tonnen*

*18 Tonnen Nutzlast entsprechen 7,5 Kubikmeter Transportbeton (C25/30).

Kraftstoffverbrauch Fahrmischer

Es werden sowohl voll beladene Fahrten unternommen als auch Fahrten ohne Ausnutzen der maximalen Nutzlast. Die Kraftstoffverbräuche unterscheiden sich dabei. Nachfolgend wird der CO₂-Verbrauch für verschiedene Szenarien berechnet.

Kraftstoffverbrauch Beton-Fahrmischer (Leerfahrt):
Fall C1: Mittelwert außerorts = 15 L Diesel/100km⁽⁷⁾
CO₂ bei Verbrennung:
1 L Diesel = 2,68 kg CO₂
Emission Fall C1:
0,402 kg CO₂/km

Kraftstoffverbrauch Beton-Fahrmischer (voll beladen):
Fall C2: Mittelwert außerorts = 35 L Diesel/100km⁽⁷⁾
CO₂ bei Verbrennung:
1 L Diesel = 2,68 kg CO₂
Emission Fall C2:
0,938 kg CO₂/km

Kraftstoffverbrauch Beton-Fahrmischer (Leerfahrt):
Fall D1: Mittelwert innerorts = 22 L Diesel/100km⁽⁷⁾
CO₂ bei Verbrennung:
1 L Diesel = 2,68 kg CO₂
Emission Fall D1:
0,589 kg CO₂/km

Kraftstoffverbrauch Beton-Fahrmischer (voll beladen):
Fall D2: Mittelwert innerorts = 45 L Diesel/100km⁽⁷⁾
CO₂ bei Verbrennung:
1 L Diesel = 2,68 kg CO₂
Emission Fall D2:
1,206 kg CO₂/km

Technische Daten Bagger

Für die Abrissarbeiten in der Sieben-Höfe-Straße wird ein Bagger mit mindestens 6 m Arbeitshöhe benötigt. Für Abrissarbeiten dieser Größe eignet sich ein Bagger mit einem maximalen Gesamtgewicht von 14 Tonnen⁽⁸⁾. Dieser ist stark genug, um den 20 cm starken Stahlbeton zu greifen bzw. zu trennen und gleichzeitig klein und wendig genug, um zwischen den Gebäuden der Sieben-Höfe-Straße zu rangieren.

Für die Berechnungen wird daher ein 14-Tonnen-Bagger betrachtet, der mit einem Steinbeißer ausgestattet ist. Die durchschnittlich in der Berechnung betrachtete Betonstärke beträgt 18 cm.

Bei normal armiertem Beton (20 - 30 cm dick) schafft ein 14-Tonnen-Bagger ca. 8 - 15 m³ Beton pro Stunde. Gerechnet wird mit dem Mittelwert 11,5 m³ Beton/h⁽⁹⁾.

Kraftstoffverbrauch 14-Tonnen-Bagger

Fall E1: Mittelwert ohne Fahrbetrieb = 15 L Diesel pro Betriebsstunde⁽¹⁰⁾

CO₂ bei Verbrennung:
1 L Diesel = 2,68 kg CO₂
Emission Fall E1:
40 kg CO₂/h

Fall E2: Mittelwert mit Fahrbetrieb = 20 L Diesel pro Betriebsstunde⁽¹⁰⁾

CO₂ bei Verbrennung:
1 L Diesel = 2,68 kg CO₂
Emission Fall E1:
53,6 kg CO₂/h

Im Folgenden werden die in der Einleitung beschriebenen Szenarien durchgerechnet.

3. Rechnungen Szenario 1

Um festzustellen, wie viel Material transportiert werden muss, wird zunächst die Masse der Elemente berechnet.

Mengen Betonelemente Sieben-Höfe-Straße

Element	L	x	B	x	H	x	Stück	=	Volumen
Wandscheibe 1	0,9	x	0,15	x	2,77	x	10	=	3,739 m³
Wandscheibe 2	1,5	x	0,15	x	2,77	x	60	=	37,39 m³
Deckenplatte 1	3,9	x	3	x	0,2	x	6	=	14,04 m³
Deckenplatte 2	4,5	x	3	x	0,2	x	24	=	64,8 m³
Summe									= 119,96

Die Bodenplatte wird in der Berechnung nicht berücksichtigt, da diese in beiden Szenarien neu erstellt wird.

Gewicht Betonelemente Sieben-Höfe-Straße

Normalbeton C25/30: Gewicht: 2.500 kg/m³⁽¹¹⁾

Element	L	x	B	x	H	x	Masse	=	Gewicht
Wandscheibe 1	0,9	x	0,15	x	2,77	x	2500 kg	=	934,87 kg
							x 10	=	9.348 kg
Wandscheibe 2	1,5	x	0,15	x	2,77	x	2500 kg	=	1.558,12 kg
							x 2500 kg	=	93.487 kg
Deckenplatte 1	3,9	x	3	x	0,2	x	2500 kg	=	5.850 kg
							x 6	=	35.100 kg
Deckenplatte 2	4,5	x	3	x	0,2	x	2500 kg	=	6.750
							x 24	=	162.000 kg
Summe									= 119,96

Benötigte Fahrten mit Innenlader

$299.935 \text{ kg} = 299,935 \text{ Tonnen} \div 22,5 \text{ Tonnen Nutzlast}^{(1)(2)} = 13,3 \text{ Fahrten} = 14 \text{ Fahrten}$

Nur unter der Betrachtung der maximal zulässigen Gesamtmasse bzw. der maximalen Nutzlast eines LKWs mit Innenlader von 22,5 Tonnen werden mindestens 14 Fahrten benötigt, um alle Elemente eines Gebäudes der Sieben-Höfe-Straße zum Neubaugebiet Hinter den Gärten zu transportieren.

Unter Berücksichtigung von Größe und Geometrie ist eine volle Ausschöpfung der Nutzlast von 22,5 Tonnen pro LKW nicht realistisch. Es wird davon ausgegangen, dass die durchschnittliche Beladung 70 % der Nutzlast erreicht.

112 | Ökologische Analyse

Rechnung:

$$\begin{aligned} 22,5 \text{ Tonnen} &\times 0,70 &= 15,75 \text{ Tonnen/Fahrt} \\ 299.935 \text{ Tonnen} &\div 15,75 \text{ Tonnen} &= 19,04 = \mathbf{20 \text{ Fahrten}} \end{aligned}$$

Zusätzlich zu den 20 Fahrten wird die gleiche Anzahl an Rückfahrten (Leerfahrten) berücksichtigt, wobei die letzte Fahrt die Fahrt zurück zur Spedition ist.

Tipp/Info:

Für jeden weiteren eingesetzten LKW muss eine Anfahrt (Leerfahrt) und eine Abfahrt (Leerfahrt) hinzugerechnet werden.

CO₂-Emissionen aller Fahrten Betonelemente mit Innenlader

Die Spedition, die den Transport der Elemente durchführt, sollte sich in der Umgebung befinden. Je näher der Standort der Spedition, desto besser. Im betrachteten Fall handelt es sich um die Spedition Vollmer - Transporte und Logistik. Das Unternehmen befindet sich im Nachbarort zur Sieben-Höfe-Straße und verfügt über die notwendigen Innenlader.

Strecken:

Spedition → Sieben-Höfe-Straße	8,6 km
Sieben-Höfe-Straße → Hinter den Gärten	2,5 km
Hinter den Gärten → Sieben-Höfe-Straße	2,5 km
Hinter den Gärten → Spedition	9,3 km

Fahrten:

1x Anfahrt (Leerfahrt)		
Spedition → Sieben-Höfe-Straße	=	8,6 km
		8,6 km
Fall A1 (20 L Diesel/100 km)	=	1,72 L Diesel
1 L Diesel = 2,68 kg CO ₂	=	4,61 kg CO₂
20x Transport (beladen)		
Sieben-Höfe-Straße → Hinter den Gärten	=	2,5 km
		50 km
Fall B2 (50 L Diesel/100 km)	=	25 L Diesel
1 L Diesel = 2,68 kg CO ₂	=	67 kg CO₂
19x Rückfahrt (Leerfahrt)		
Hinter den Gärten → Sieben-Höfe-Straße	=	2,5 km
		47,5 km
Fall B1 (25 L Diesel/100km)	=	11,88 L Diesel
1 L Diesel = 2,68 kg CO ₂	=	31,82 kg CO₂
1x Abfahrt (Leerfahrt)		
Hinter den Gärten → Spedition	=	9,3 km
		9,3 km
Fall A1 (20 L Diesel/100 km)	=	1,86 L Diesel
1 L Diesel = 2,68 kg CO ₂	=	4,98 kg CO₂
Summe Strecke		= 115,4 km
Summe CO₂-Emissionen aller Fahrten Innenlader		= 108,41 kg CO₂

CO₂-Emissionen Abbau Sieben-Höfe-Straße

Ein Rückbau der Gebäude der Sieben-Höfe-Straße bis auf die Rohbaustruktur wird in den Analyseteilen nicht berücksichtigt, da der Rohbau für beide Szenarien freigelegt werden muss. Dies erfordert das Abfallverwertungskonzept (siehe Anlage Abfallverwertungskonzept).

Die Betonelemente aus der Sieben-Höfe-Straße werden mit Hilfe von Schneid- und Sägewerkzeugen getrennt. Hersteller wie CARDI⁽¹¹⁾ stellen elektrisch angetriebene Betonsägen her. Diese verfügen über Sägeblätter in verschiedenen Größen, die entlang einer Schiene lineare Schnitte setzen.

Die Gesamtschnittlänge aller Elemente aus einem Haus der Sieben-Höfe-Straße, die zu Bau eines Doppelhauses verwendet werden, beträgt **62.896 cm**. Diese Angabe wurde aus dem CAD-Modell entnommen.

Für eine Schnittstrecke von 1 cm durch ein 15 - 20 cm starkes Stahlbetonelement benötigt die Säge ca. 2 - 3 Sekunden⁽¹²⁾ (Schnittgeschwindigkeit).

Ermittlung Schnittdauer:

Gerechnet wird jeweils mit dem Mittelwert.

Für Berechnung betrachtete Stärke Betonelemente: 18 cm

Für Berechnung betrachtete Schnittgeschwindigkeit: 2,5 Sekunden

Rechnung Dauer:

1 cm	=	2,5 Sek.
62.896 cm	=	15.77240 Sek.
	=	2.620,6 Min.

Dauer aller Schnitte = 43 Std.

Der Aufbau einer Schnittstelle benötigt dabei etwa 10 Minuten, je nach Position des Schnitts. Insgesamt werden 82 Schnitte gesetzt.

82 Schnitte x 10 Minuten = 820 Min.

Aufbau Schnittstellen = 13,6 Std
Summe = 56,6 Std.

Um ein Gebäude der Sieben-Höfe-Straße zu trennen, benötigt man insgesamt etwa 57 Stunden (ohne Berücksichtigung von Parallelarbeiten).

Berechnung Strom (CO₂) Verbrauch:

Rechnung:

1 kWh Strom	=	0,380 kg CO ₂ ⁽¹³⁾
Leistung Elektromotor	=	3,4 kW
43 Std. Betrieb	=	143,64 kWh

Emissionen Strom Trennen = 54,58 kg CO₂

Ermittlung Dauer vorbereitende Maßnahmen:

Die vorbereitenden Maßnahmen der getrennten Betonelemente beinhalten die Bohrungen für die Anschlussbewehrungen, das Einsetzen und Vergießen sowie das Fräsen von Schlitten der Verbindungsknochen für den Deckenverbund. Dabei wird pro Betonelement von einer durchschnittlichen Bearbeitungszeit von 25 min. ausgegangen (Annahme).

101 Elemente x 25 Min.	=	2525 Min.
	=	42 Std.

Die reine Bearbeitungszeit mit dem Bohrer und den Fräswerkzeugen

beträgt dabei im Durchschnitt etwa 15 Min.

101 Elemente x 15 Min.	=	1515 Min.
	=	25 Std.
1 kWh Strom	=	0,380 kg CO ₂
Leistung Elektromotor	=	3,4 kW
25 Std. Betrieb	=	85 kWh
Emissionen Strom Bohren	=	32,3 kg CO₂
Summe Emissionen Strom	=	86,88 kg CO₂

3.6 CO₂-Emissionen Aufbau Hinter den Gärten

Damit die Elemente aus der Sieben-Höfe-Straße nach dem Trennen, Transportieren und Aufstellen einen statisch tragfähigen Verbund bilden, müssen die Elemente im letzten Schritt noch miteinander verbunden bzw. verfugt werden. Erst dann ist der Rohbau abgeschlossen und damit auch der Betrachtungshorizont der Analyse. Dabei kommt üblicherweise im Betonfertigteilbau ein hochfester Mörtel zum Einsatz⁽²⁶⁾.

Beim Verfugen wird zwischen zwei Varianten unterschieden.

- Lineares Fugenausbilden
- Verfüllen über Vergussöffnung (Bohrung in Betonelementen)

Ermittlung benötigte Gesamtmasse Mörtel für Verfugen:

Radius Bohrung	=	2 cm
Tiefe Bohrung	=	ca. 50 cm
Formel = $\pi \times r^2 \times h$	=	$\pi \times 2^2 \times 50 = 628,31 \text{ cm}^3$

Geschoss	Anzahl	x	Volumen	=	Masse Vergussmaterial
----------	--------	---	---------	---	-----------------------

EG	442	x	628,31	=	265.146,82 m ³
1.OG	442	x	628,31	=	265.146,82 m ³
2.OG	308	x	628,31	=	193.519,48 m ³

Gesamt zu verfugen	=	0,72 m³
Emissionen 1m ³ Zementfuge	=	750 kg CO ₂ e
Emissionen 0,72 m³ Zementfuge	=	540 kg CO₂e

Berechnung Emissionen Anschlussbewehrung:

Maße Anschlussbewehrung: d = 0,02 m x 1 m Länge = 0,00031 m³
x 817 Stk. = 0,256 m³

Dichte von 7.900 kg/m³(11) = 2.027 kg

Emissionen Herstellung 1.000 kg Stahl = 1.500 kg CO₂e⁽¹⁵⁾

Emissionen Anschlussbewehrung:

2,027 kg x 1.500 kg CO₂ = **3.040 kg CO₂e**

Summe Emissionen Szenario 1: 3.775,29 kg CO₂

4. Rechnungen Szenario 2

4.1 Rohbaumasse Doppelhaus

Die benötigte Menge Frischbeton für die Betonage eines Doppelhaus in Ortbeton entnehmen wir aus der Aufstellung aus Punkt 3.1*:

$$\begin{array}{rcl} \text{Summe} & = & 119,96 \text{ m}^3 \\ \text{Rechenwert} & = & \mathbf{120 \text{ m}^3} \end{array}$$

Aus Punkt 2.4: 18 Tonnen Nutzlast eines Fahrmischers entsprechen ca. 7,5m³ Transportbeton (C25/30).

4.2 Benötigte Fahrten Abtransport Bauschutt SHS

Der anfallende Rohbauschutt, der beim Abriss eines Hauses der Sieben-Höfe-Straße anfällt, muss mit LKWs und Sattelkippern abtransportiert werden. Damit ein entsprechender Vergleich zwischen Szenario 1 und 2 gemacht werden kann, werden die dafür benötigten Fahrten ermittelt und deren CO₂-Emissionen berechnet.

Ein handelsüblicher Sattelkipper mit Stahlmulde hat ein Fassungsvermögen von ca. 25 m³(16). Da die 25 m³ der Mulde nie vollständig genutzt werden können, gehen wir von einer Auslastung von 80 % aus.

*(Annahme Masse Sieben-Höfe-Straße = Masse Doppelhaus Hinter den Gärten)
Rechnung:

$$\begin{array}{rcl} 25 \text{ m}^3 & \times & 0,8 \\ 20 \text{ m}^3 & \div & 20 \text{ m}^3 \end{array} = \begin{array}{rcl} 20 \text{ m}^3 \\ \mathbf{6 \text{ Fahrten}} \end{array}$$

Tipp/Info: Um das Volumen eines Muldenkippers optimal auszunutzen, können die abgerissenen Elemente mit einem Bauschuttschredder zerkleinert werden. Diese Methode lohnt sich aber erst bei größeren Abrissvolumen, kostet aber auch Energie.

Zusätzlich zu den 6 Fahrten zum Recyclinghof wird die gleiche Anzahl an Rückfahrten (Leerfahrten) berücksichtigt, wobei die letzte Fahrt die Fahrt zurück zur Spedition ist. Für jeden weiteren eingesetzten LKW wird eine Anfahrt (Leerfahrt) und eine Abfahrt (Leerfahrt) hinzugerechnet. Im betrachteten Fall handelt es sich um die Spedition Vollmer - Transporte und Logistik. Das Unternehmen verfügt über die notwendigen Muldenkipper.

4.3 CO₂-Emissionen aller Fahrten Abtransport Bauschutt Sieben-Höfe-Straße

Im betrachteten Fall handelt es sich um den Baustoff-Recyclingbetrieb RTBR Tübinger Baustoff Recycling GmbH.

Spedition → Sieben-Höfe-Straße	10,1 km
Sieben-Höfe-Straße → Recyclinghof	5,1 km
Recyclinghof → Sieben-Höfe-Straße	5,1 km
Recyclinghof → Spedition	7,1 km

Fahrten:

1x Anfahrt (Leerfahrt)

$$\begin{array}{rcl} \text{Spedition} \rightarrow \text{Sieben-Höfe-Straße} & & 10,1 \text{ km} \\ & = & \mathbf{10,1 \text{ km}} \end{array}$$

$$\begin{array}{rcl} \text{Fall A1 (20 L Diesel/100 km)} & = & 2,02 \text{ L Diesel} \\ 1 \text{ L Diesel} = 2,68 \text{ kg CO}_2 & = & \mathbf{5,41 \text{ kg CO}_2} \end{array}$$

6x Transport (beladen)

$$\begin{array}{rcl} \text{Sieben-Höfe-Straße} \rightarrow \text{Recyclinghof} & & 5,1 \text{ km} \\ & = & \mathbf{30,6 \text{ km}} \end{array}$$

$$\begin{array}{rcl} \text{Fall B2 (50 L Diesel/100 km)} & = & 15,3 \text{ L Diesel} \\ 1 \text{ L Diesel} = 2,68 \text{ kg CO}_2 & = & \mathbf{41 \text{ kg CO}_2} \end{array}$$

116 | Vergleich mit konventionellem Bauen

5x Rückfahrt (Leerfahrt)
Recyclinghof → Sieben-Höfe-Straße = 5,1 km
= 25,5 km

Fall B1 (25 L Diesel/100km) = 6,37 L Diesel
1 L Diesel = 2,68 kg CO₂ = **17,08 kg CO₂**

1x Abfahrt (Leerfahrt)
Recyclinghof → Spedition = 7,1 km
= 7,1 km

Fall A1 (20 L Diesel/100 km) = 1,86 L Diesel
1 L Diesel = 2,68 kg CO₂ = **3,80 kg CO₂**

Summe Strecke = 73,3 km
Summe CO₂-Emissionen aller Fahrten Innenlader = 67,29 kg CO₂

4.4 Benötigte Fahrten Fahrmischer Frischbeton

Aus Punkt 3.1:
Masse Rohbau = 120 m³

Aus Punkt 2.3:
18 Tonnen Nutzlast = 7,5 m³ Transportbeton

Rechnung:
120 m³ ÷ 7,5 m³ = **16 Fahrten**

Zusätzlich zu den 16 Fahrten wird die gleiche Anzahl an Rückfahrten (Leerfahrten) zum Betonwerk berücksichtigt.

Tipp/Info: Die Anzahl der eingesetzten Fahrmischer muss nicht immer zwangsläufig berücksichtigt werden, da meistens davon auszugehen ist, dass das Transportbetonwerk auch das Depot bzw. die Spedition ist. Somit fallen keine zusätzlichen An- oder Abfahrten an.

4.5 Emissionen aller Fahrten Fahrmischer Frischbeton

Strecken:

Transportbetonwerk → Hinter den Gärten 8,4 km
Hinter den Gärten → Transportbetonwerk 8,4 km

Fahrten:

16 x Transport (beladen)
Transportbetonwerk → Hinter den Gärten 8,4 km
= 134,4 km

Fall C2 (35 L Diesel/100km) = 47,04 L Diesel
1 L Diesel = 2,68 kg CO₂ = **126,07 kg CO₂**

16 x Rückfahrt (Leerfahrt)
Hinter den Gärten → Transportbetonwerk 8,4 km
= 134,4 km

Fall C1 (15 L Diesel/100km) = 20,16 L Diesel
1 L Diesel = 2,68 kg CO₂ = **54,03 kg CO₂**

Summe Strecke = 268,8 km
Summe CO₂-Emissionen aller Fahrten = 180,1 kg CO₂

4.6 CO₂-Emission Bewehrung Ortbeton

Annahme: Bewehrung pro Kubikmeter Ortbeton = 90 kg Eisen
Masse Rohbau (Rechenwert) = 120 m³
Benötigte Menge/Masse Bewehrungseisen = 10.800 kg

Emissionen Herstellung 1.000 kg Stahl = 1.500 kg CO₂
CO₂-Emission Bewehrung = **16.200 kg CO₂**

4.7 CO₂-Emissionen Ortbeton Hinter den Gärten

Je nach Herstellungsverfahren verursacht 1 m³ Ortbeton bei der Herstellung zwischen 100 kg CO₂e und 300 kg CO₂e⁽¹⁷⁾. Gerechnet wird mit dem Mittelwert = 200 kg CO₂e.

Annahme:

Emissionen Herstellung 1 m ³ Ortbeton	=	200	kg CO ₂ e
Masse Rohbau	=	120	m ³
CO₂-Emissionen Frischbeton	=	24.000	kg CO₂e

Summe Emissionen Szenario 2 = 40.380 kg CO₂

Ökonomische Analyse

5. Erläuterung Betrachtungsweise ökonomische Analyse

Ziel der ökonomischen Analyse ist es, die Kosten eines Doppelhauses im Neubaugebiet Hinter den Gärten in zwei Szenarien miteinander zu vergleichen. Dabei werden nicht nur die Kosten, die der eigentliche Neubau auf der Baustelle Hinter den Gärten verursacht, beleuchtet, sondern auch alle anderen Schritte, die davor auf der Baustelle Sieben-Höfe-Straße notwendig sind und Kosten verursachen.

Betrachtete Schritte:

- Abriss/Abbau
- Transport
- Neubau/Aufbau
- Material

Szenario 1:

1. Der Rohbau des Gebäudes der Sieben-Höfe-Straße wird nach Schnittplan zertrennt
2. Die Elemente werden mit LKW zum Neubaugebiet Hinter den Gärten transportiert
3. Der Rohbau wird mit den Elementen gestellt und verfugt

Szenario 2:

1. Der Rohbau des Gebäudes der Sieben-Höfe-Straße wird auf herkömmliche Weise mit einem Bagger abgerissen
2. Der anfallende Bauschutt wird mit LKW abtransportiert
3. Der Rohbau des Doppelhauses Hinter den Gärten wird in Ortbetonbauweise gebaut

6. Arbeiten, Transporte und Fahrzeuge

6.1 Kosten Arbeiter

Für die Ausführung der Arbeiten werden Facharbeiter verschiedener Lohngruppen benötigt. Die Lohnkosten unterscheiden sich dabei je nach Qualifikation und Erfahrung. Die angegebenen Werte entsprechen den zum Zeitpunkt der Arbeit verfassten üblichen Löhnen. Dabei wird in sechs Lohngruppen⁽¹⁸⁾ unterteilt:

- Lohngruppe 6: Werkpolier, Baumaschinenfachmeister
28,60 EUR
- Lohngruppe 5: Vorarbeiter, Baumaschinenvorarbeiter
26,20 EUR
- Lohngruppe 4: Spezialfacharbeiter, Baumaschinenführer
25,00 EUR
- Lohngruppe 3: Facharbeiter, Baugeräteführer, Berufskraftfahrer
23,00 EUR
- Lohngruppe 2: Fachwerker, Maschinisten, Kraftfahrer
18,09 EUR
- Lohngruppe 1: Werker, Maschinenwerker
15,20 EUR

Die Löhne beziehen sich auf das Bruttogehalt des Arbeiters. Um einen vergleichbaren Rechenwert zu erhalten, werden die Löhne entsprechend der Kosten und Margen des Arbeitgebers multipliziert.

Daraus ergeben sich folgende Verkaufspreise pro Arbeitsstunde für Erd-, Tief- und Rohbauer (siehe Anlage Preisliste ANTRETTER)⁽¹⁹⁾.

- Hoch-/Tiefbaumeister 65,00 EUR
- Polier/Vorarbeiter 60,00 EUR
- Baufacharbeiter 55,00 EUR
- Werker, Maschinenwerker 45,00 EUR

6.2 Kosten 40-Tonner

Die Kosten der Fahrzeuge betreffen Anschaffungskosten, TÜV, ASU, Reparaturen, Wartung, Finanzierung und Restwert (berechnet auf Nutzungsdauer). **Ohne Kraftstoff, ohne Fahrer.**

Durchschnittliche Kosten 40-Tonner pro Stunde:
13,00 EUR⁽²⁰⁾

6.3 Kosten Fahrmischer

Die Kosten der Fahrzeuge betreffen Anschaffungskosten, TÜV, ASU, Reparaturen, Wartung, Finanzierung und Restwert (berechnet auf Nutzungsdauer). **Ohne Kraftstoff, ohne Fahrer.**

Durchschnittliche Kosten Fahrmischer pro Stunde:
12,50 EUR⁽²¹⁾

6.4 Kosten Bagger

Betrachtet werden die Kosten eines 14-Tonnen-Baggers. Die Kosten der Fahrzeuge betreffen Anschaffungskosten, TÜV, ASU, Reparaturen, Wartung, Finanzierung und Restwert (berechnet auf Nutzungsdauer). **Inkl. Transport, ohne Kraftstoff, ohne Fahrer.**

Durchschnittliche Kosten 14-Tonnen-Bagger pro Stunde:
21,50 EUR⁽²²⁾

6.5 Kosten Kran

Um die getrennten Betonelemente der Sieben-Höfe-Straße vom Gebäude zu entfernen, müssen diese gehoben und abgelassen werden. Für diese Arbeiten ist ein Kran notwendig.

Da in der Analyse nur ein Haus betrachtet wird, kommt ein mobiler Autokran (Baukran) zum Einsatz. Je nach Einsatzdauer und Arbeitsumfang lohnt sich das Aufstellen eines stationären Krans finanziell mehr.

Preisliste Flück AG und Paule:

Eingesetzt wird ein mobiler Baukran mit 33-Meter-Ausleger.

Pauschale pro Einsatz (ab 5 Std.):

305 EUR⁽²³⁾

Kosten pro Stunde:

295 EUR⁽²³⁾

7. Rechnungen Szenario 1

7.1 Berechnung Kosten Schneidarbeiten + Kran

In dieser Rechnung werden die wesentlichen notwendigen Schritte betrachtet, die nötig sind, um die Elemente transportfähig zu machen.

Kosten Arbeiter: Lohngruppe 2/3 = **65 EUR/h**⁽¹⁹⁾
 Kosten Geräte: Komplettsatz Schneidwerkzeug: = 200 EUR/Tag⁽²⁴⁾
 (z.B. CARDI mit Wand- und Bodenschienensystem) = 25,00 EUR/h
 Kran = **295 EUR/h**⁽²³⁾

Einsatzdauer: s. 3.5 Berechnung CO₂-Emissionen Abbau SHS = 43 h
 + 10 Min. Aufbau der Maschine mit Schiene = **56,6 h**

Da die Schneidarbeiten parallel und mit mehreren Arbeitern und Maschinen stattfinden können, werden pro Haus 3 Maschinen eingesetzt.

Einsatzdauer: 56,6 h ÷ 3 = **18,86 h**

Berechnung Kosten Schneidarbeiten:
 Rechnung:

8,86 h x 65 EUR/h = 1.226 EUR
 x 3 Arbeiter = **3.678 EUR**

200 EUR/Tag x 3 Tage = 600 EUR
 x 3 Geräte = **1.800 EUR**

Mobiler Baukran = 295 EUR/h
 +Pauschale = 305 EUR
 x 18,86h = **5.910 EUR**

(Aus 3.5) 0,32 EUR x 143,64 kWh = **45 EUR**
Summe Kosten Schneidarbeiten = 11.433 EUR

Tipp/Info: In der Analyse wird nur ein Haus betrachtet. Dafür lohnt sich der Aufbau eines Turmdrehkrans nicht. Daher wird in dieser Betrachtung mit einem mobilen Baukran gerechnet. Ab einer gewissen Einsatzdauer lohnt sich das Aufstellen eines stationären Turmdrehkrans (siehe 9.5).

7.2 Berechnung Kosten Bohren + Fräsen

Die getrennten Betonelemente der Sieben-Höfe-Straße werden in einer Zwischenstation bearbeitet und für die Montage auf der Baustelle Hinter den Gärten vorbereitet. Dabei werden sie mit Anschlussbewehrung versehen. Dafür sind entsprechende Bohrungen notwendig.

120 | Ökonomische Analyse

Durchmesser Anschlussbewehrung: 2 cm
 Durchmesser Bohrung: Min. 4 - 5 cm

Pro Element wird dabei von ca. 25 Minuten Bearbeitungszeit ausgegangen (siehe Punkt 3.5: vorbereitende Maßnahmen).

101 Elemente x 25 Min.	=	2525 Min.
	=	42 Std.
60 EUR/Std. x 42 Std.	=	2.520 EUR

7.3 Berechnung Kosten Transport

Es sind insgesamt 20 Fahrten notwendig (siehe Punkt 3.3). Es wird eine Zugmaschine mit Innenlader eingesetzt.

Kosten Fahrten:
 Einsatz an 2 Tagen (+ 1 Anfahrt und +1 Abfahrt)

1 x Anfahrt (Leerfahrt)		
Spedition → Sieben-Höfe-Straße		8,6 km
x 2	=	17,2 km
	=	13 Min.
x 2	=	26 Min.
Fall A1 (20 L Diesel/100 km)		= 1,72 L Diesel
1 L Diesel = 1,60 EUR	=	5,50 EUR
20 x Transport (beladen)		
Sieben-Höfe-Straße → Hinter den Gärten		2,5 km
	=	50 km
	=	4 Min.
	=	80 Min.
Fall B2 (50 L Diesel/100 km)		= 25 L Diesel
1 L Diesel = 1,60 EUR	=	40 EUR

19x Rückfahrt (Leerfahrt)		
Hinter den Gärten → Sieben-Höfe-Straße		2,5 km
	=	47,5 km
	=	4 Min.
	=	76 Min.
Fall B1 (25 L Diesel/100km)	=	11,88 L Diesel
1 L Diesel = 1,60 EUR	=	19 EUR

1x Abfahrt (Leerfahrt)		
Hinter den Gärten → Spedition		9,3 km
x2	=	18,6 km
	=	14 Min.
x2	=	28 Min.
Fall A1 (20 L Diesel/100 km)	=	1,86 L Diesel
1 L Diesel = 1,60 EUR	=	5,94 EUR
Summe Zeit	=	210 Min.

+ Zeit beladen und entladen (Innenlader) = 60 Min.

	=	270 Min.
Summe benötigte Zeit	=	4,5 Std.
Summe Kosten Kraftstoff	=	70,44 EUR

Summe Kosten Transport:

Kosten Berufskraftfahrer:	Lohngruppe 3	= 60 EUR/h
	x 4,5 h	= 270 EUR
Kosten LKW	13 EUR/h x 4,5 h	= 58,50 EUR
Kosten Kraftstoff		= 70,44 EUR

Kosten Transport	=	398,94 EUR
Summe Kosten Transport	Verkaufspreis (inkl. Marge 20 %)	= 478,72 EUR

Vergleichsrechnung:

Preise nach Preisliste Fa. ANTRETTTER⁽¹⁹⁾ und Fa. E. Bayer⁽¹⁹⁾

Inkl. Fahrer und Kraftstoff vergleichbare Position:

-LKW 3A - Containerdienst/Anhänger = 95,00 EUR/h
(Abrechnung jede angefangene Stunde)

x 5 = 427,50 EUR

Kosten Transport Vergleich = 475 EUR

7.4 Berechnung Kosten Stellen Rohbau + Material

Tipp/Info: Da für beide Szenarien Facharbeiter, ein Kran und Werkzeuge benötigt werden, wird in beiden Fällen von ähnlichen Kosten für das Stellen des Rohbaus ausgegangen.

Lohnkosten für Arbeiter

Entladen und Stellen
Verankern (Spriese stellen)
Verfugen

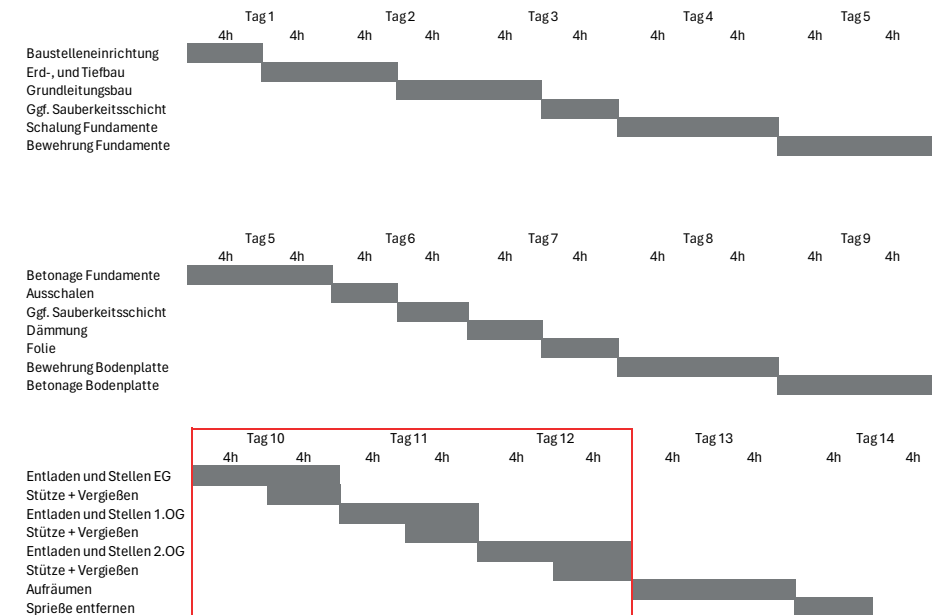
Kosten für Maschinen

Kein Vergleich, da für beide Szenarien ein Kran benötigt wird

Kosten für Material

Anschlussbewehrung + Vergussmörtel für das Verfugen

Das Entladen, Stellen, Verankern und Vergießen der Betonelemente kann parallel stattfinden. Deswegen werden die Zeitaufwände nicht addiert. Der Rohbau eines Doppelhauses wird in insgesamt 3 Arbeitsschritten gestellt. Zwischen den Arbeitsschritten müssen die Fugen aushärten.



Lohnkosten für Arbeiter:

Die angegebenen Kosten für Arbeiter und Material beziehen sich auf Grundkosten. Es werden für beide Szenarien dieselben Werte angesetzt. Es geht lediglich darum, einen Vergleich zwischen den beiden Szenarien herzustellen.

Benötigte Zeit Rohbau: 3 Tage zu 8 Std. = 24 Std.

Meister 1	=	65,00 EUR/h
Polier 1	=	60,00 EUR/h
Baufacharbeiter 2	=	55,00 EUR/h
Lohnkosten gesamt pro Std.	=	180,00 EUR/h
Lohnkosten gesamt x 24 Std.	=	4.320 EUR

Summe Lohnkosten = 4.320 EUR

Kosten Maschinen:

Kein Vergleich, da für beide Szenarien ein Kran benötigt wird. Sowohl für das Betonieren der Ortbetonwände, als auch für das Stellen der Betonteile.

Kosten für Material:

Für die Elemente aus der Sieben-Höfe-Straße wird von einem Einkaufspreis von 0 EUR ausgegangen, da in der Analyse der Eigentümer der Elemente auch der Bauherr ist.

Es fallen Kosten an für die Anschlussbewehrung und das Verfugen.

Berechnung Preis Anschlussbewehrung:
Maße Anschlussbewehrung: $d = 2 \text{ cm} \times 1 \text{ m} = 4,20 \text{ EUR}^{(25)}$ (aus 3.6)
 $\times 817 \text{ Stck.} = 3.431,40 \text{ EUR}$

Berechnung Preis Vergussmörtel:
Benötigte Menge Vergussmörtel:
(aus 3.6) $750 \text{ kg} = 1.200,95 \text{ EUR}^{(26)}$

Summe Kosten Material = 4.632,35 EUR

Summe Stellen Rohbau: 8.952,35 EUR

Summe Kosten Szenario 1: = 25.902 EUR

Die Summe Kosten Rohbau betrachtet nur die Kostenbereiche, die sich zur herkömmlichen Methode mit Ortbeton (Szenario 2) unterscheiden! Es handelt sich nicht um die Fertigstellungskosten!

8. Rechnung Szenario 2

8.1 Berechnung Kosten Abbrucharbeiten

Masse Rohbau eines Gebäudes Sieben-Höfe-Straße:
Aufstellung (siehe Punkt 3.1).

$$= 119,96 \text{ m}^3$$

Benötigte Zeit eines Baggers für Abriss: Aus 2.5: $11,5 \text{ m}^3/\text{h}$
 $119,96 \text{ m}^3 \div 11,5 \text{ m}^3/\text{h} = 10,43 \text{ h}$

Kosten Bagger: Aus 9.4: $21,50 \text{,- EUR/h}$
 $10,41 \text{ h} \times 21,50 \text{ EUR/h} = \mathbf{223,81 \text{ EUR}}$

Lohnkosten Arbeiter 60 EUR/h
 $10,41 \text{ h} \times 60 \text{ EUR/h} = \mathbf{624,60 \text{ EUR}}$

Summe Kosten Abbrucharbeiten = 848,41 EUR

8.2 Berechnung Kosten Entsorgung

Es sind insgesamt 6 Fahrten notwendig (Aus 4.2). Es wird eine Zugmaschine mit Stahlmulde eingesetzt.

1x Anfahrt (Leerfahrt)
Spedition → Sieben-Höfe-Straße $10,1 \text{ km}$
 $= \mathbf{10,1 \text{ km}}$
 $= \mathbf{12 \text{ Min.}}$
Fall A1 ($20 \text{ L Diesel}/100 \text{ km}$) $= 2,02 \text{ L Diesel}$
 $1 \text{ L Diesel} = 1,60 \text{ EUR} = \mathbf{3,23 \text{ EUR}}$
6x Transport (beladen)
Sieben-Höfe-Straße → Recyclinghof $5,1 \text{ km}$
 $= \mathbf{30,6 \text{ km}}$
 $= 7 \text{ Min.}$

	=	42 Min.
Fall B2 (50 L Diesel/100 km) =	15,3 L Diesel	
1 L Diesel = 1,60 EUR =	24,48 EUR	
5x Rückfahrt (Leerfahrt)		
Recyclinghof → Sieben-Höfe-Straße	5,1 km	
	=	25,5 km
	=	7 Min
	=	35 Min.
Fall B1(25 L Diesel/100km)	=	6,37 L Diesel
1 L Diesel = 1,60 EUR	=	10,20 EUR
1x Abfahrt (Leerfahrt)		
Recyclinghof → Spedition	7,1 km	
	=	7,1 km
	=	9 Min. Fall A1
(20 L Diesel/100 km)	=	1,86 L Diesel
1 L Diesel = 1,60 EUR	=	2,97 EUR
Summe Zeit	=	98 Min.
+ Zeit beladen und entladen (Mulde)=	60 Min.	
Summe benötigte Zeit	=	158 Min.
	=	2,63 Std.
Summe Kosten Kraftstoff	=	40,88 EUR
Summe Kosten Transport:		
Kosten Berufskraftfahrer: Lohngruppe 3 =	60 EUR/h	
x 2,63 h	=	157,80 EUR
- Kosten LKW 40-Tonner	=	13 EUR/h
-		
- x 2,63 h	=	34,19 EUR
- Kosten Kraftstoff	=	40,88 EUR
Summe	=	232,87EUR

Kosten Transport Verkaufspreis (inkl. Marge 20 %)
= **279,44 EUR**

Kosten Entsorgung = **279,44 EUR**

Info/Tipp:

Es wird davon ausgegangen, dass das Material zur Baugrubenverfüllung verwendet wird und somit keine Materialentsorgungskosten anfallen. Andernfalls würden pro Kubikmeter Stahlbeton etwa 100 EUR Entsorgungskosten anfallen.

8.3 Berechnung Kosten Material

Betrachtet werden:

Material

Arbeiter

Berechnung Kosten Material: (Aus 3.1 120 m³ Beton)

1 m³ Transportbeton kostet aktuell ca. 140 EUR⁽²⁷⁾

120 m³x140 EUR	=	16.800 EUR
Summe Beton	=	16.800 EUR

Berechnung Kosten Material: (Aus 4.5 Bewehrung Ortbeton)

1 m³ Ortbeton hat einen Anteil von ca. 90 kg Bewehrung⁽²⁸⁾

1 kg Bewehrung kostet ca. 1,78 EUR⁽²⁹⁾

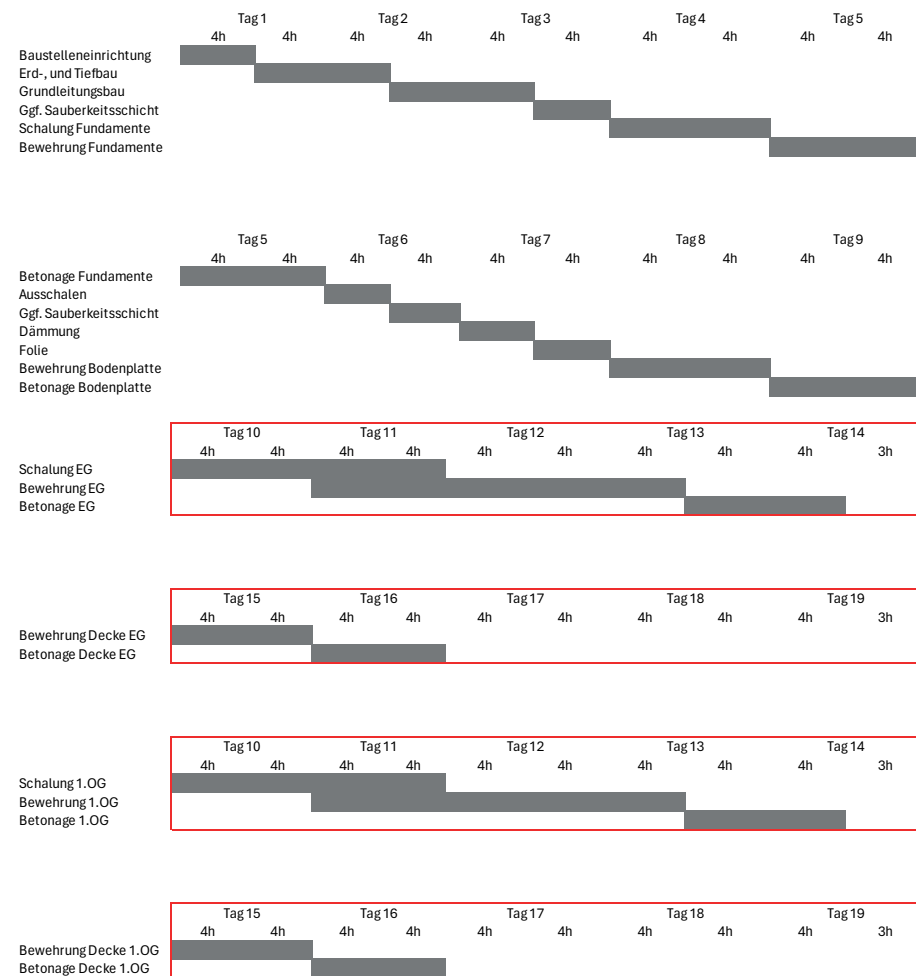
120 m³ x 90 kg	=	10.800 kg
10.800 kg x 1,11 EUR	=	11.988 EUR

Summe Bewehrung	=	28.788EUR
Summe Kosten Material	=	45.588 EUR

124 | Vergleich mit konventionellem Bauen

8.4 Berechnung Lohnkosten Rohbau

Einsatzdauer:



Ermittlung Rohbau in Ortbeton = 132 Std.

Rechnung:

$$\begin{aligned} 132 \text{ Std.} \times 60 \text{ EUR/h} &= 7.920 \text{ EUR} \\ \times 3 \text{ Arbeiter} &= 23.760 \text{ EUR} \end{aligned}$$

Summe Lohnkosten Rohbau = 23.760 EUR

Summe Kosten Szenario 2: = 70.475 EUR

Die Summe Kosten Rohbau betrachtet nur die Kostenbereiche, die sich zur Methode (Szenario 1) unterscheiden! Es handelt sich nicht um die Fertigstellungskosten!

9. Summen

9.1

Summe CO ₂ -Emissionen Szenario 1:	3.775 kg CO ₂
Summe Kosten Szenario 1:	25.902 EUR

9.2

Summe CO ₂ -Emissionen Szenario 2:	40.380 kg CO ₂
Summe Kosten Szenario 2:	70.475 EUR

Das Thema Bauen mit Bestand erhält in der Baubranche immer mehr Aufmerksamkeit. Die Folgen der Klimakrise, das Ausbeuten unserer Erde sowie ökonomische Herausforderungen regen nicht mehr nur zum Umdenken an, sondern fordern akut neue Denk- und Handlungsweisen. Bestehende Strukturen wiederzuverwenden und in neue Kreisläufe einzubringen kann nicht nur emittierte Emissionen reduzieren, sondern auch Kosten senken. Dafür braucht es nicht nur ein schärferes Bewusstsein für Ressource und Material, sondern auch neue Denk-, Planungs- und Entwurfsweisen.

Gebäuderessourcenpässe wie die der DGNB tragen dabei zu einem transparenteren und effizienteren Prozess bei. Schon während dem Bau kann dabei ein Dokument erstellt werden, das sämtliche Informationen über das Gebäude bereithält. Am Ende einer Nutzungsdauer weiß man zum

Beispiel sofort, über welche Ressourcen das Gebäude in welchen Mengen und an welchen Stellen verfügt. Das erleichtert die Planung und Umsetzung eines neuen Entwurfs, der sein Material dabei aus der gebauten Umwelt bezieht.

Wir hätten schon gestern handeln müssen und mit unseren Emissionen kontrollierter und bewusster umgehen sollen. Es reicht nicht aus, jetzt von nachhaltigem Bauen zu sprechen und dann warten zu müssen, bis die graue Energie hochmoderner, komplexer Gebäude kompensiert ist.

Der Ansatz, der in dieser Arbeit untersucht und theoretisch angewendet wurde, bietet jetzt schon Potential für eine nachhaltigere Zukunft. Die neuen untersuchten Methoden und Herangehensweisen lohnen sich und das Umdenken großer Unternehmen bestätigen das Potential, das aus den ausgewerteten Analyseergebnis-

sen hervorgeht. Unternehmen wie zum Beispiel Lindner⁽³²⁾ nehmen ihre Bodenplatten wieder zurück, wenn sie nicht mehr benötigt werden und führen sie dem Kreislauf erneut zu. Durch effizientere Prozesse und günstigere Methoden ergeben sich in Zukunft zusätzlich zu den ökologischen Vorteilen auch immer attraktivere ökonomische Möglichkeiten.

Ressourcen gibt es nicht nur unter der Erde, sondern überall. Unsere gebaute Umwelt ist Ressource. Sie muss nur als diese gesehen werden. Denn ob ein alter Ziegelstein als Müll oder als Gestaltungselement gesehen wird, liegt an der Perspektive – und genau hier setzt nachhaltige Architektur an.

128 | LITERATURVERZEICHNIS

Innenlader ^{(1) (2)}

Otto Hattendorfer GmbH, Mineralölhandel, Spedition Online unter: <https://otto-hattendorf.de/project/3-achs-innenlader-sattel-auflieger/> (abgerufen am 08.04.2025)

Kraftstoffverbrauch ^{(3) (4)}

Frankfurter Allgemeine Zeitung „Jedes Jahr ein Zentel weniger“ von Boris Schmidt vom 16.01.2021. Online unter: <https://www.faz.net/aktuell/technik-motor/motor/verbrauch-schwerer-lastwagen-jedes-jahr-ein-zehntel-weniger-17139650.html> (abgerufen am 06.04.2025)

Webfleet „Lkw-Verbrauch: Wie viel Diesel verbraucht ein LKW pro Kilometer?“ 1. November 2024 von Andreas Myktiuk. Online unter: https://www.webfleet.com/de_de/webfleet/blog/so-viel-kraftstoff-verbrauchen-lkw/ (abgerufen am 06.04.2025)

CO2-Equivalent Diesel ⁽⁵⁾

NATUREFUND Grundlagen CO2 berechnung. Online unter: https://www.naturefund.de/wissen/co2_rechner/daten (abgerufen am 06.04.2025)

Technische Daten Fahrmischer ⁽⁶⁾

BetonNet. Unsere Fahrmischer. Informationen und technische Daten. Online unter <https://www.betonnet.gmbh/fahrmischer> (abgerufen am 06.04.2025)

LECTURA – Technische Daten für Transportmischer LKW. Online unter: <https://specs.lectura.de/de/spezifikationen/hoch-und-tiefbaugerate/transportbetonmischer-lkw> (abgerufen am 14.04.2025)

Kraftstoffverbrauch Fahrmischer ⁽⁷⁾

Spritmonitor.de – verbrauchswerte real erfahren. Online unter: <https://www.spritmonitor.de/de/detailansicht/826455.html> (abgerufen am 15.04.2025)

Technische Daten Bagger ⁽⁸⁾

LIEBHERR Erdbewegung – Die neue Generation der Liebherr-Raupenbagger. Online unter: <https://www.liebherr.com/de-de/erdbewegung/produkte/bagger/raupenbagger-3838607> (abgerufen am 10.04.2025)

Arbeitsleistung Bagger ⁽⁹⁾

DAS VIRTUELLE DIGITALE GEBÄUDE DIE VIRTUELLE BAUSTELLE KOMPENDIUM FÜR LEHRENDE UND LERNENDE, online unter: <https://wiki.bubiza.de/doku.php?id=leistungsberechnung-von-erdbaumaschinen&utm> (abgerufen am 10.04.2025)

- Zeppelin Baumaschinenvermietung online unter: Zeppelin-Rental.de
(abgerufen am 10.04.2025)
- Kraftstoffverbrauch Bagger⁽¹⁰⁾ LIEBHERR Erdbewegung – Die neue Generation der Liebherr-Raupenbagger, online unter: <https://www.liebherr.com/de-de/erdbewegung/produkte/bagger/raupenbagger-3838607> (abgerufen am 10.04.2025)
- Massen und Dichten von Baustoffen⁽¹¹⁾ Virtuelles Dach. Wärmeleitfähigkeit und Rohdichte einiger Baustoffe (Tabelle), online unter: http://www.virtuelles-dach.com/_lccms/_02233/Wrmeleitfhigkeit-Rohdichten.htm
(abgerufen am 10.04.2025)
Bewehrung von Stahlbetonbauteilen nach DIN EN 1992-1-1/NA:2011.01, online unter: <https://www.isb-ev.de/wp-content/uploads/2014/02/AB-2-EC.pdf>
- CARDI Schneidwerkzeug⁽¹¹⁾ Core drilling CARDI Bohrwerkzeuge und Zubehör, online unter: <https://www.cardi.biz>
(abgerufen am 19.03.2025)
- Schnittgeschwindigkeit⁽¹²⁾ Baudienst Manfred Brauenscheid GmbH, online unter: <https://baudienst.shop/baudienst-expert-diamanttrennscheiben/>
(abgerufen am 19.03.2025)
- Strom CO₂-Emissionen⁽¹³⁾ Umwelt Bundesamt „CO₂-Emissionen pro Kilowattstunde Strom steigen 2021 wieder an, online unter: [https://www.umweltbundesamt.de/themen/co2-emissionen-pro-kilowattstunde-strom-steigen#:~:text=Das%20zeigen%20aktuelle%20Berechnungen%20des,Deutschland%20durchschnittlich%20420%20Gramm%20CO₂](https://www.umweltbundesamt.de/themen/co2-emissionen-pro-kilowattstunde-strom-steigen#:~:text=Das%20zeigen%20aktuelle%20Berechnungen%20des,Deutschland%20durchschnittlich%20420%20Gramm%20CO2)
(abgerufen am 12.03.2025)
- Zement CO₂-Emissionen⁽¹⁴⁾ Umwelt Bundesamt – Für Mensch und Umwelt „Dekarbonisierung der Zementindustrie“, online unter: https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/376/dokumente/factsheet_zementindustrie.pdf
(aufgerufen am 11.03.2025)

BauNetz.de – Wissen – Betonherstellung und Klimaschutz, online unter: <https://www.baunetzwissen.de/beton/fachwissen/herstellung/betonherstellung-und-klimaschutz-7229519>
(aufgerufen am 14.02.25)
- Stahl CO₂-Emissionen⁽¹⁵⁾ Wasserstoffkompass – Industriezweige, online unter: https://dechema.de/Themen/Studien+und+Positionspapire/2024+03+H2+Kompass/_/H2K_IND_Stahl.pdf
(aufgerufen am 15.02.2025)

130 | LITERATURVERZEICHNIS

Sattelkipper Stahlmulde ⁽¹⁶⁾ MEILLER KIPPER – Produkte und Fahrzeuge. Technische Datenblätter, online unter: <https://www.meiller.com/de/produkte/kippsattel/>
(aufgerufen am 10.02.2025)

Beton CO2-Emissionen ⁽¹⁷⁾ ibau – Beton: Der Baustoff von gestern? 18.07.2023 von Hannah Simons, online unter: <https://www.ibau.de/akademie/wissenswertes/beton-der-baustoff-von-gestern/>
(aufgerufen am 11.02.2025)

Ökonomische Analyse

Lohngruppen ⁽¹⁸⁾ B.I MEDIEN – Das sind die Lohnerhöhungen bis 2027. 20.06.2024 Von Britta Birnkmeier, online unter: <https://bi-medien.de/fachzeitschriften/baumagazin/betriebsfuehrung/tarifvertrag-baugewerbe-das-sind-die-lohnerhoehungen-bis-2027-b18017>
(aufgerufen am 10.02.2025)

Baublog – aktuelle Tariflöhne, Tarifgehälter und
Ausbildungsvergütungen im Baugewerbe by BRZ Deutschland Februar 28, 2025, online unter: <https://baublog.brz.eu/tarifloehne-gehaelter-und-ausbildungsverguetungen-fur-das-bauhauptgewerbe/> (aufgerufen am 14.02.2025)

Preisliste ANTRETTER ⁽¹⁹⁾ Firma ANTRETTER Preisliste 2024. online unter: <https://www.antretter-erdbau.com/Dokumente/Preisliste-2024-Gross-abnehmer-2024-02-25.pdf> (aufgerufen am 10.03.2025)

EB Bayer ⁽¹⁹⁾ Firma E. Bayer Preisliste 2024, online unter: https://eb-bayer.de/wp-content/uploads/2024/03/EBB_KS-Preisliste_2024.pdf (aufgerufen am 04.03.2025)

Kosten LKW ⁽²⁰⁾ University of Hamburg Business School – Fahrzeugkostenkalkulation, online unter: <https://www.bwl.uni-hamburg.de/vw/lehre/lehre-frueherer-semester/ws2013-14/vul-zwei-fahrzeugkosten.pdf> (aufgerufen am 24.02.2025)

Kosten Fahrmischer ⁽²¹⁾ JOCHUM Betonlogistik – Preise und Listen, online unter: <https://www.jochum-egelsbach.de/index.php/preise/>
(aufgerufen am 23.02.2025)

Fahrmischer-Betonpumpen-Abrechnung
https://fahrmischer-abrechnung.de/op_kalkulation.php
(aufgerufen am 24.02.2025)

Onlinekalkulator, online unter:

- Kosten Bagger⁽²²⁾ myHammer Preisvergleich – Baggerarbeiten, online unter: <https://www.my-hammer.de/bauen-renovieren/preisradar/was-kosten-baggerarbeiten> (aufgerufen am 25.02.2025)
- Zeppelin rental Baumaschinenvermietung, online unter: <https://www.zeppelin-rental.de/miete/baumaschinen/bagger/mobilbagger?utm> (aufgerufen am 26.02.2025)
- Kosten Kran⁽²³⁾ KRANVERLEIH OBERLAND Ihr starker Partner – Preisliste für Autokrane, online unter: https://kranverleih-oberland.com/wp-content/uploads/2022/05/Autokran_Preisliste_Kranverleih_Oberland_03_2022.pdf (aufgerufen am 26.02.2025)
- Hermann-Paule Krandienste, online unter: <https://www.hermann-paule.de/krandienste> (aufgerufen am 22.02.2025)
- SCHLOP – Maßarbeit mit schwerster Last. Preisliste aktuell, online unter: <https://www.scholppkran.de> (aufgerufen am 22.02.2025)
- FLÜCK KRAN – Logistik am Bau. Preisliste, online unter: <https://logistik.flueck.ag/preisliste/> (aufgerufen am 22.02.2025)
- Kosten Schneidwerkzeug⁽²⁴⁾ boels rental Baumaschinenvermietung Preisliste Schneidwerkzeug, online unter: <https://www.boels.com/de-de/mieten/stein-und-betonbearbeitung/asphalt-betonsaegen/c/k9k9wdls> (aufgerufen am 22.02.2025)
- Preis Anschlussbewehrung⁽²⁵⁾ stahl-shop24 Preise Stahlsonderteile, online unter: <https://www.stahl-shop24.de/Baustahl-20mm-1000mm> (aufgerufen am 25.03.2025)
- Preis Vergussmörtel⁽²⁶⁾ bauchemie24 Onlineshop Quellmörtel, online unter: <https://www.bauchemie24.de/quick-mix-qv-1000-quellvergussmoer-tel-beton-25kg.html#255=2620> (aufgerufen am 25.03.2025)
- Preis Transportbeton⁽²⁷⁾ GODEL-BETON Preisliste Transportbeton gültig ab 01.01.2023, online unter: https://godel-beton.de/wp-content/uploads/2024/02/Preisliste_stationaere_Werke_DIN_EN_206_Preisliste_ab_01-01-2023.pdf (aufgerufen am 25.03.2025)
- Stahlbetonbewehrung⁽²⁹⁾ Bewehrung von Stahlbetontragwerken nach DIN EN 1992-1-1 mit Nationalem Anhang – Institut für Stahlbetonbewehrung, online unter: https://www.isb-ev.de/wp-content/uploads/2019/10/ISB-Bewehren_von_Stahlbetontragwerken.pdf (aufgerufen am 26.03.2025)

132 | LITERATURVERZEICHNIS

Preis Bewehrungsstahl ⁽²⁹⁾

LAYER – Betonstahl Preise, online unter: https://shop.layer-grosshandel.de/_stahlprofile-drahtwaren-kleineisenwaren/betonstahl/betonstahl-din488-b500b-12-mm.html (aufgerufen am 03.04.2025)

Dokumentation:

Wettbewerb Stadt Tübingen
Hinter den Gärten ⁽³⁰⁾

online unter: <https://www.tuebingen.de/23298.html#/37284>
online unter: <https://www.tuebingen.de/23298.html#/37284>
(aufgerufen am 19.04.2025)

Büro LEHENDrei ⁽³¹⁾

LEHENDrei Architektur Stadtplanung, online unter: <https://www.lehendrei.de/buero/schuster.php>
(aufgerufen am 20.04.2025)

Lindner ⁽³²⁾

<https://www.lindner-group.com/de/kompetenzen/nachhaltiges-bauen-zirkulaeres-bauen/ruecknahme-gebrauchte-bodenplatten>

134 | ABBILDUNGSVERZEICHNIS

Abb.-Nr.	Beschreibung	Seite	Quelle
Abb.1:	Treibhausgas - Emissionen Deutschland	07	https://www.klimaschutz-industrie.de/themen/branchen/kalkindustrie/
Abb.2:	Kreislaufwirtschaft	08	Eigene Darstellung, Vectorworks
Abb.3:	Aufbau der Masterarbeit	11	Eigene Darstellung Konzeptboard
Abb.4:	Vorauswahl potentieller Projekte	12	https://www.iba27.de/projekt/postareal-boeblingen/#gallery_5500-6
Abb.5:	Vorauswahl potentieller Projekte	12	https://www.iz.de/transaktionen/news/-honeywell-areal-bietet-viel-platz-fuers-wohnen-2000026452
Abb.6:	Lageplan, Sieben-Höfe-Straße	15	Aus dem Archiv der GWG, Gesellschaft für Wohnungs und Gewerbebau Tübingen mbH
Abb.7:	Ansicht West-Ost, Sieben-Höfe-Straße, Orginal von 1970	16	Aus dem Archiv der GWG, Gesellschaft für Wohnungs und Gewerbebau Tübingen mbH
Abb.8:	Ansicht Süd-Ost, Sieben-Höfe-Straße, Orginal von 1970	17	Aus dem Archiv der GWG, Gesellschaft für Wohnungs und Gewerbebau Tübingen mbH
Abb.9:	Ansicht Süd-Nord, Sieben-Höfe-Straße, Orginal von 1970	18	Aus dem Archiv der GWG, Gesellschaft für Wohnungs und Gewerbebau Tübingen mbH
Abb.10:	Schnitt Nord-Süd, Sieben-Höfe-Straße, Orginal von 1970	19	Aus dem Archiv der GWG, Gesellschaft für Wohnungs und Gewerbebau Tübingen mbH
Abb.11:	Untergeschoss, Sieben-Höfe-Straße, Orginal von 1970	20	Aus dem Archiv der GWG, Gesellschaft für Wohnungs und Gewerbebau Tübingen mbH
Abb.12:	1. Obergeschoss, Sieben-Höfe-Straße, Orginal von 1970	21	Aus dem Archiv der GWG, Gesellschaft für Wohnungs und Gewerbebau Tübingen mbH
Abb.13:	Ansicht Laubengang, Sieben-Höfe-Straße	22	Eigene Fotografie, 25. März 2025
Abb.14:	Treppenhaus, Sieben-Höfe-Straße	23	Eigene Fotografie, 25. März 2025
Abb.15:	Ansicht Eingangsbereich, Sieben-Höfe-Straße	24	Eigene Fotografie, 25. März 2025
Abb.16:	Ansicht Balkone, Sieben-Höfe-Straße	25	Eigene Fotografie, 25. März 2025

Abb.-Nr.	Beschreibung	Seite	Quelle
Abb.17:	Platzsituation, Sieben-Höfe-Straße	26	Eigene Fotografie, 25. März 2025
Abb.18:	Laubengang zwischen den Gebäuden, Sieben-Höfe-Straße	27	Eigene Fotografie, 25. März 2025
Abb.19:	Zugang Tiefgarage, Sieben-Höfe-Straße	28	Eigene Fotografie, 25. März 2025
Abb.20:	Tiefgarage, Sieben-Höfe-Straße	29	Eigene Fotografie, 25. März 2025
Abb.21:	Bestandsaufnahme des Rohbaus, Sieben-Höfe-Straße	30	Eigene Fotografie, 25. März 2025
Abb.22:	Kiesnest, Sieben-Höfe-Straße	31	Eigene Fotografie, 25. März 2025
Abb.23:	Untersuchung der Rohbaudecke, Sieben-Höfe-Straße	32	Eigene Fotografie, 25. März 2025
Abb.24:	Schalungsfuge in der Betondecke, Sieben-Höfe-Straße	33	Eigene Fotografie, 25. März 2025
Abb.25:	Entkernte Wohnung, Sieben-Höfe-Straße	34	Eigene Fotografie, 25. März 2025
Abb.26:	Geschnittenes Stahlbetonelement, Sieben-Höfe-Straße	35	Eigene Fotografie, 25. März 2025
Abb.27:	Kernbohrung Decke, Sieben-Höfe-Straße	36	Eigene Fotografie, 25. März 2025
Abb.28:	Freigelegter Rohbau, Sieben-Höfe-Straße	37	Eigene Fotografie, 25. März 2025
Abb.29:	Treppenhaus, Sieben-Höfe-Straße	39	Eigene Fotografie, 25. März 2025
Abb.30/31:	Holzverkleidung Laubengänge, Sieben-Höfe-Straße	40	Eigene Fotografie, 25. März 2025
Abb.32:	Detail und Verortung der Bauteile, Sieben-Höfe-Straße	41	Eigene Darstellung, Vectorworks/Photoshop
Abb.33/34:	Profilglas innen, Sieben-Höfe-Straße	42	Eigene Fotografie, 25. März 2025
Abb.35:	Detail und Verortung der Bauteile, Sieben-Höfe-Straße	43	Eigene Darstellung, Vectorworks/Photoshop
Abb.36/37:	Türelement Treppenhaus, Sieben-Höfe-Straße	44	Eigene Fotografie, 25. März 2025
Abb.38:	Isometrie und Verortung der Bauteile, Sieben-Höfe-Straße	45	Eigene Darstellung, Vectorworks/Photoshop
Abb.39:	Türelement Laubengang, Sieben-Höfe-Straße	46	Eigene Fotografie, 25. März 2025
Abb.40:	Isometrie und Verortung der Bauteile, Sieben-Höfe-Straße	47	Eigene Darstellung, Vectorworks/Photoshop

136 | ABBILDUNGSVERZEICHNIS

Abb.-Nr.	Beschreibung	Seite	Quelle
Abb.41:	Fensterelement Laubengang, Sieben-Höfe-Straße	48	Eigene Fotografie, 25. März 2025
Abb.42:	Isometrie und Verortung der Bauteile, Sieben-Höfe-Straße	49	Eigene Darstellung, Vectorworks/Photoshop
Abb.43:	Fensterelement Balkon, Sieben-Höfe-Straße	50	Eigene Fotografie, 25. März 2025
Abb.44:	Isometrie und Verortung der Bauteile, Sieben-Höfe-Straße	51	Eigene Darstellung, Vectorworks/Photoshop
Abb.45/46:	Ansicht Terrassenplatten, Sieben-Höfe-Straße	52	Eigene Fotografie, 25. März 2025
Abb.47:	Isometrie und Verortung der Bauteile, Sieben-Höfe-Straße	53	Eigene Darstellung, Vectorworks/Photoshop
Abb.48:	Ansicht Betonplatten Atika, Sieben-Höfe-Straße	54	Eigene Fotografie, 25. März 2025
Abb.49:	Isometrie und Verortung der Bauteile, Sieben-Höfe-Straße	55	Eigene Darstellung, Vectorworks/Photoshop
Abb.50:	Ansicht Absturzsicherung Laubengang, Sieben-Höfe-Straße	56	Eigene Fotografie, 25. März 2025
Abb.51:	Isometrie und Verortung der Bauteile, Sieben-Höfe-Straße	57	Eigene Darstellung, Vectorworks/Photoshop
Abb.52/53:	Heizungen, Sieben-Höfe-Straße	58	Eigene Fotografie, 25. März 2025
Abb.54:	Isometrie und Verortung der Bauteile, Sieben-Höfe-Straße	59	Eigene Darstellung, Vectorworks/Photoshop
Abb.55:	Dach mit Kiesschüttung, Sieben-Höfe-Straße	60	Eigene Fotografie, 25. März 2025
Abb.56:	Isometrie und Verortung der Bauteile, Sieben-Höfe-Straße	61	Eigene Darstellung, Vectorworks/Photoshop
Abb.57:	Dach ohne Kiesschüttung, Sieben-Höfe-Straße	62	Eigene Fotografie, 25. März 2025
Abb.58:	Isometrie und Verortung der Bauteile, Sieben-Höfe-Straße	63	Eigene Darstellung, Vectorworks/Photoshop
Abb.59:	Ansicht abgerissener Rohbau	64	Eigene Fotografie, 25. März 2025
Abb.60:	Isometrie und Verortung der Bauteile, Sieben-Höfe-Straße	65	Eigene Darstellung, Vectorworks/Photoshop
Abb.61:	Pictogramm, Betoninstandsetzung	66	Eigene Darstellung, Vectorworks
Abb.62:	Betonabplatzung, Sieben-Höfe-Straße	67	Eigene Fotografie, 25. März 2025
Abb.63:	Schwarzplan, Sieben-Höfe-Straße/Hinter den Gärten	68	Eigene Darstellung, Vectorworks/Photoshop

Abb.-Nr.	Beschreibung	Seite	Quelle
Abb.64:	Bebauungsgebiet, Hinter den Gärten	69	https://www.tuebingen.de/23298.html#/37284
Abb.65:	Pictogramm Gesamtbauablauf	70	Eigene Darstellung, Vectorworks/Photoshop
Abb.66:	Pictogramm Abbau	71	Eigene Darstellung, Vectorworks/Photoshop
Abb.67:	Pictogramm Aufbau	72 - 74	Eigene Darstellung, Vectorworks/Photoshop
Abb.68:	mola Statik Baukit	75	Eigene Fotografie, 10. April 2025
Abb.69:	Lageplan, Hinter den Gärten	76	Eigene Darstellung, Vectorworks/Photoshop
Abb.70:	Erdgeschoss Grundrisse, Hinter den Gärten	77	Eigene Darstellung, Vectorworks/Photoshop
Abb.71:	EG Grundriss Doppelhaus, Hinter den Gärten	78	Eigene Darstellung, Vectorworks/Photoshop
Abb.72:	1.OG Grundriss Doppelhaus, Hinter den Gärten	79	Eigene Darstellung, Vectorworks/Photoshop
Abb.73:	2.OG Grundriss Doppelhaus, Hinter den Gärten	80	Eigene Darstellung, Vectorworks/Photoshop
Abb.74:	Dachaufsicht Doppelhaus, Hinter den Gärten	81	Eigene Darstellung, Vectorworks/Photoshop
Abb.75:	Ansicht Doppelhaus, Hinter den Gärten	82	Eigene Darstellung, Vectorworks/Photoshop
Abb.76:	Ansicht Doppelhaus, Hinter den Gärten	83	Eigene Darstellung, Vectorworks/Photoshop
Abb.77:	Ansicht Doppelhaus, Hinter den Gärten	84	Eigene Darstellung, Vectorworks/Photoshop
Abb.78:	Schnitt Doppelhaus, Hinter den Gärten	85	Eigene Darstellung, Vectorworks/Photoshop
Abb.79:	EG Grundriss Mehrfamilienhaus, Hinter den Gärten	86	Eigene Darstellung, Vectorworks/Photoshop
Abb.80:	1.OG Grundriss Mehrfamilienhaus, Hinter den Gärten	87	Eigene Darstellung, Vectorworks/Photoshop
Abb.81:	2.OG Grundriss Mehrfamilienhaus, Hinter den Gärten	88	Eigene Darstellung, Vectorworks/Photoshop
Abb.82:	Dachaufsicht Mehrfamilienhaus, Hinter den Gärten	89	Eigene Darstellung, Vectorworks/Photoshop
Abb.83:	Ansicht Mehrfamilienhaus, Hinter den Gärten	90 -91	Eigene Darstellung, Vectorworks/Photoshop
Abb.84:	Ansicht Mehrfamilienhaus, Hinter den Gärten	92	Eigene Darstellung, Vectorworks/Photoshop

138 | ABBILDUNGSVERZEICHNIS

Abb.-Nr.	Beschreibung	Seite	Quelle
Abb.85:	Schnitt Mehrfamilienhaus, Hinter den Gärten	93	Eigene Darstellung, Vectorworks/Photoshop
Abb.86:	Rendering	94 - 95	Eigene Darstellung, Vectorworks/Photoshop/Lumion
Abb.87:	Rendering	96	Eigene Darstellung, Vectorworks/Photoshop/Lumion
Abb.88:	Rendering	97	Eigene Darstellung, Vectorworks/Photoshop/Lumion
Abb.89:	Fassadenaufbau	98	Eigene Darstellung, Vectorworks/Photoshop
Abb.90:	Rendering Fassade	99	Eigene Darstellung, Vectorworks/Photoshop/Lumion
Abb.91:	Dreitafelprojektion M1:25	100 - 103	Eigene Darstellung, Vectorworks/Photoshop
Abb.92:	Schema Gebäudetechnik	104	Eigene Darstellung, Vectorworks
Abb.93:	Heizen und Kühlen	105	Eigene Darstellung, Vectorworks
Abb.94:	Betrachtete Analyse Aspekt	106	Eigene Darstellung, Vectorworks
Abb.95:	Ergebnis Analyse	107	Eigene Darstellung, Vectorworks

Kenndatensammlung:

									Emissionen		Kosten		Annahme Fahrstrecke	Emissionen	Kosten	
									kg CO2/L	kg CO2/L	EUR/Liter	EUR/Liter	(km)	kg CO2	EUR	
									pro h	Einheit	Kraftstoff					
									l/100km	l/km						
Transport Logistik	40 Tonner	Leerfahrt	Langstrecke	20	0,2		Liter	Diesel	2,68		1,609		2,5	1,34	0,80	
	Tieflader 22,5 Tonnen		Stadtgebiet	25	0,25		Liter	Diesel	2,68		1,609		2,5	1,675	1,01	
	Nutzlast	Voll beladen	Langstrecke	30	0,3		Liter	Diesel	2,68		1,609		2,5	2,01	1,21	
			Stadtgebiet	50	0,5		Liter	Diesel	2,68		1,609		2,5	3,35	2,01	
	Fahrmischer	Leerfahrt	Langstrecke	15	0,15		Liter	Diesel	2,68		1,609		2,5	1,005	0,60	
	18 Tonnen		Stadtgebiet	22	0,22		Liter	Diesel	2,68		1,609		2,5	1,474	0,88	
	Nutzlast	Voll beladen	Langstrecke	35	0,35		Liter	Diesel	2,68		1,609		2,5	2,345	1,41	
			Stadtgebiet	45	0,45		Liter	Diesel	2,68		1,609		2,5	3,015	1,81	
							Liter	Diesel	2,68		1,609		2,5			
		PKW VW Bus	Leerfahrt	Langstrecke	6	0,06		Liter	Diesel	2,68		1,609		2,5	0,402	0,24
		Kolonne 9 Personen		Stadtgebiet	9	0,09		Liter	Diesel	2,68		1,609		2,5	0,603	0,36
			Voll beladen	Langstrecke	8	0,08		Liter	Diesel	2,68		1,609		2,5	0,536	0,32
				Stadtgebiet	11	0,11		Liter	Diesel	2,68		1,609		2,5	0,737	0,44
		PKW	-	Langstrecke	6	0,06		Liter	Benzin		2,37		1,709	2,5	0,3555	0,26
			Stadtgebiet	8	0,08		Liter	Benzin		2,37		1,709	2,5	0,474	0,34	
													Laufzeit (h)	Emissionen kg CO2	Kosten EUR	
Maschinen	Kettensäge	Volllast				0,5	Liter	Benzin/Diesel	2,68	2,37	1,609	1,709	0,5	0,5925	0,43	
	3PS	Teillast				0,3	Liter	Benzin/Diesel	2,68	2,37	1,609	1,709	0,5	0,3555	0,26	
	Kettensäge	Volllast				0,7	Liter	Benzin/Diesel	2,68	2,37	1,609	1,709	0,5	0,8295	0,60	
	6PS	Teillast				0,5	Liter	Benzin/Diesel	2,68	2,37	1,609	1,709	0,5	0,5925	0,43	
	Kettensäge	Volllast				1,4	Liter	Benzin/Diesel	2,68	2,37	1,609	1,709	0,5	1,659	1,20	
	12PS	Teillast				1	Liter	Benzin/Diesel	2,68	2,37	1,609	1,709	0,5	1,185	0,85	
	Generator	Volllast				20	Liter	Diesel	2,68		1,609		0,5	26,8	16,09	
	100 kVA	Teillast				13	Liter	Diesel	2,68		1,609		0,5	17,42	10,46	

Arbeit		lfm	h	m3	Tonne	Extra	Kosten	Info
Betragsarbeiten	Wandsägen	154 EUR bis	183 EUR			Bewehrungsanteil		(Schnitttiefe bis 50cm)
	Bodensägen	154 EUR bis	183 EUR					(Schnitttiefe bis 50 cm)
	Fugenschneiden	154 EUR bis	183 EUR					(Schnitttiefe bis 50cm)
	Seilsägen	200 EUR bis	389 EUR					(Schnitttiefe 0,4m - 5m)
	Kettensägen	154 EUR bis	183 EUR					(Schnitttiefe bis ca. 30 cm)
Entsorgungskosten	Beton unbewehrt				15,00 EUR			
	Beton bewehrt				12,00 EUR			
	Restmüll				253,00 EUR			
	Sperrmüll				253,00 EUR			
	Bio				253,00 EUR			
	Baumüll (Sortenrein)				150,00 EUR			
	Baumisch				180,00 EUR			
	Bitumen				483,00 EUR			
	Dachpappe				483,00 EUR	Asbest		
	Bodenaushub				65,00 EUR			
	Dämmstoff mineralisch				85,00 EUR			
	Dämmstoffe nicht mineralisch				165,00 EUR			
	Erde				65,00 EUR			
	Eternitplatten				1.100,00 EUR			Asbesthaltig
	Tapeten			10,00 EUR				
	Steine			45,00 EUR				
	Fliesen			100,00 EUR				
Autokran (Datenblätter)	40 Tonnen		90,00 EUR					Ab 10 Std./Tag +200,00 EUR Anfahrt
	50 Tonnen		100,00 EUR					Ab 10 Std./Tag +250,00 EUR Anfahrt
	60 Tonnen		110,00 EUR					Ab 10 Std./Tag +300,00 EUR Anfahrt
	80 Tonnen		120,00 EUR			300 EUR Ballast		Ab 10 Std./Tag +320,00 EUR Anfahrt
	100 Tonnen		140,00 EUR			300 EUR Ballast		Ab 10 Std./Tag +350,00 EUR Anfahrt
	130 Tonnen		160,00 EUR			800 EUR Ballast		Ab 10 Std./Tag +400,00 EUR Anfahrt
	160 Tonnen		180,00 EUR			1.200 EUR Ballast		Ab 10 Std./Tag +500,00 EUR Anfahrt
	220 Tonnen		230,00 EUR			2.600 EUR Ballast		Ab 10 Std./Tag +600,00 EUR Anfahrt
	250 Tonnen		250,00 EUR			3.800 EUR Ballast		Ab 10 Std./Tag + 700,00 EUR Anfahrt
	400 Tonnen		350,00 EUR			6.800 EUR Ballast		Ab 10 Std./Tag +1.200,00 EUR Anfahrt
Turmdrehkran (Datenblätter)	500 Tonnen		Anfrage			Anfrage		Anfrage
	600kg bei 22m max. ausl.					120,00 EUR Versich. p.M.		1130,00 EUR p.M. + Lieferung + Montage
	750kg bei 24m max. ausl.					120,00 EUR Versich. p.M.		1130,50 EUR p.M. + Lieferung + Montage
	800kg bei 25m max. ausl.					125,00 EUR Versich. p.M.		1249,50 EUR p.M. + Lieferung+ Montage
	1.000kg bei 25m max. ausl.					142,00 EUR Versich. p.M.		1428,00 EUR p.M. + Lieferung + Montage
	700kg bei 26m max. ausl.					142,00 EUR Versich. p.M.		1428,00 EUR p.M. + Lieferung + Montage
	900kg bei 28m max. ausl.					154,70 EUR Versich. p.M.		1547,00 EUR p.M. + Lieferung + Montage
	1.000kg bei 32m max. ausl.					166,60 EUR Versich. p.M.		1666,00 EUR p.M. + Lieferung + Montage
	1.000kg bei 35m max. ausl.					178,50 EUR Versich. p.M.		1905,00 EUR p.M. + Lieferung + Montage
	1.000kg bei 40m max. ausl.					178,50 EUR Versich. p.M.		2.261,00 EUR p.M. + Lieferung + Montage
	1.100kg bei 40m max. ausl.					178,50 EUR Versich. p.M.		2.261,00 EUR p.M. + Lieferung + Montage
	1.100kg bei 45m max. ausl.					297,00 EUR Versich. p.M.		3.332,00 EUR p.M. + Lieferung + Montage
	1.350kg bei 45m max. ausl.					297,50 EUR Versich. P.M.		3.332,00 EUR p.M. + Lieferung + Montage