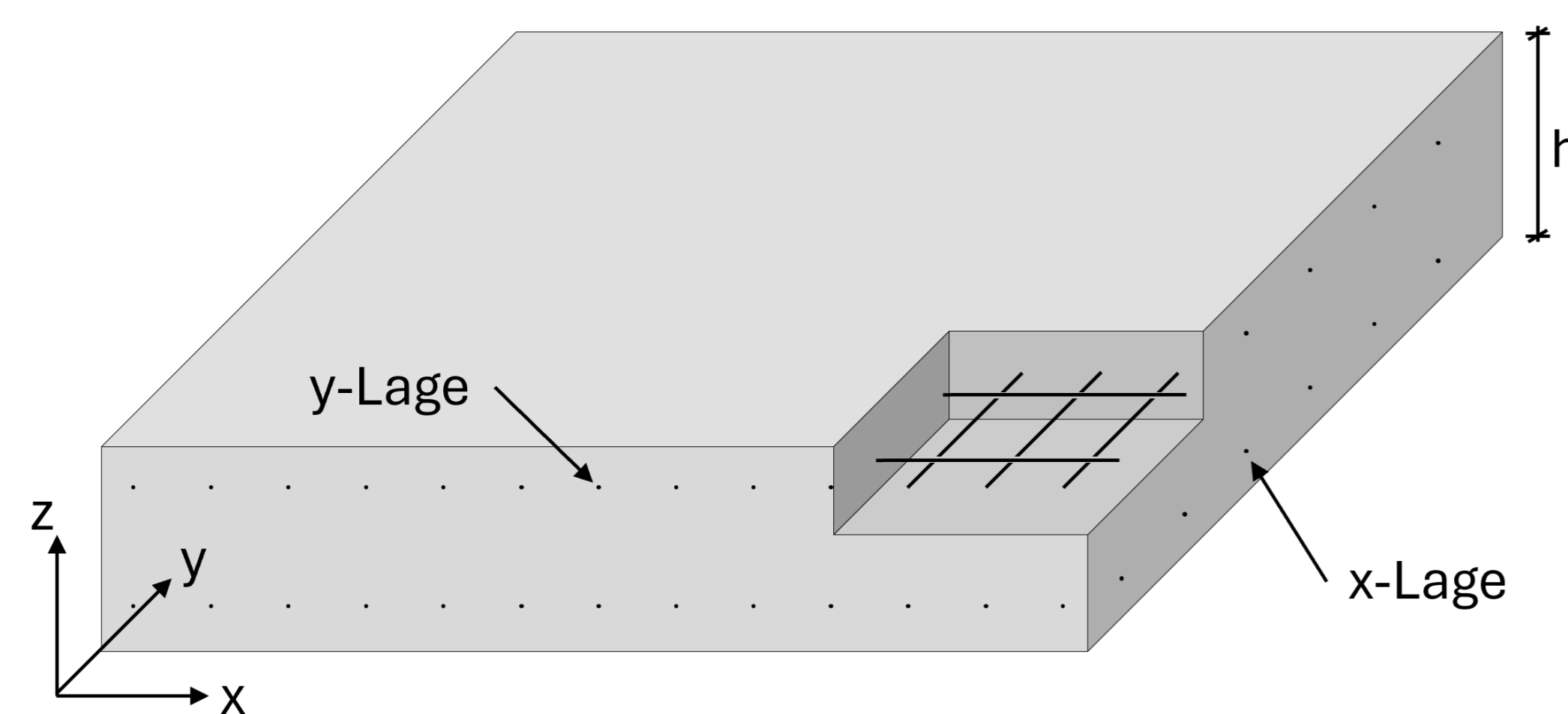


Die neue Betonbauweise CPC-Technologie

Baustoff CPC



Vergleich Bewehrungsstahl mit Carbondraht



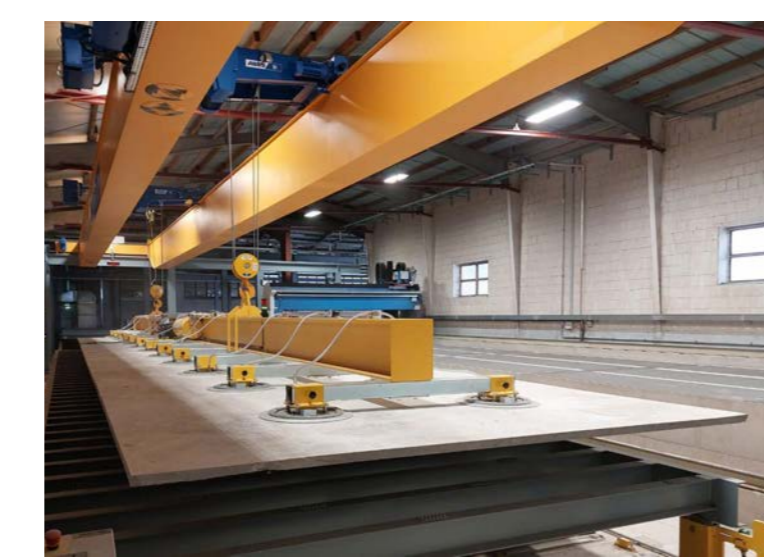
3D-Ansicht CPC-Platte



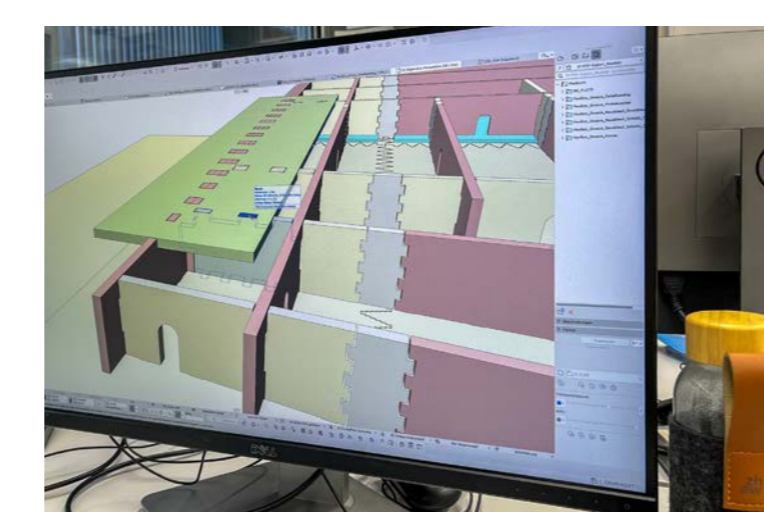
Bohlenbelag Mühlesteig, Zürich



Herstellung & Logistik



1A. CPC Grossplatten
CPC-Platten werden grossformatig hergestellt und sind in verschiedenen Stärken und Grössen ab Werk verfügbar.



1B. Datentransfer
Die CAD Dateiformate der gewünschten Bauteile werden an die CPC AG übermittelt.



2. Zuschnitt
Die Platten werden konfektioniert und zum Beispiel mit einer CNC-Maschine oder Wasserstrahl zugeschnitten. Es sind fast alle beliebigen Formen möglich.



3. Werk (Vormontage)
Einzelbauteile werden zu Grossbauteilen vormontiert.



4. Transport
Die fertig bearbeiteten Bauteile werden sortiert gelagert und just-in-time geliefert



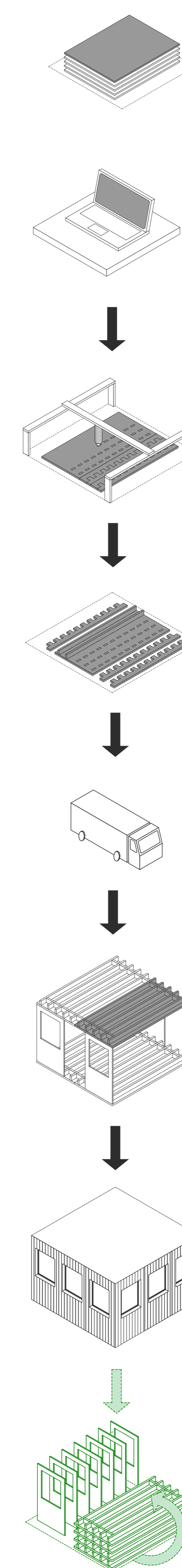
5. Montage auf der Baustelle
Die fertigen Bauteile können innert kurzer Zeit auf der Baustelle montiert werden.



6. Inbetriebnahme
Es entsteht ein solides und nachhaltiges Bauwerk, das nach dem Prinzip „design to disassembly“ zusammengebaut wurde. Die Struktur kann mit einfachen Mitteln erweitert, um- und rückgebaut werden.

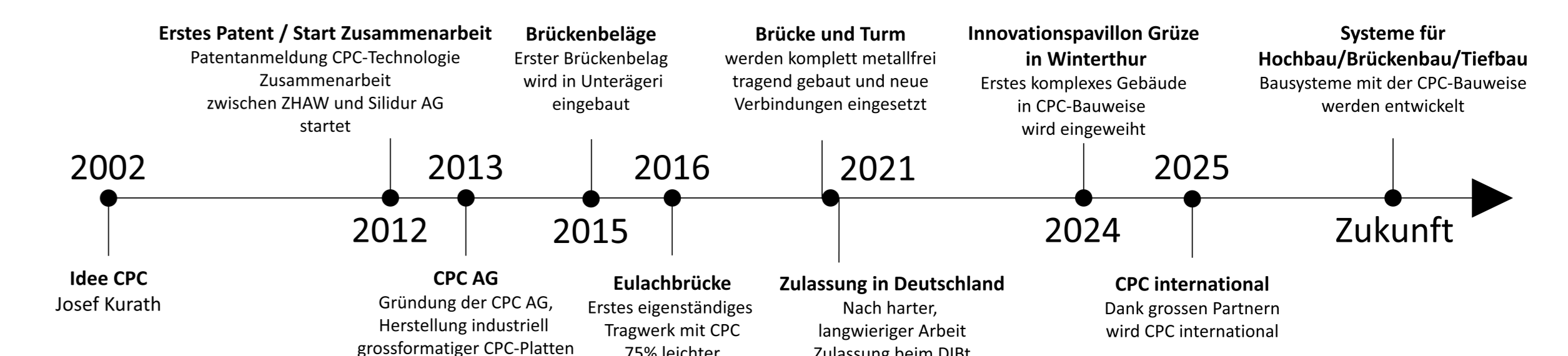


7. Wiederverwendung
Nach dem Lebensende werden die Bauteile auseinander geschnitten und in einem anderen Bauwerk wiederverwendet.



Fakten

- Dünne mit Carbon vorgespannte Betonplatten (40 und 70 mm)
- Grossplatte im Werk vorgefertigt (60 m x 17 m)
- In Massplatten unterteilt (3.5 m x 17 m)
- Konfektionierbar mit CNC und Wasserstrahlanlage
- Industrielle Produktion mit hohem Automatisierungsgrad
- Hohe Formfreiheit
- Hohe Tragfähigkeit
- Korrosionsfrei und langlebig
- Beton übernimmt Druck und Schub, Carbon übernimmt Zug
- Bis zu 50% weniger CO₂-Austoss
- Auf Baustelle sehr präzise (hohe Versetztgenauigkeit < 1 mm)



		Plattentyp	CPC 40-2-2	CPC 69-4-4	
Festigkeit	Bemessungswerte des Biegemoments	[kNm/m]			
	Lastkombination				
	Tragsicherheit	m_{Rd}	3.42	10.96	
	Selten	m_{cr}	1.54	4.91	
	Häufig	m	1.39	4.42	
	Quasi-ständig	m_{0d}	0.71	2.46	
	Bemessungswerte des Querkraftwiderstands [N/mm ²]				
	Senkrecht zur Plattenebene	$v_{xz,Rd} = v_{yz,Rd}$	1.64	1.70	
	In der Plattenebene	$v_{xy,Rd}$	2.67	3.10	
	Bemessungswerte der Normalkräfte [N/mm ²]				
Reiner Zug	$n_{x,Rd} = n_{y,Rd}$	5.38	6.24		
Reiner Druck	$n_{x,Rd} = n_{y,Rd}$	42.19	41.69		
Betondruck infolge Vorspannung	σ_{cp}	2.67	3.10		
Steifigkeit	Bemessungswerte des Elastizitätsmoduls [N/mm ²]				
	Querschnitt ungerissen	$E_{cm,I}$	43'000		
	Querschnitt gerissen	$E_{cm,II}$	2'580		
Dichte	Charakteristische Eigenschaftswerte				
	Rohdichte	$\rho_k \left[\frac{kg}{m^3} \right]$	2'300		
	Gewicht	$g \left[\frac{kg}{m^2} \right]$	92	159	

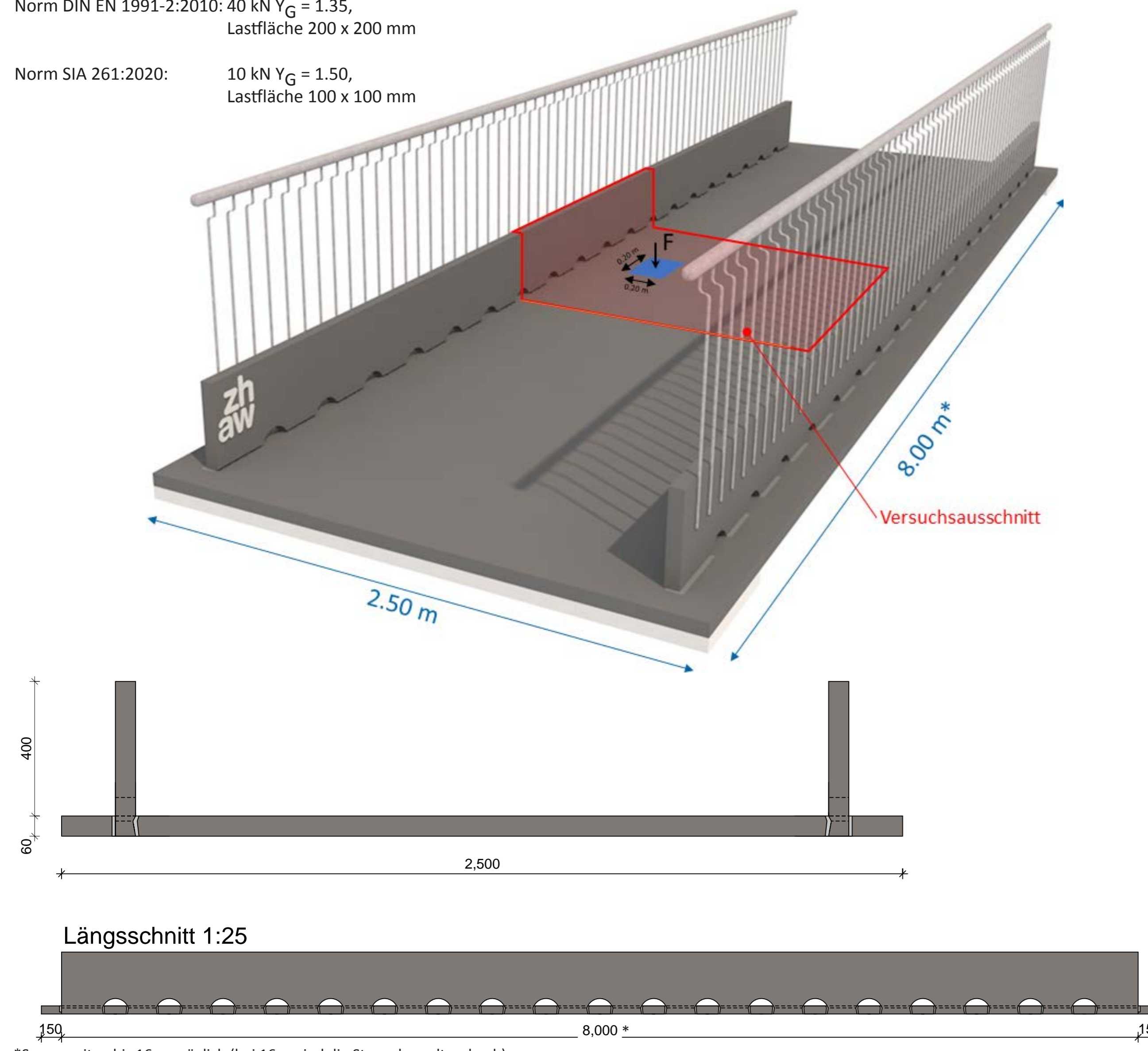
Bemessungswerte aus der CPC-Bemessungsgrundlage Schweiz

Projektziel

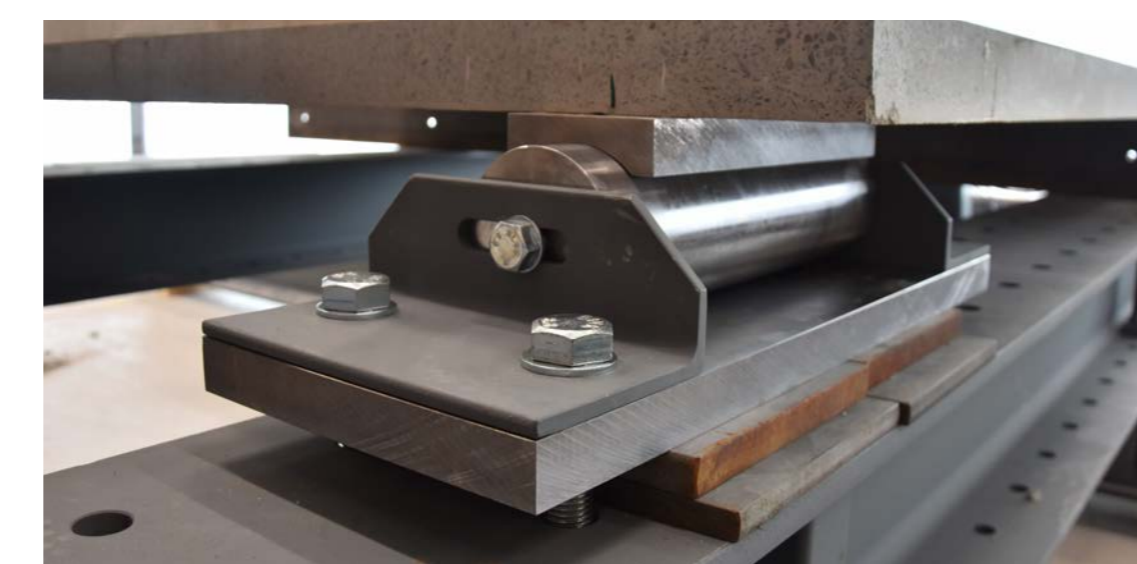
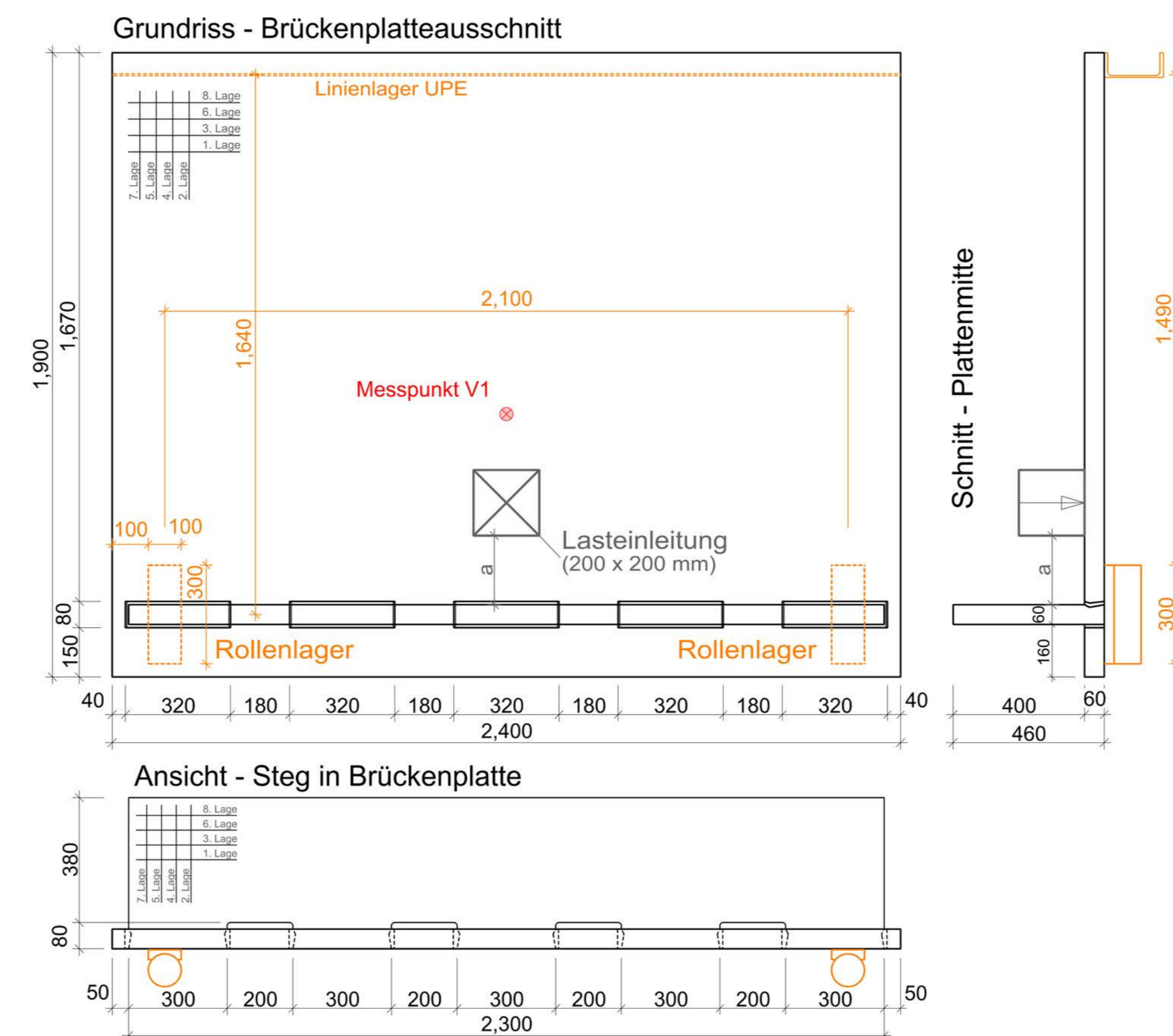
Geforderte Last für Unterhaltsfahrzeug:

Norm DIN EN 1991-2:2010: 40 kN $Y_G = 1.35$,
Lastfläche 200 x 200 mm

Norm SIA 261:2020: 10 kN $Y_G = 1.50$,
Lastfläche 100 x 100 mm



Geometrie Probekörper



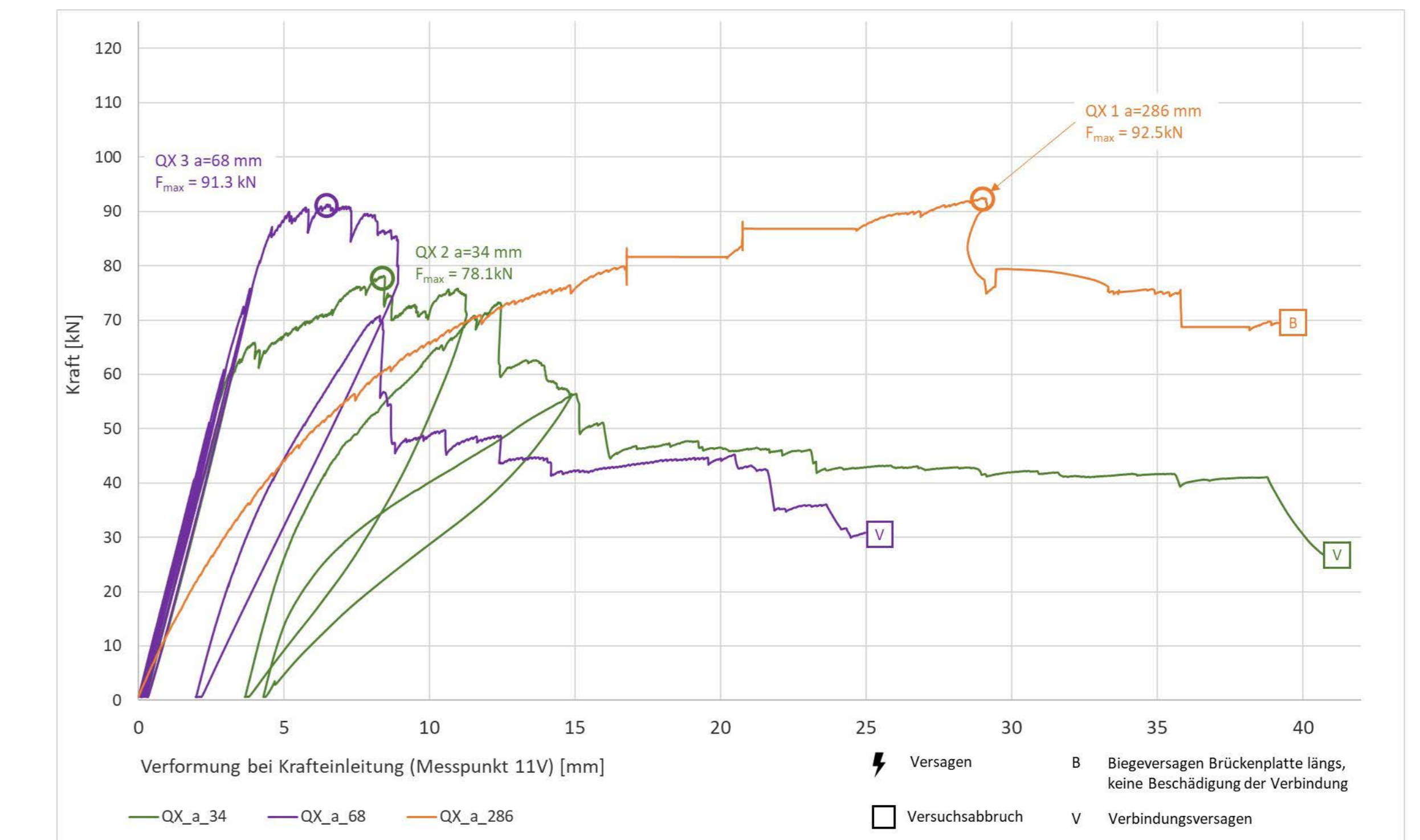
Punktlager



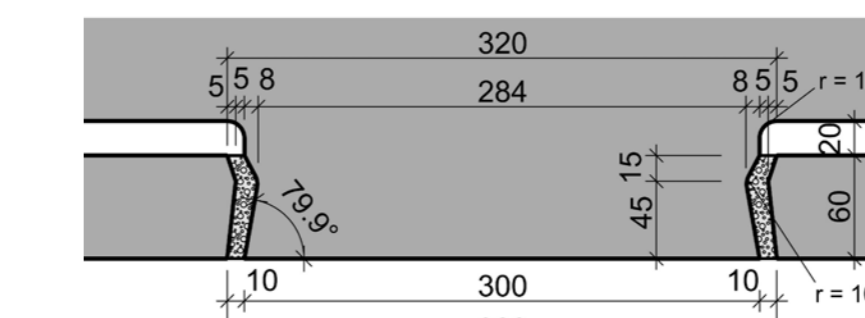
Lasteinleitung

Versuchsauswertung

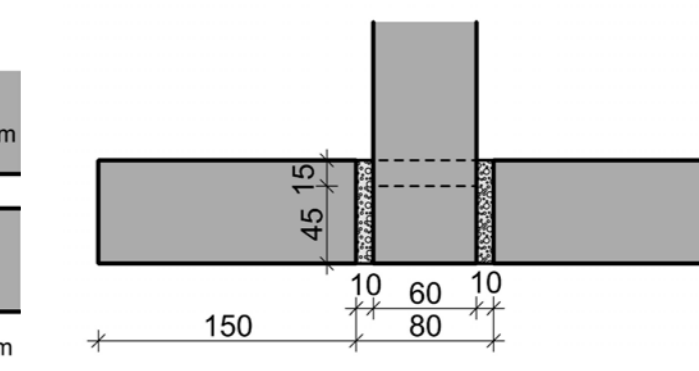
Kraft/Weg - Diagramm - Kappa QX



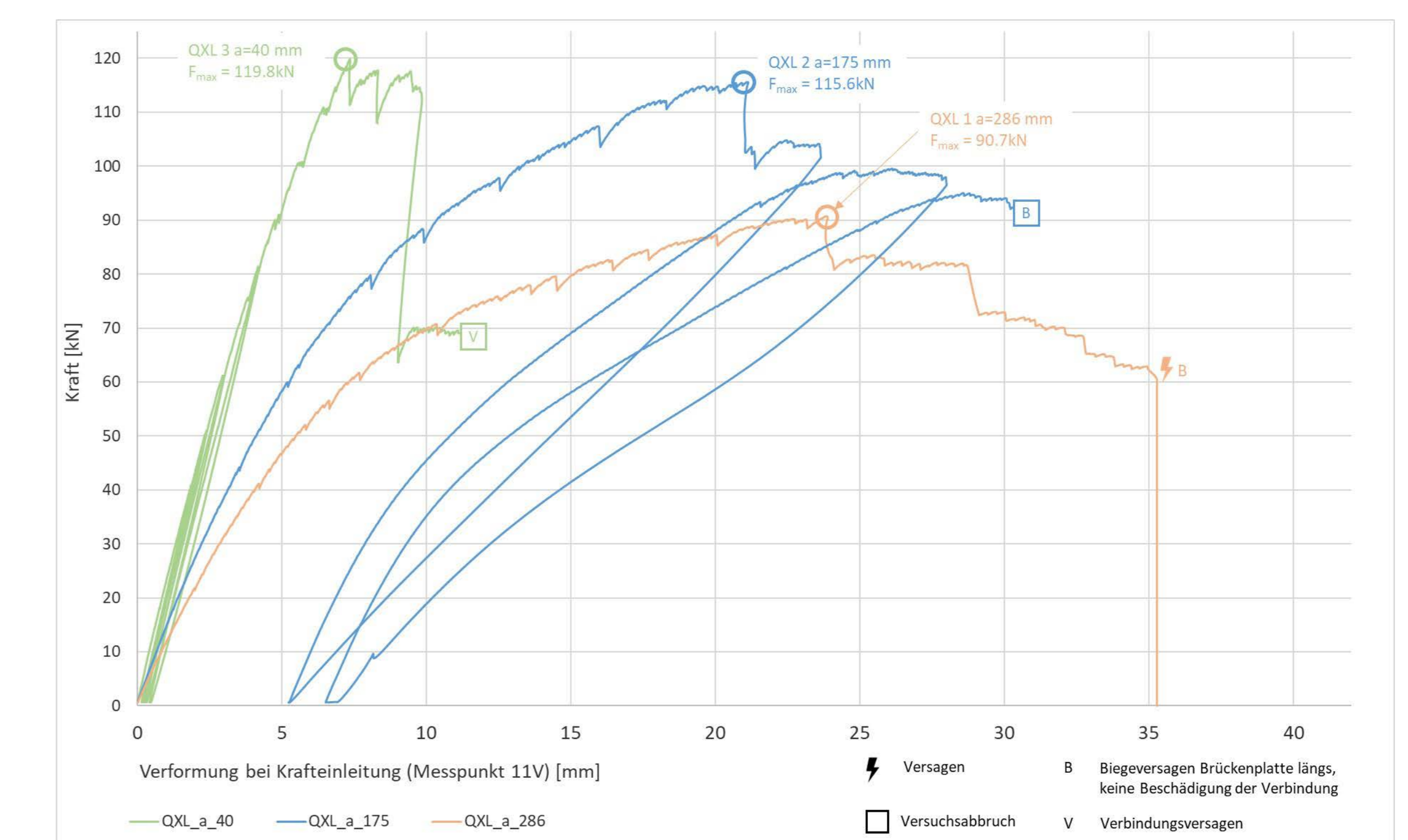
Verbindungsdetail - Kappa QX
Längsschnitt



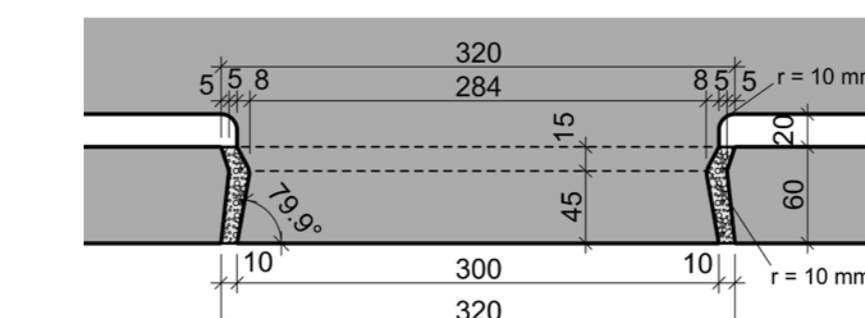
Querschnitt



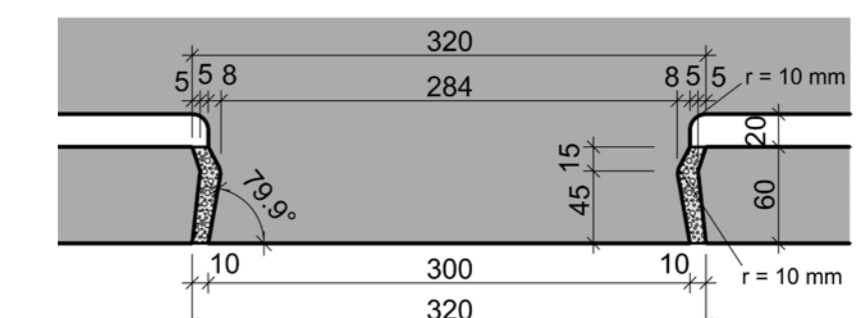
Kraft/Weg - Diagramm - Kappa QXL



Verbindungsdetail - Kappa QXL
Längsschnitt



Verbindungsdetail - Kappa QX
Längsschnitt

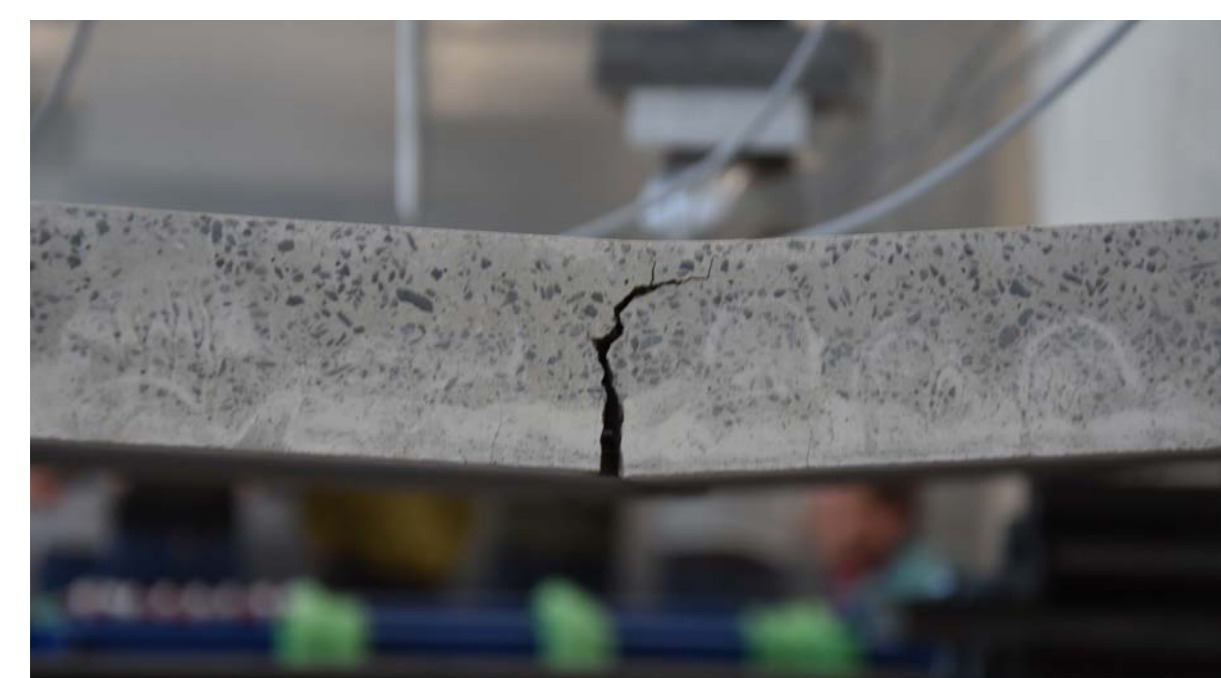


Bisherige Versagensbilder

Probekörper V1_1

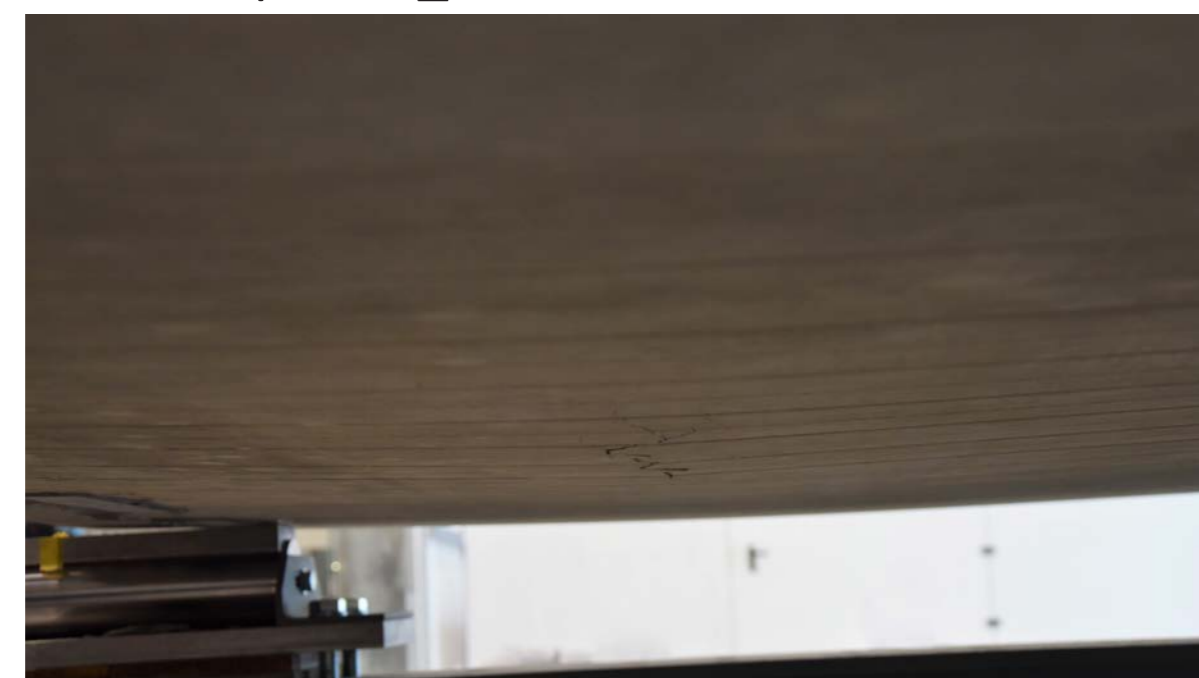


Bruchbild kurz vor Versagen

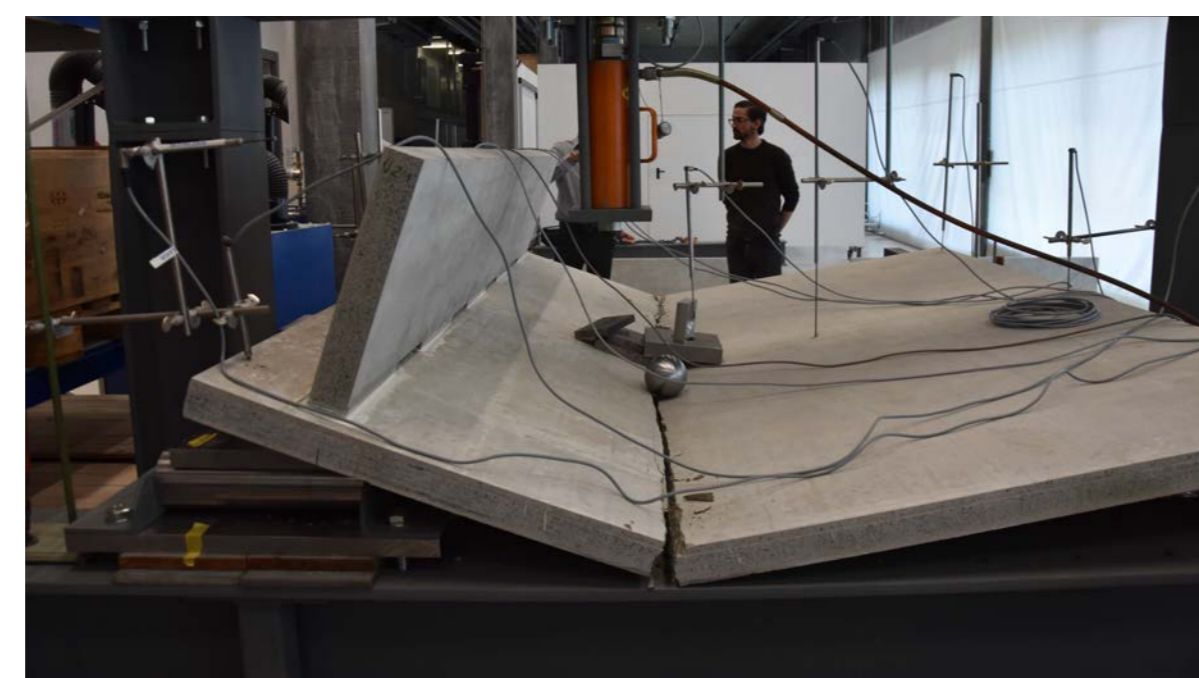


Versagensbild

Probekörper V2_1



Bruchbild kurz vor Versagen

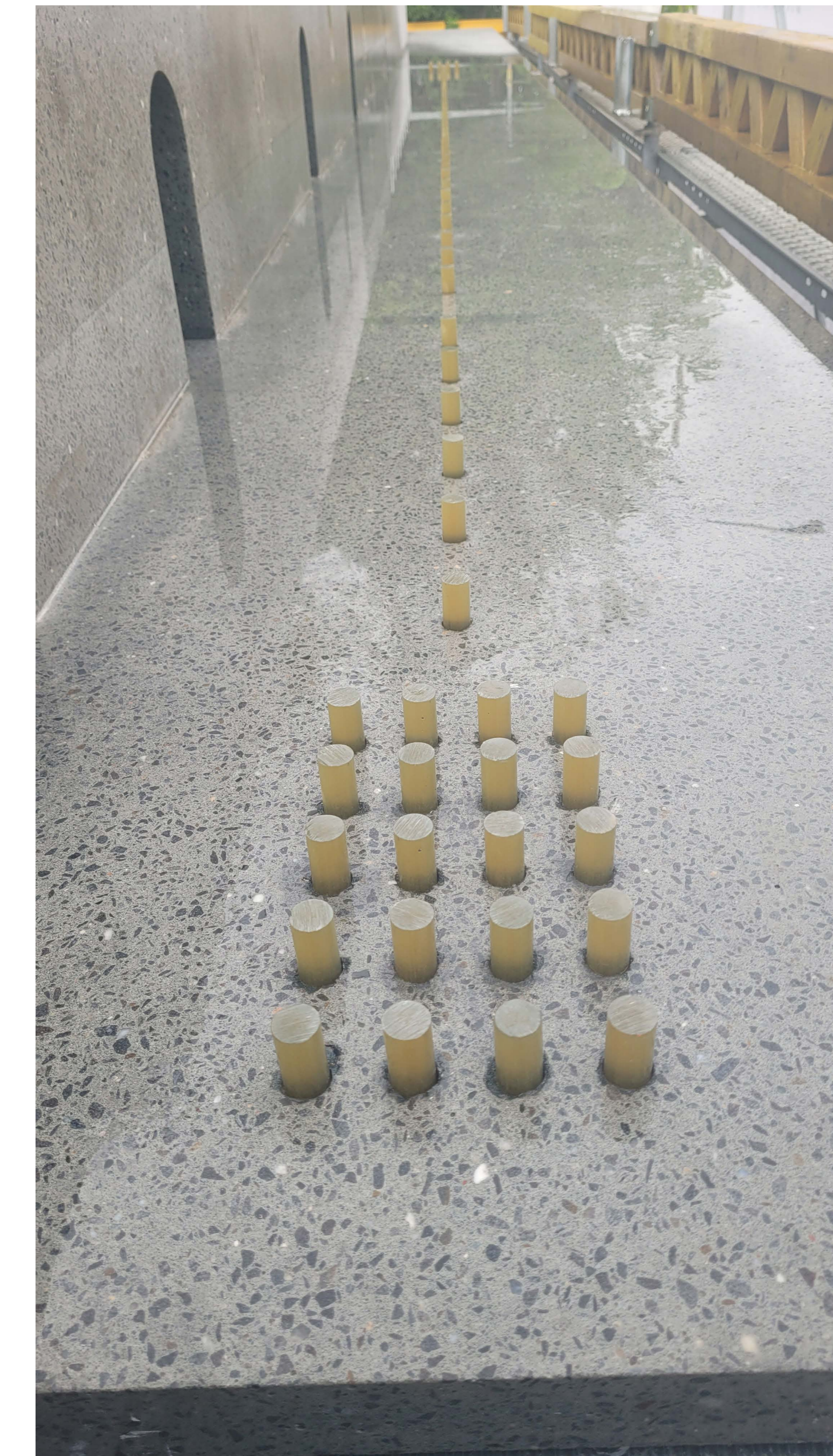


Versagensbild

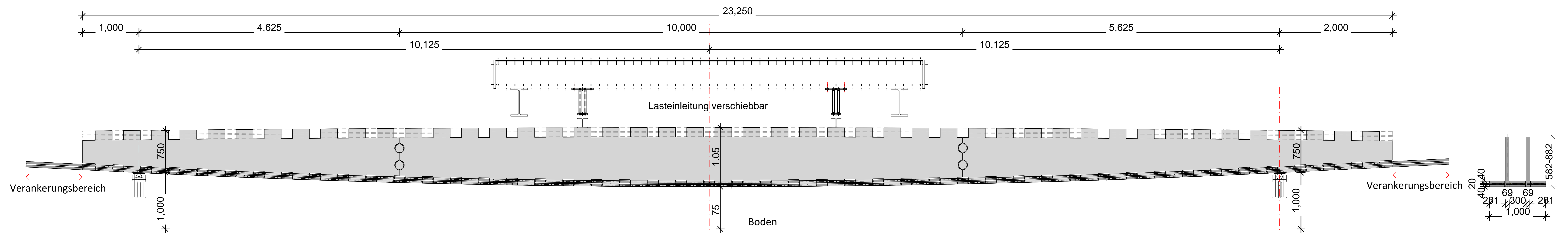
Versuchsaufbau Kraftaufnahme Verbindung



Brückensysteme Strassenbrücke

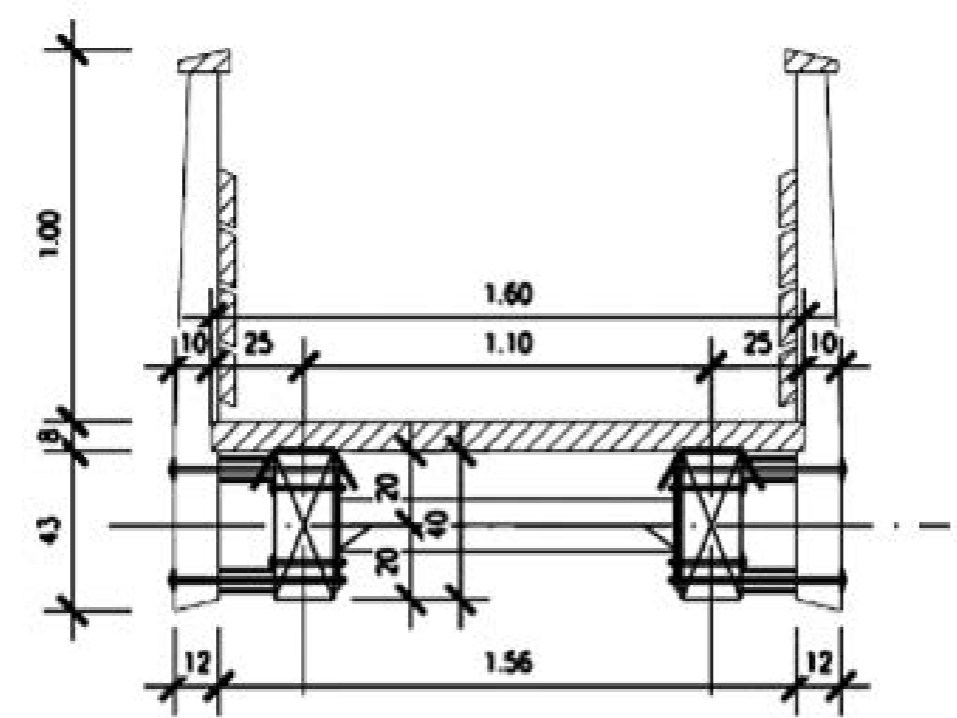
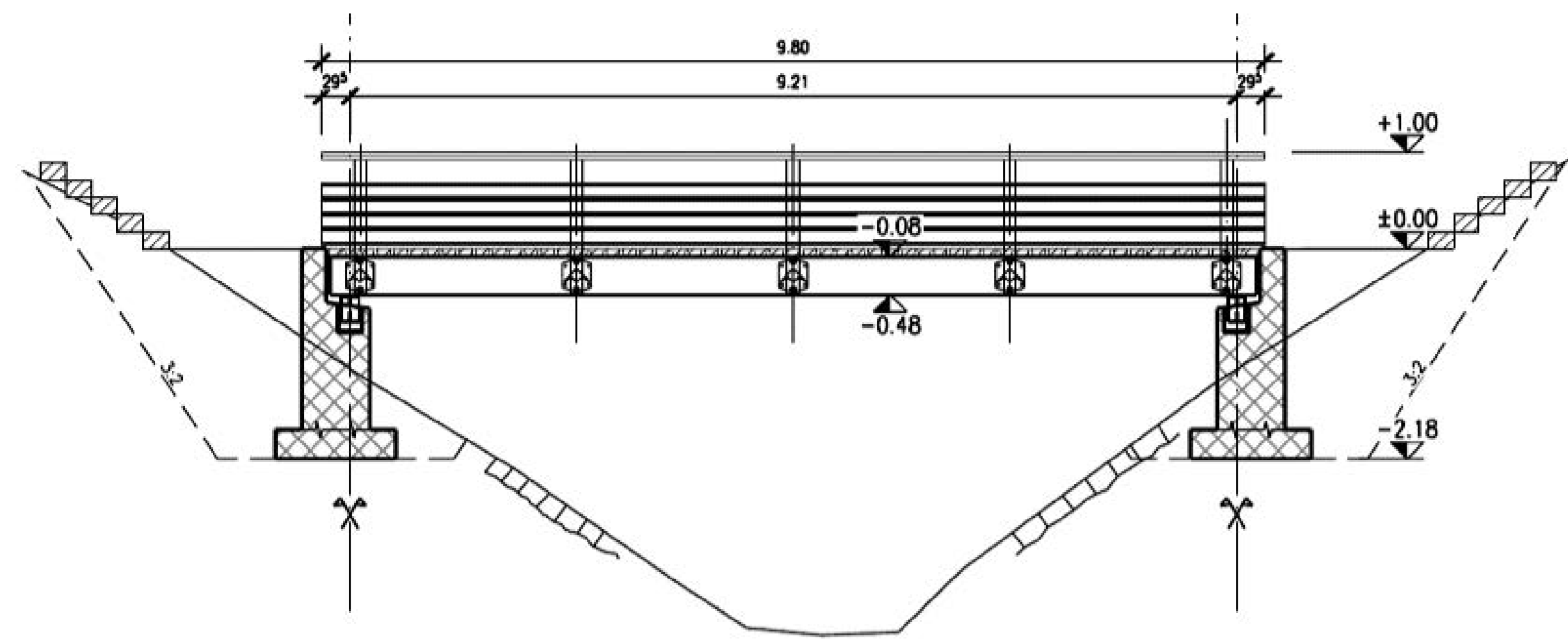


Grossversuch

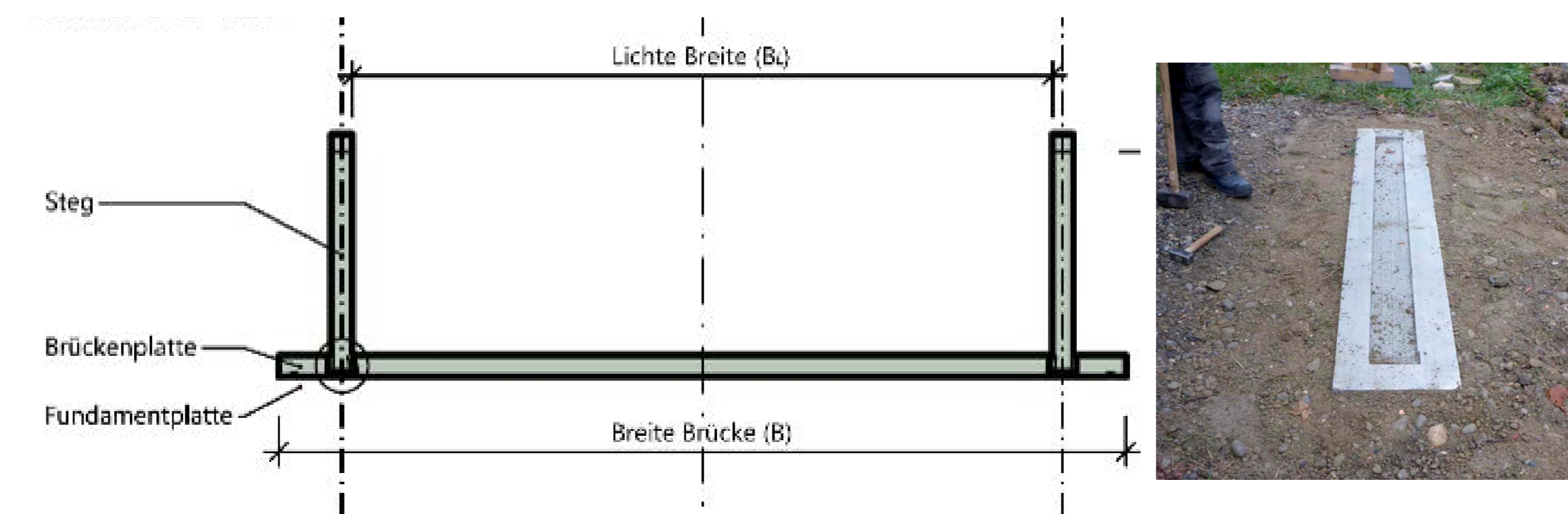
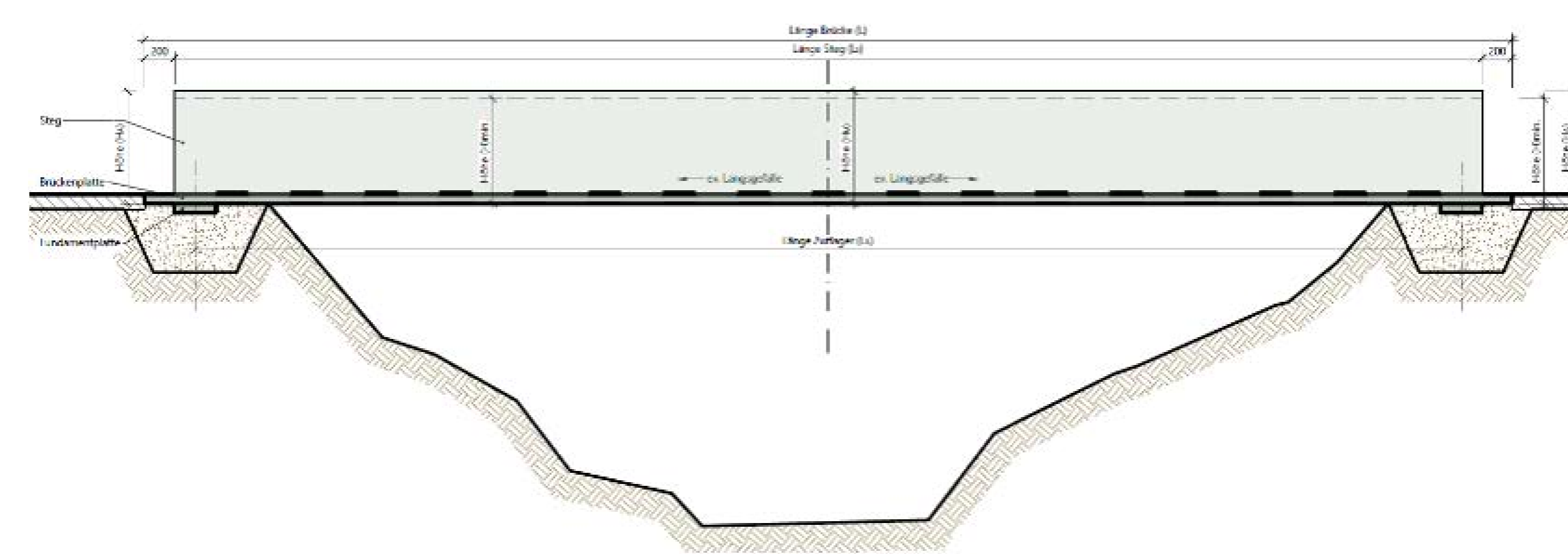


Brückensysteme Leicht, schnell und Grün

Konventionelle Brücke



CPC-Brücke



Nachhaltigkeit

	Brücke mit neuen Widerlagern		Brücke auf bestehende Widerlagern	
	kg CO ₂		kg CO ₂	
Stahlbeton	10210	100%	7830	100%
Stahl mit swissfiber Belag	8840	85%	6680	85%
Stahl mit Gitterrost	6080	60%	3890	50%
Holz	5600	55%	2070	25%
CPC	1440*	15%	1130	15%

*: bei der CPC-Brücke mit neuen Widerlagern ist berücksichtigt, dass die Brücke 2 m länger wird als konventioneller Bauweise.



1. Aushub und Kieskoffer (kein Beton notwendig)



2. Fundamentplatte: kein Betonwiderlager, nur dünne Auflagerplatten



3. Setzung der Brückenplatte



4. Verbindung Brücke mit Auflager



5. Sicherung der fertigen Brücke nach einen Arbeitstag auf der Baustelle



6. Brücke im fertigen Zustand



8 m Spannweite



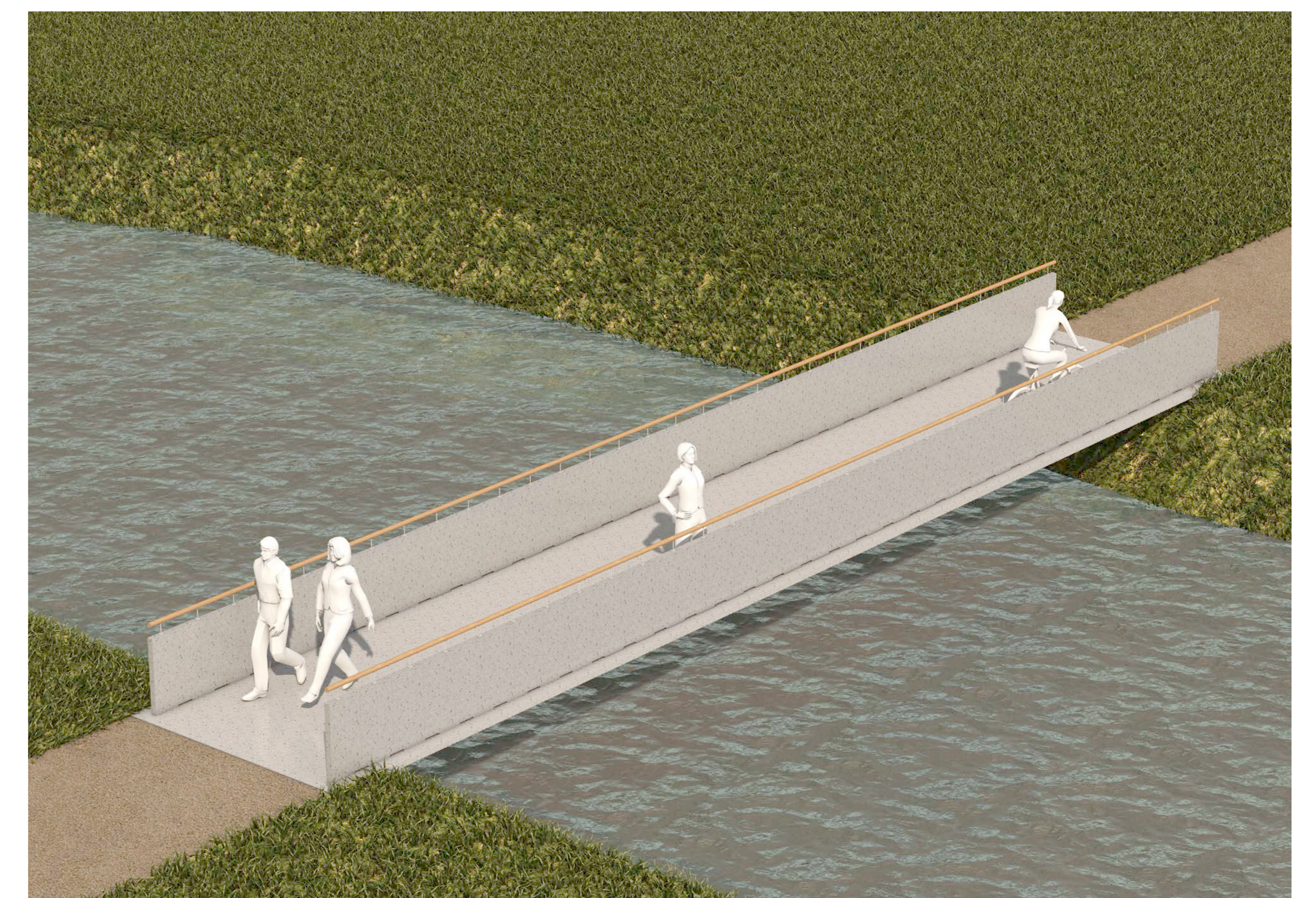
Querschnitt



Längsschnitt



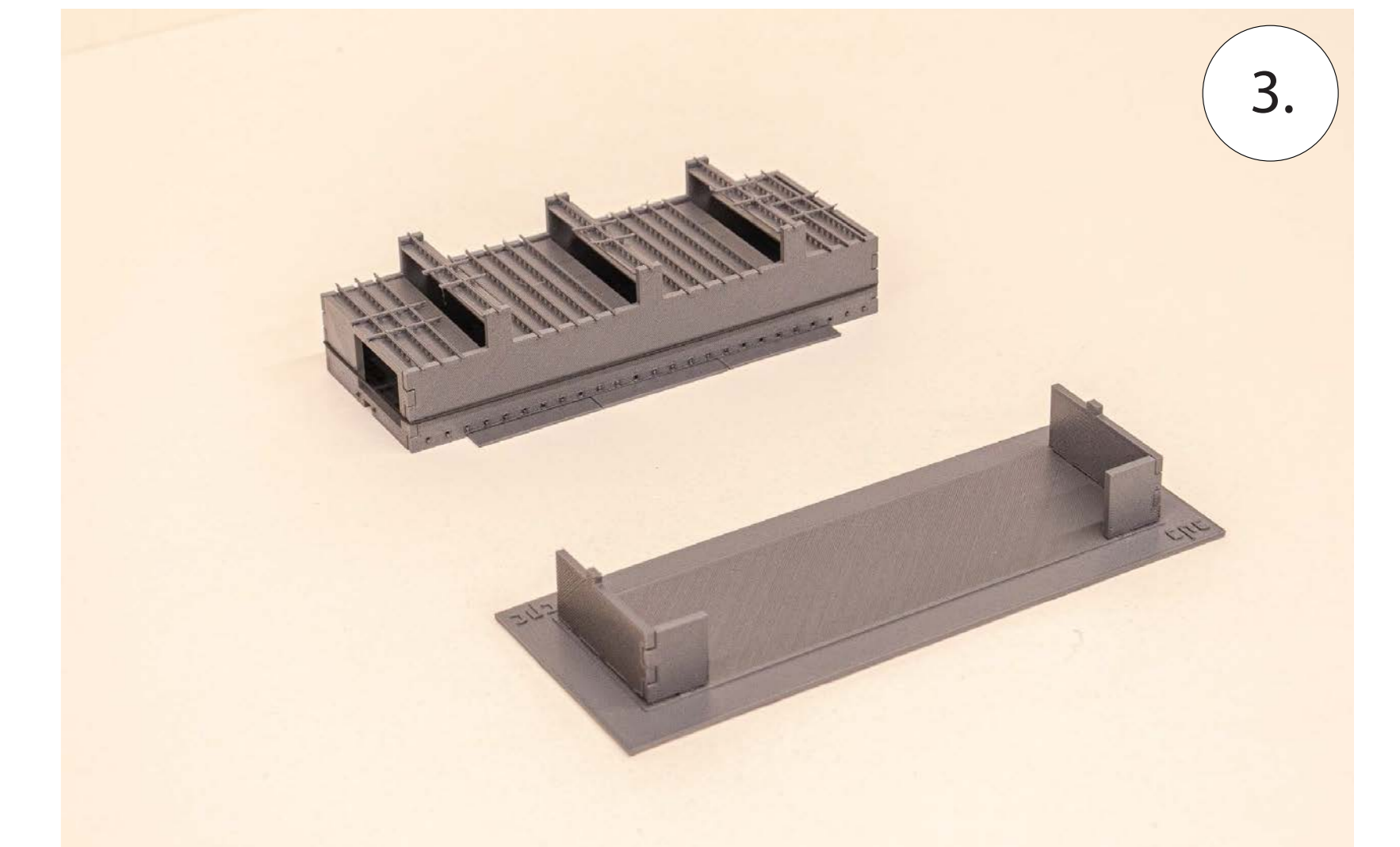
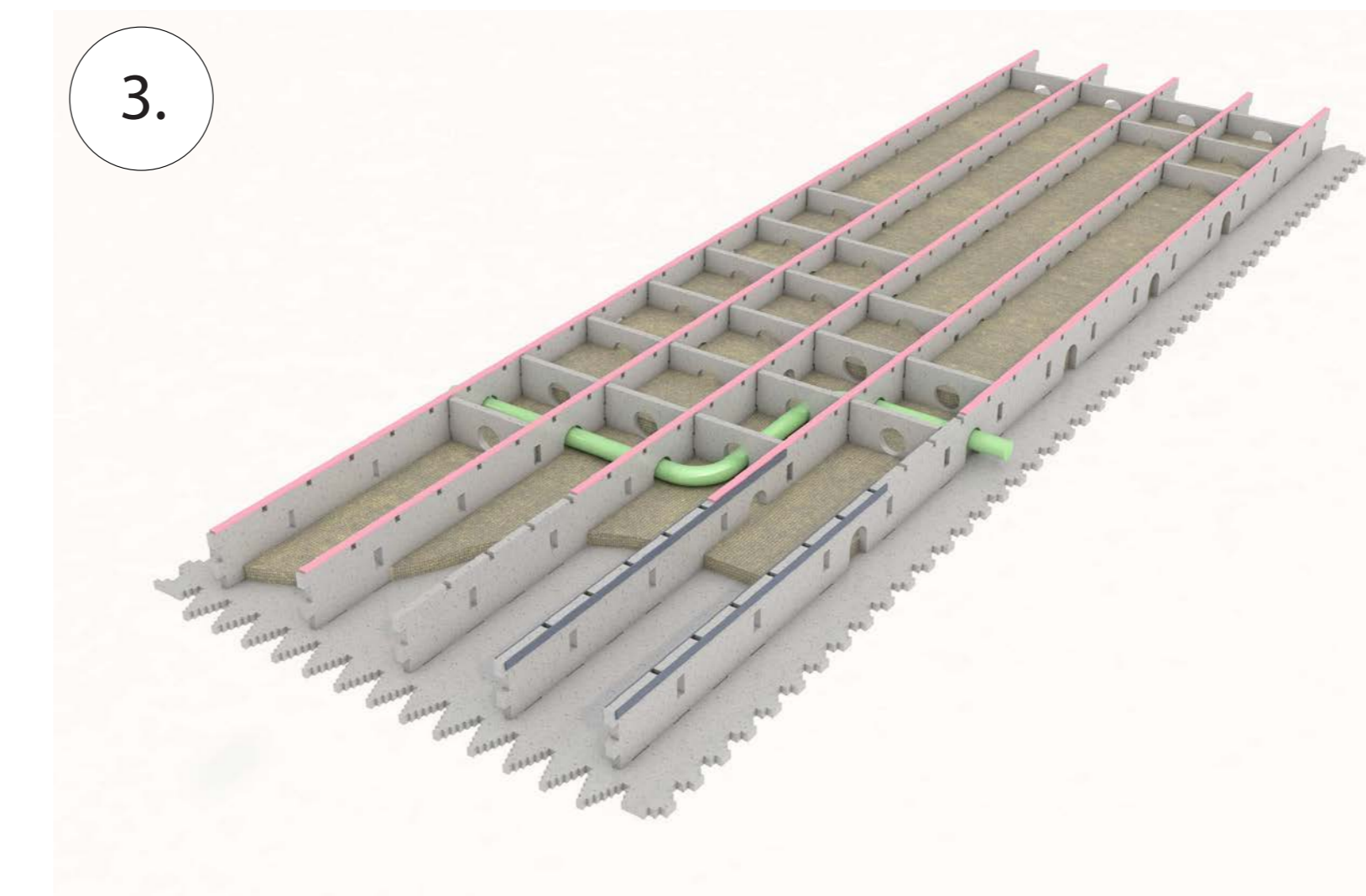
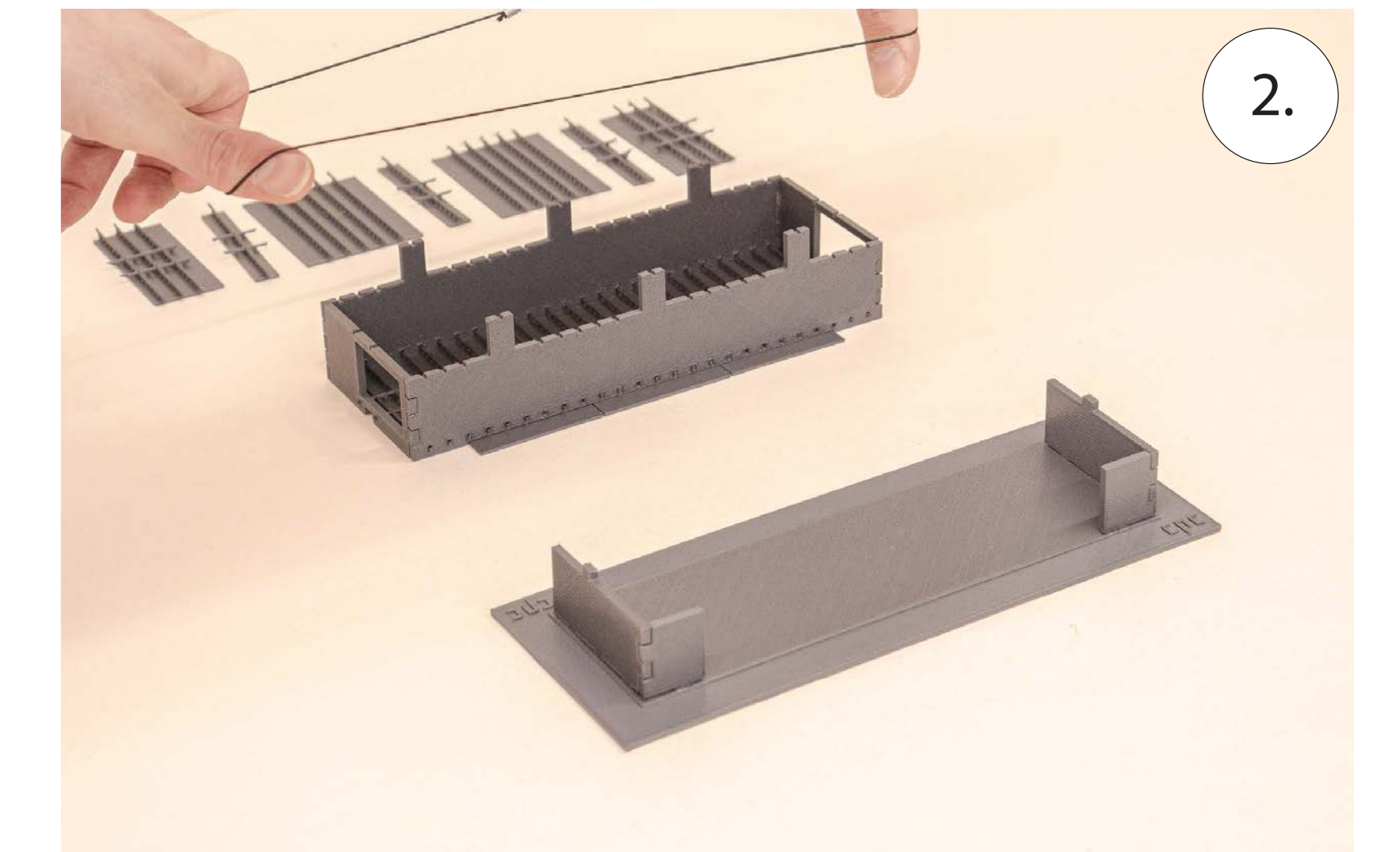
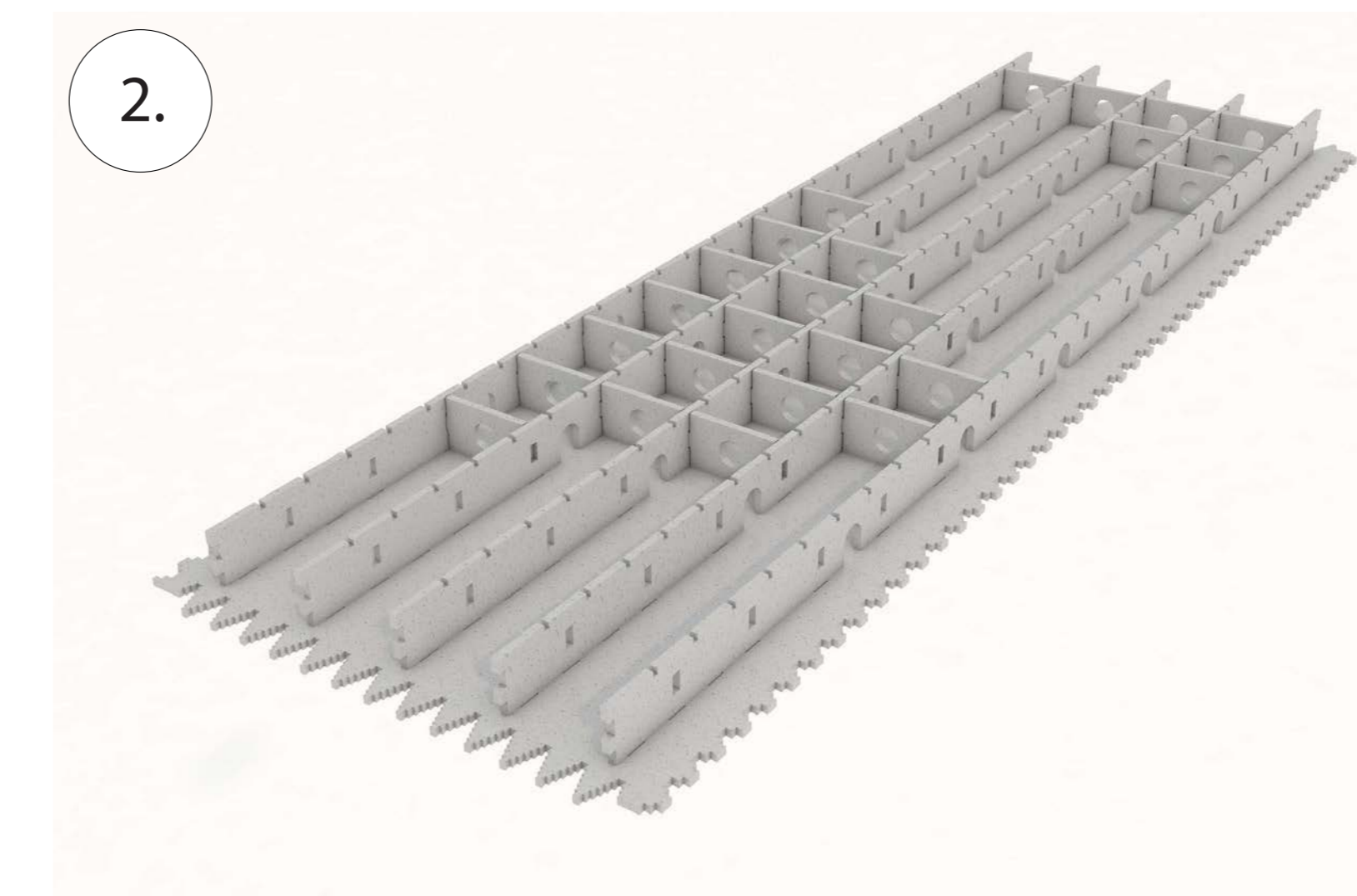
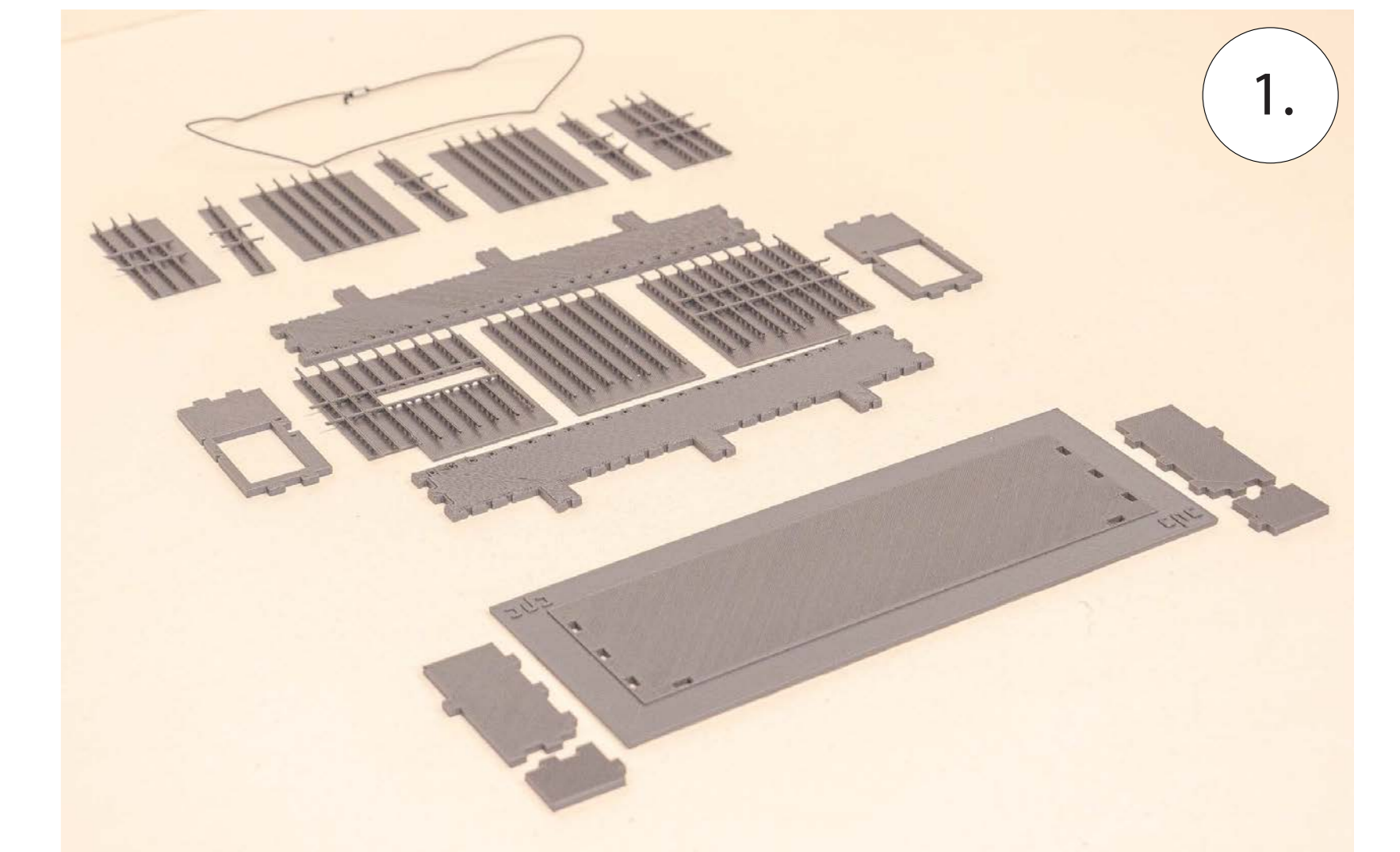
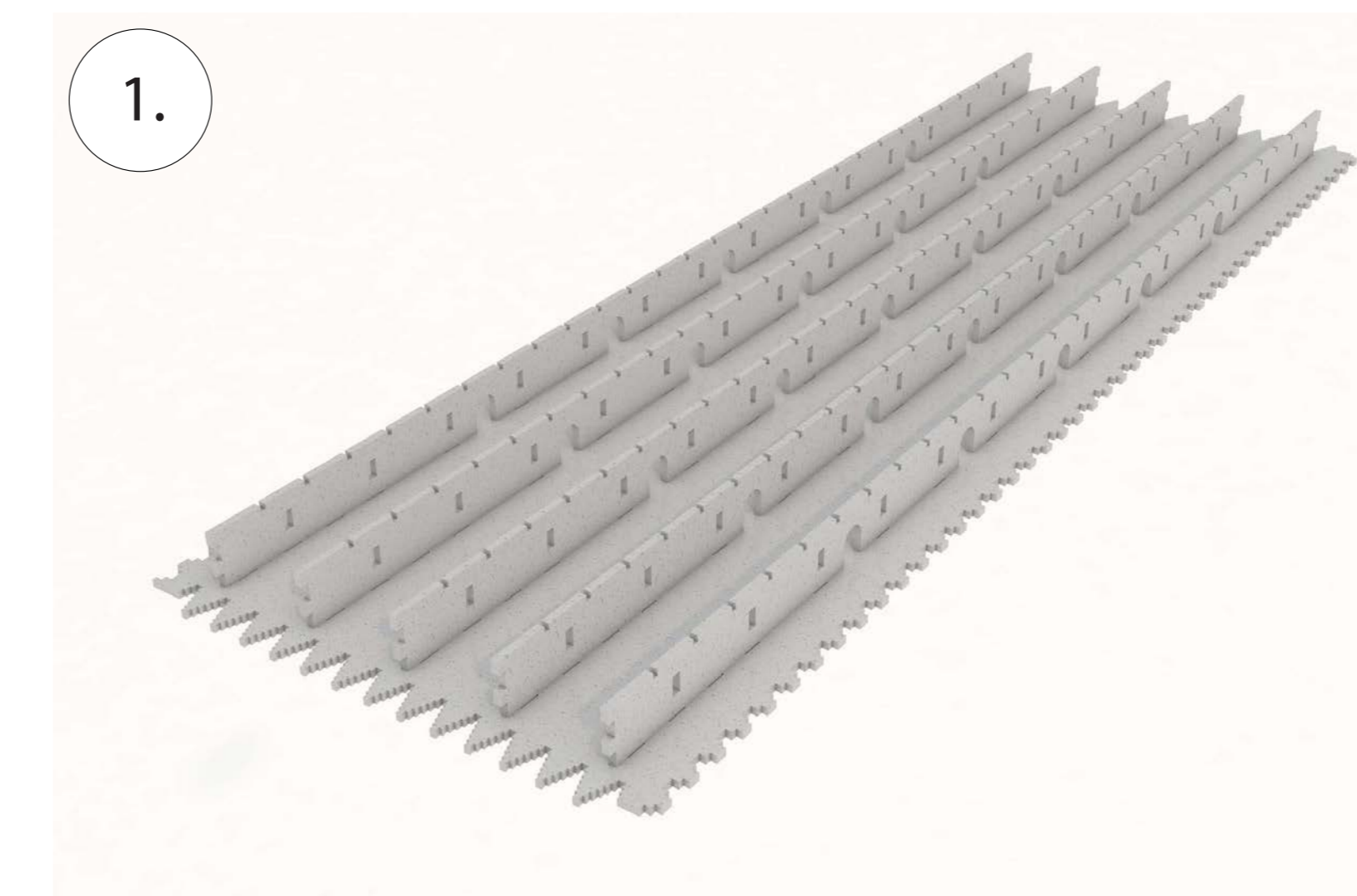
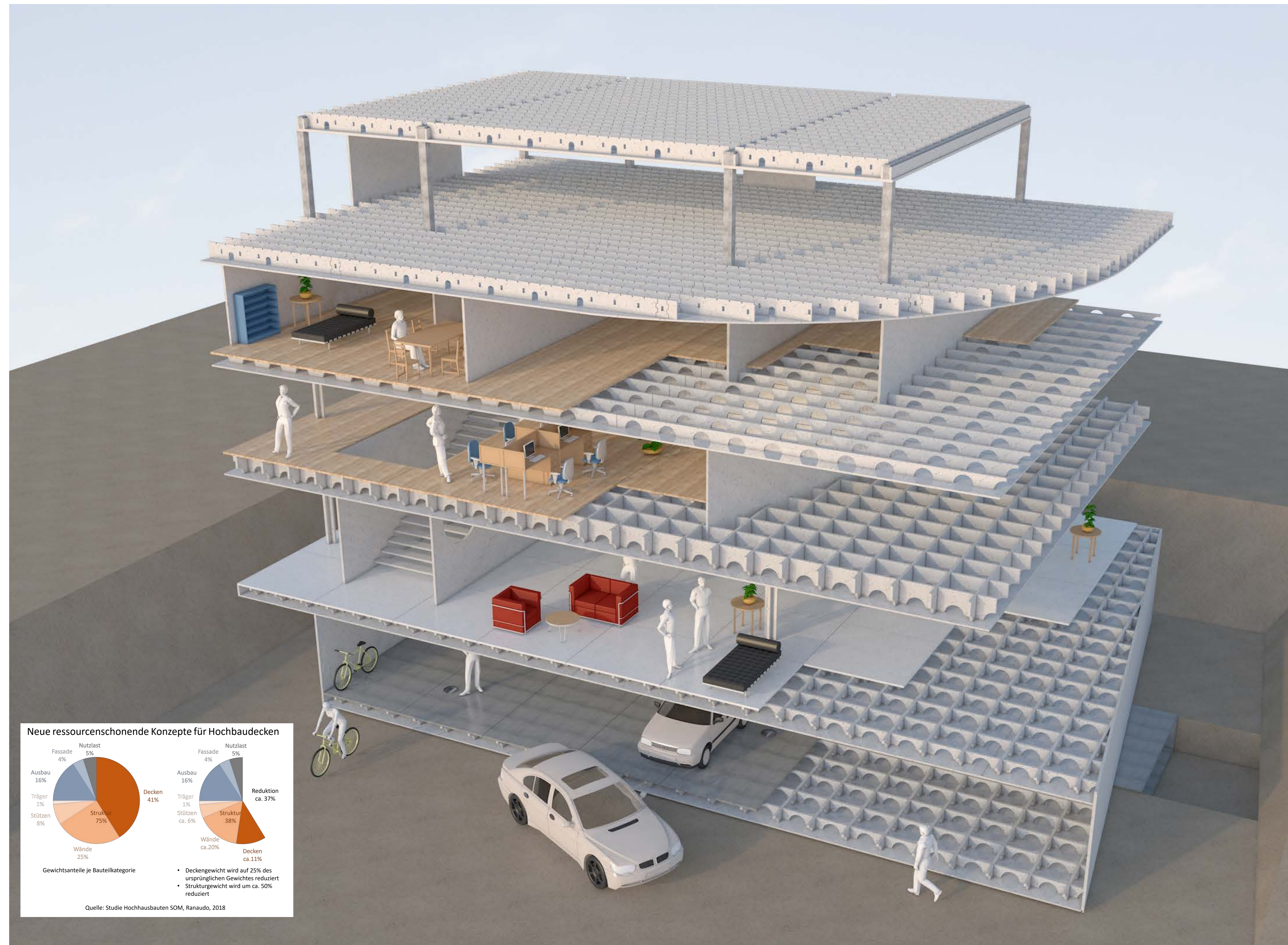
Optima-Brücke an der Swissbau - 17 m Spannweite



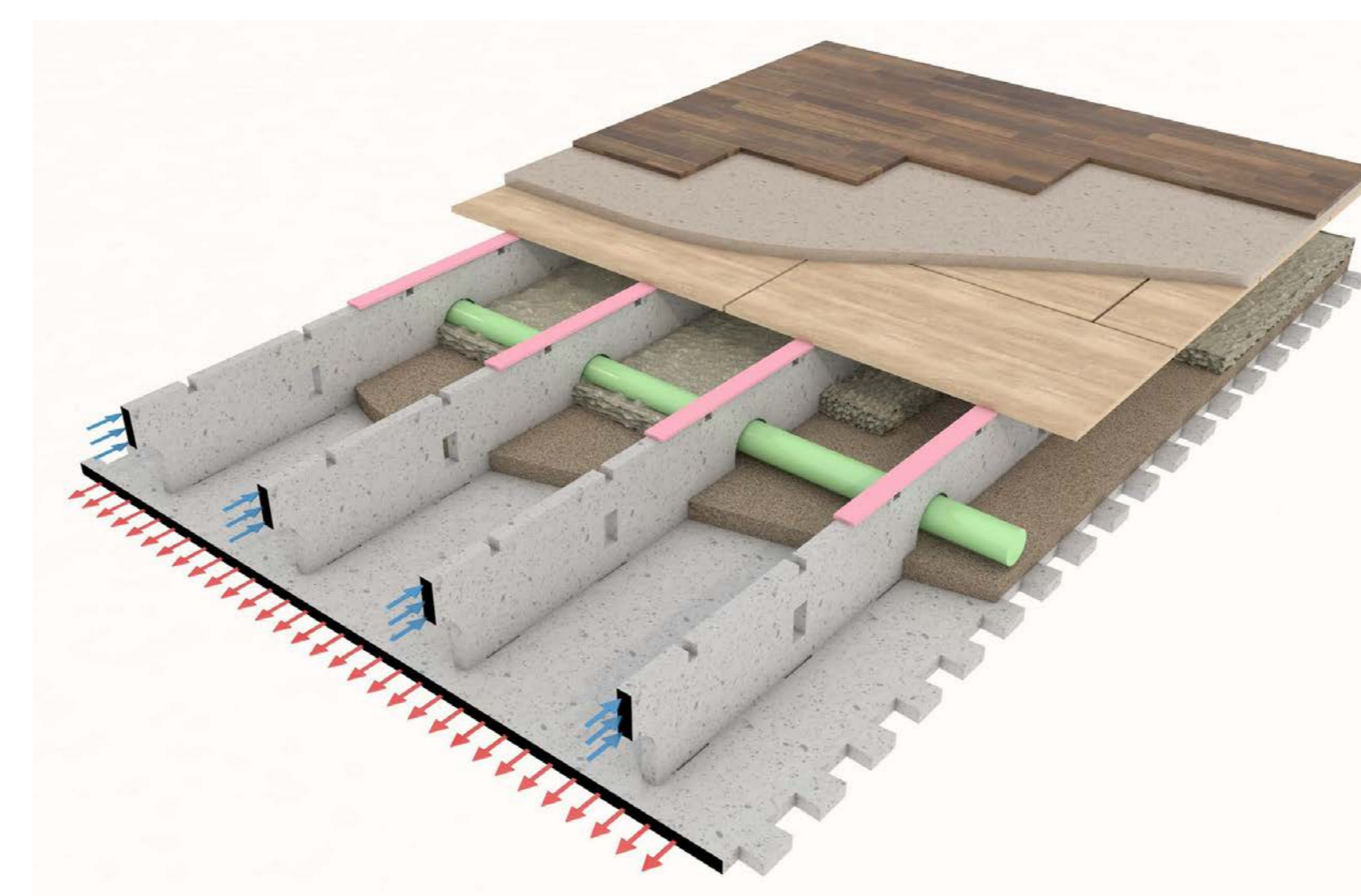
Spannweite 16 m

CPC-Hochbau: Konstruktion und Nachhaltigkeit

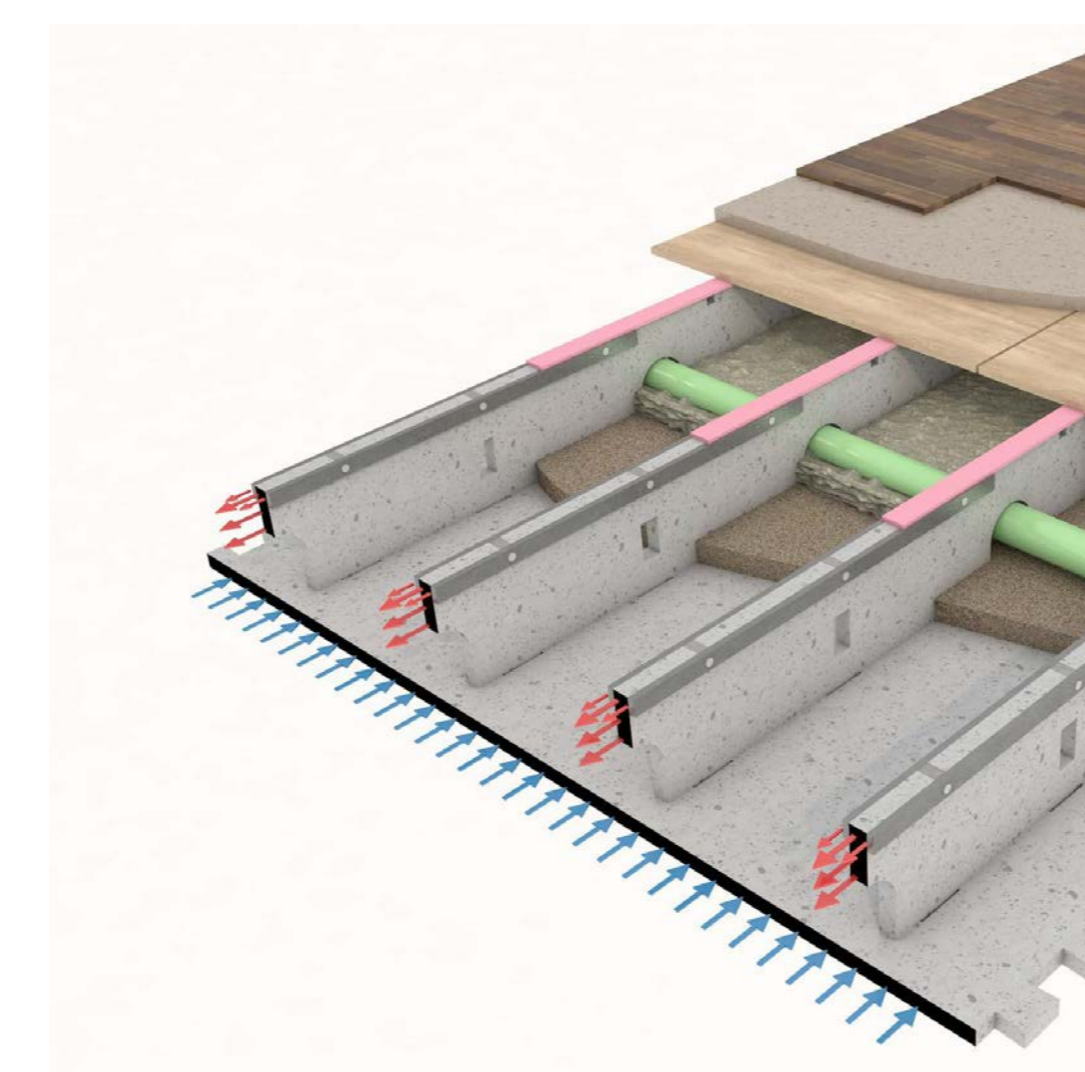
Bauen leicht gemacht



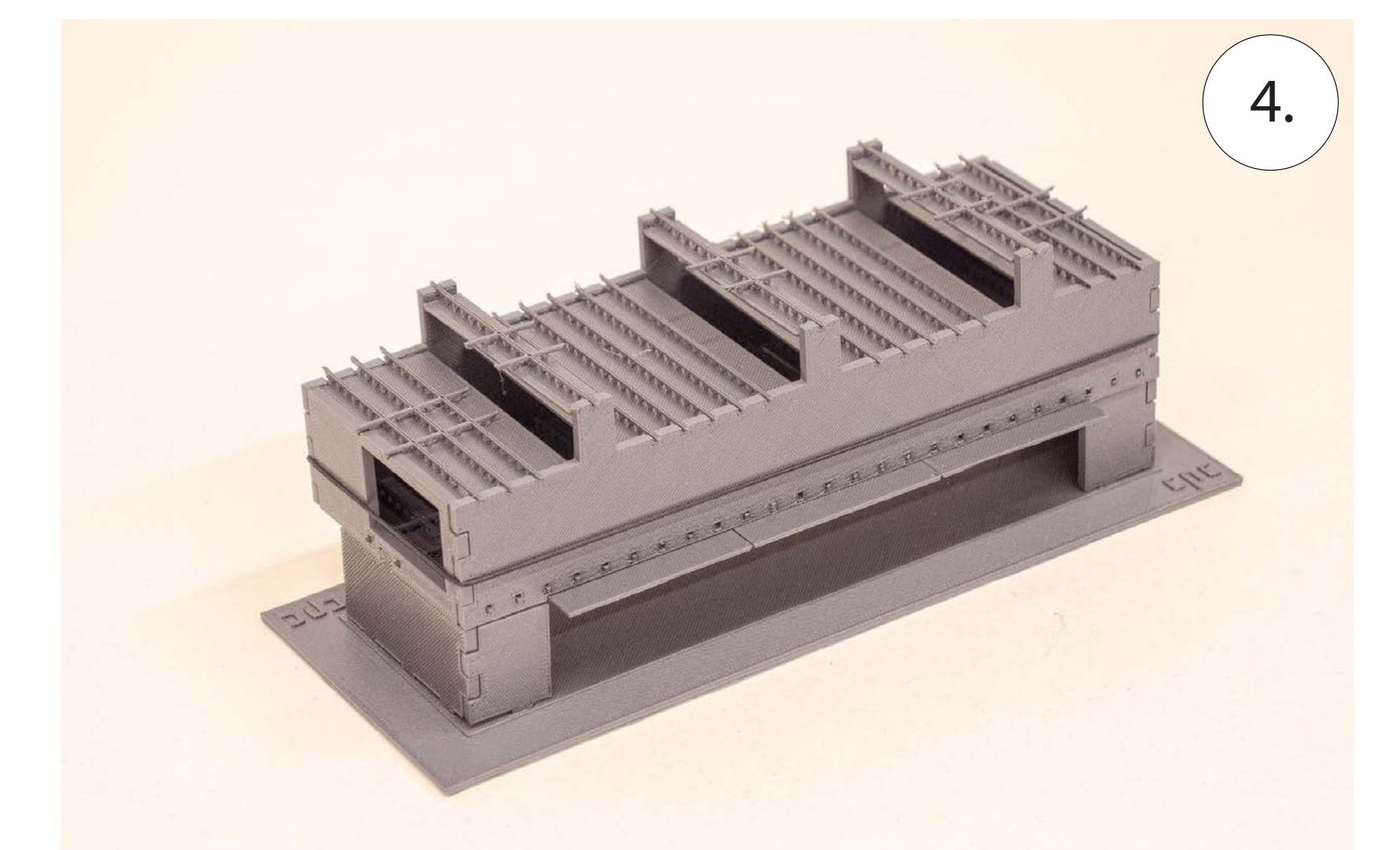
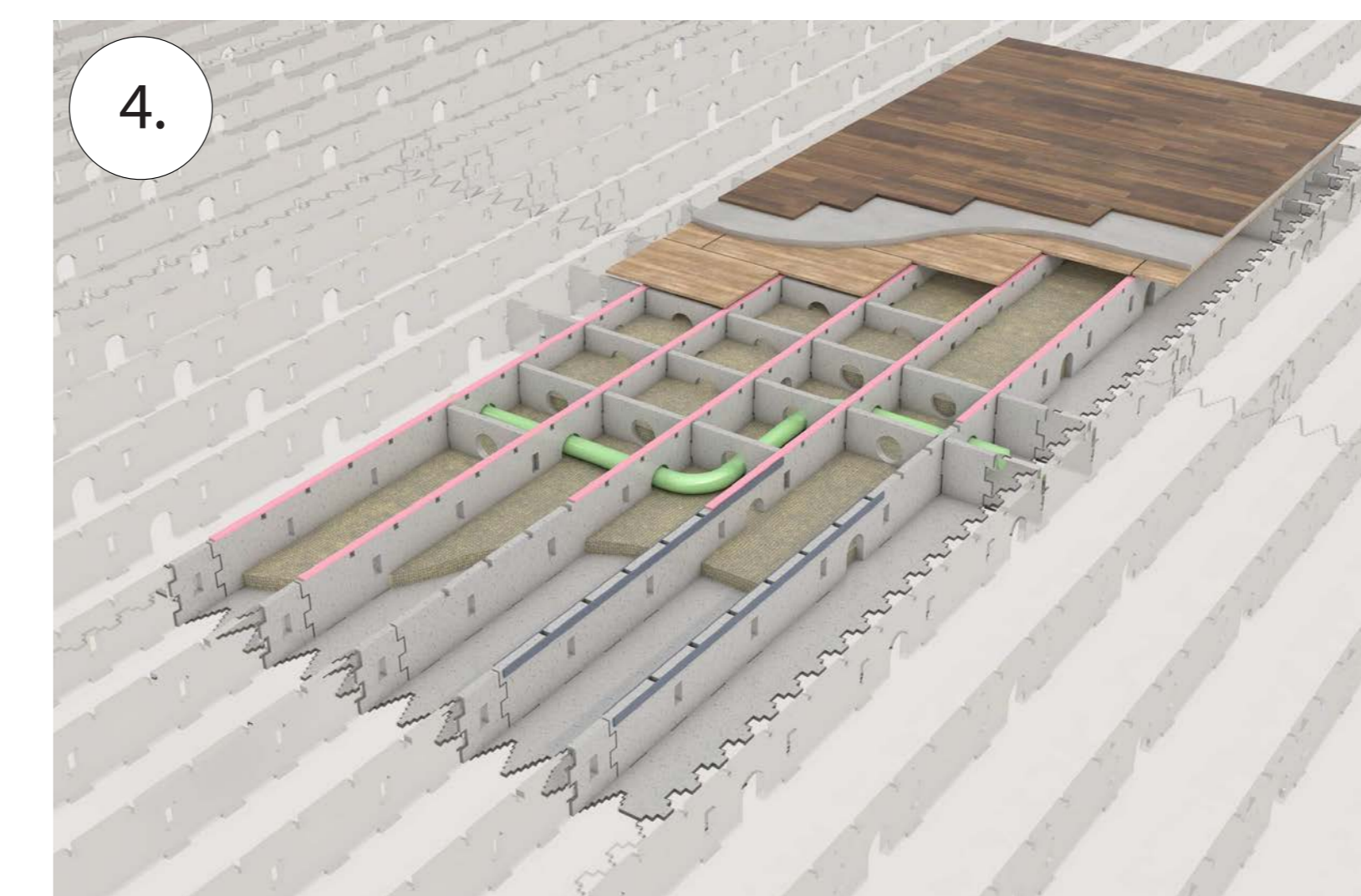
Mock-Up Deckensysteme - Werkstückhalle / ZHAW



Statisches Prinzip für positive Momente



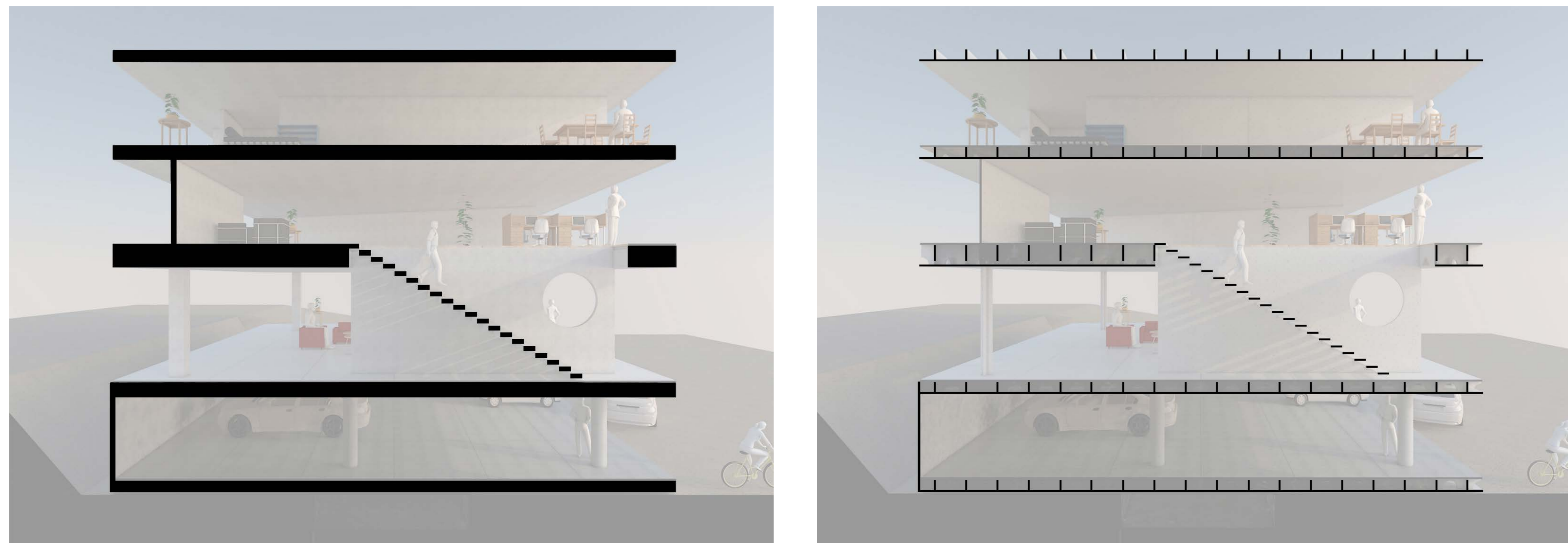
Statisches Prinzip für negative Momente



CPC-Hochbau: Konstruktion und Nachhaltigkeit

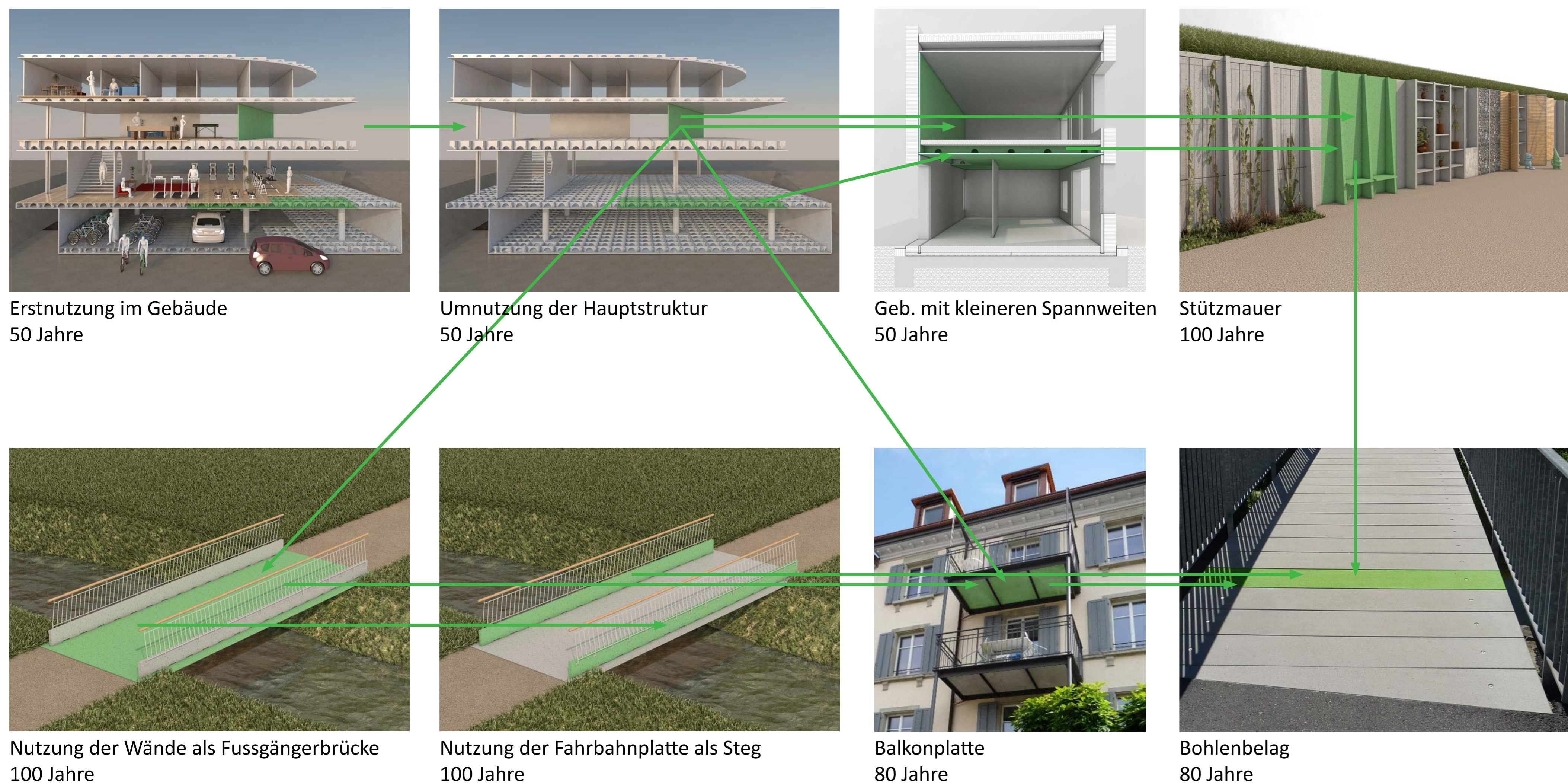
Die Zukunft des Bauens

Reduce



Deckengewicht um ca. 75% reduziert
 Strukturgewicht um ca. 50% reduziert (Betonmasse)
 Gesamtgewicht um ca. 37% reduziert

Reuse



Erstnutzung im Gebäude
50 Jahre

Umnutzung der Hauptstruktur
50 Jahre

Geb. mit kleineren Spannweiten
50 Jahre

Stützmauer
100 Jahre

Nutzung der Wände als Fussgängerbrücke
100 Jahre

Nutzung der Fahrbahnplatte als Steg
100 Jahre

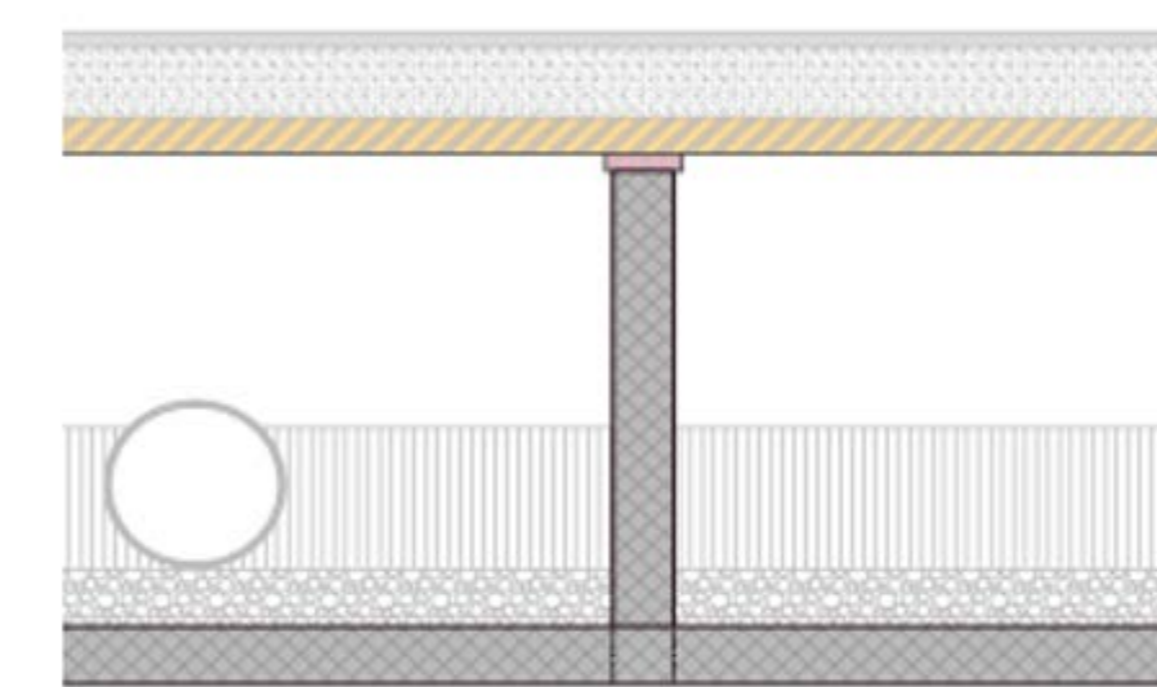
Balkonplatte
80 Jahre

Bohlenbelag
80 Jahre

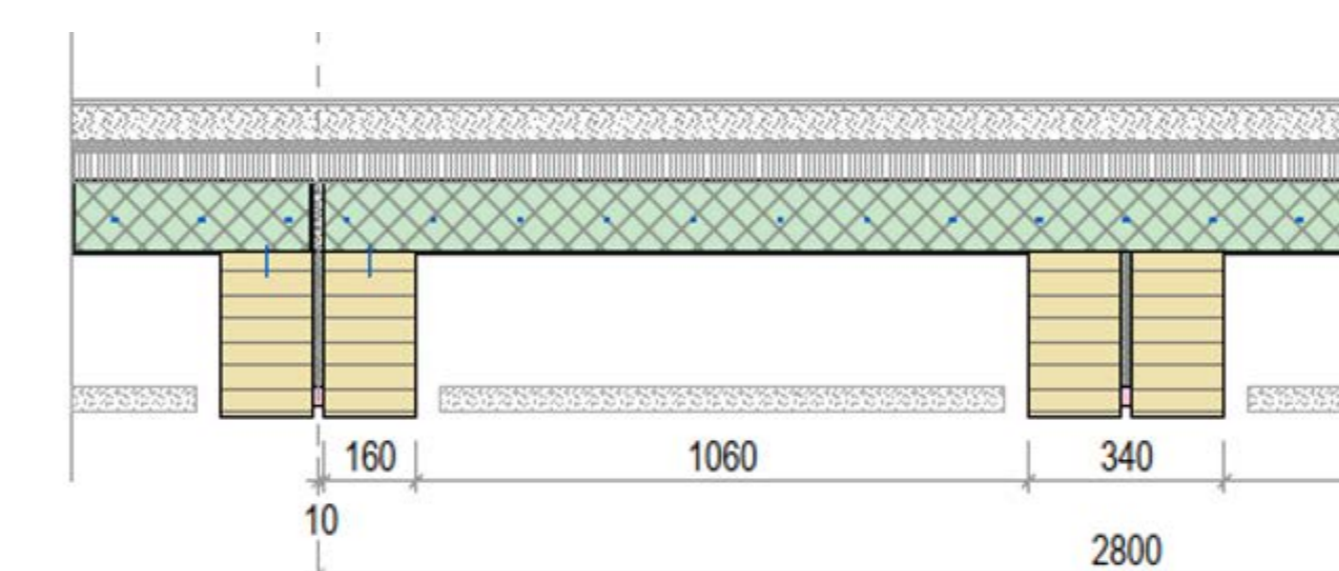
Lebensdauer der CPC-Platte bis zu 500 Jahre

EPD-Berechnung

CPC (Rippendecke)



HBV (Holz-Beton-Verbunddecke)



Hochbaudecken

Im Folgenden wird ein Beispiel anhand einer CPC-Hochbaudecke aufgezeigt. Dazu wird aus den beiden Umwelt-Produktdeklarationen die Indikatoren der Produktionsstadien herangezogen.

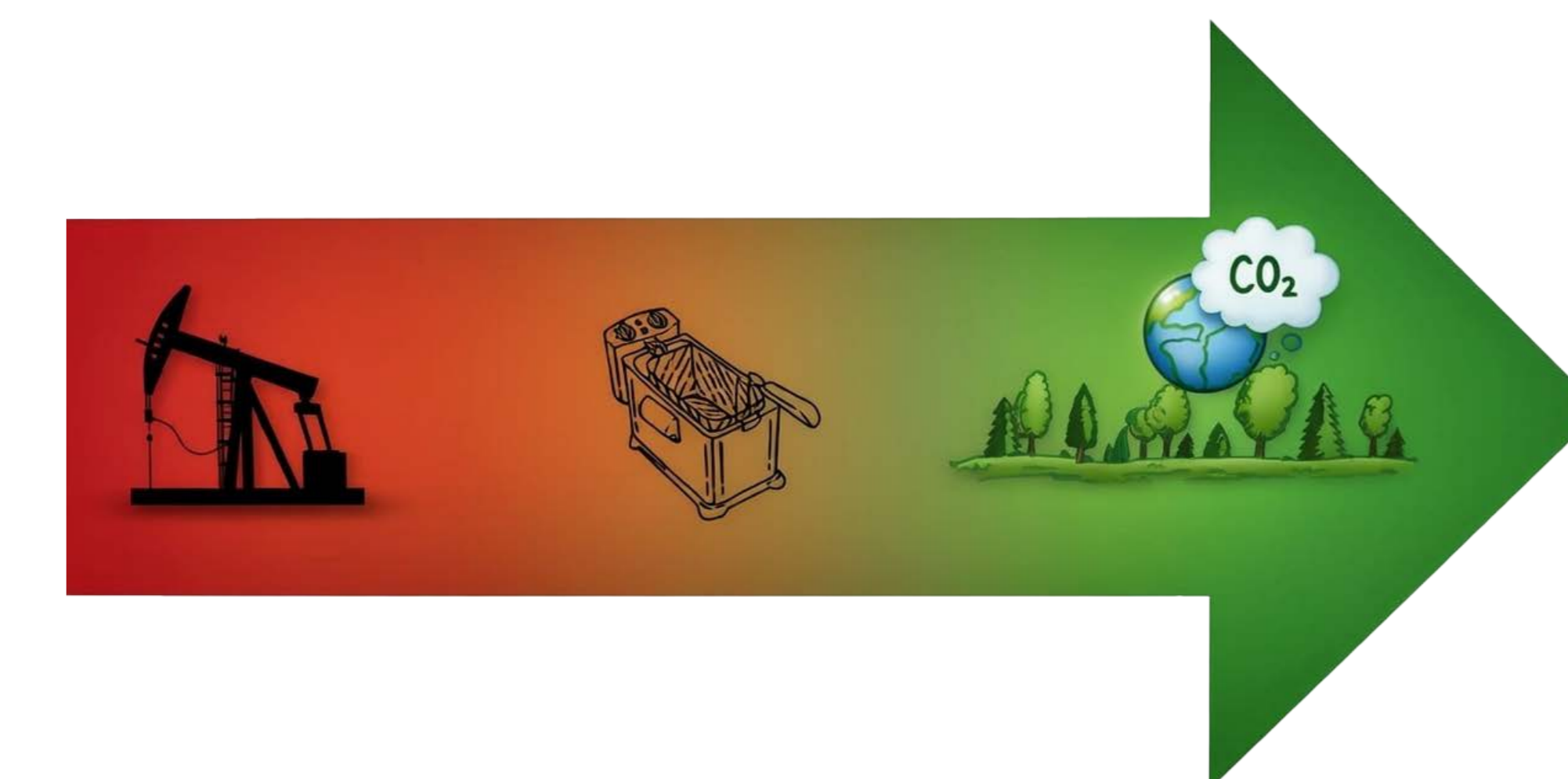
Aus diesen Werten kann anschliessend eine Vergleichstabelle mit unterschiedlichen Baustoffen und ihrer Umweltbelastung erstellt werden.

Verglichen werden Stahlbetone, Holzbetonverbundbau (HBV) und CPC anhand einer vergleichbaren Hochbaudecke mit einer Spannweite von 8 m.

Tabelle 7-4: Vergleichstabelle von unterschiedlichen Baustoffen und ihrer Umweltbelastung

	Stahlbeton	Stahlbeton, Holcim Susteno 4	HBV	CPC
Deckenstärke [mm]				
Tragwerk	300 100%	300 100%	460 153%	398 133%
Deckensystem komplett	395 100%	395 100%	610 154%	480 121%
Gewicht [kg/m ²]				
Tragwerk	720 100%	721 100%	319 44%	152 21%
Deckensystem komplett	871 100%	841 97%	488 56%	319 37%
EPD [kgCO ₂ /m ²]				
Tragwerk	105 100%	87 83%	55 53%	52 49%
Deckensystem komplett	138 100%	120 87%	101 73%	94 68%
kgCO ₂ -eq/Jahr Tragwerk	1.73 100%	1.45 84%	0.92 53%	0.85 49%

Mit nur ca. 50% des CO₂-Verbrauchs, im Vergleich zu Stahlbeton, kann sich CPC mit einer klimafreundlichen Bauweise hervorheben und liegt ökologisch gesehen im Bereich einer HBV-Decke.



Was bedeutet mit CPC bauen?

HERR UND FRAU MUSTER

Schweizer*in
 ≈ 13 T CO₂-eq / Jahr (2021)

Nachhaltiger Schweizer*in
 Total = 7 T CO₂-eq / Jahr

keine Flugreisen : - 1 T CO₂-eq / Jahr
 kein Fleisch : - 2 T CO₂-eq / Jahr
 kein Auto : - 3 T CO₂-eq / Jahr

BAUINGENIEUR*IN

Planer*in
 = 1'000 T CO₂-eq / Jahr
 5'000 m² Decke pro Jahr × 200 kgCO₂-eq / m²

Nachhaltiger CPC-Planer*in
 Total = 500 T CO₂-eq / Jahr

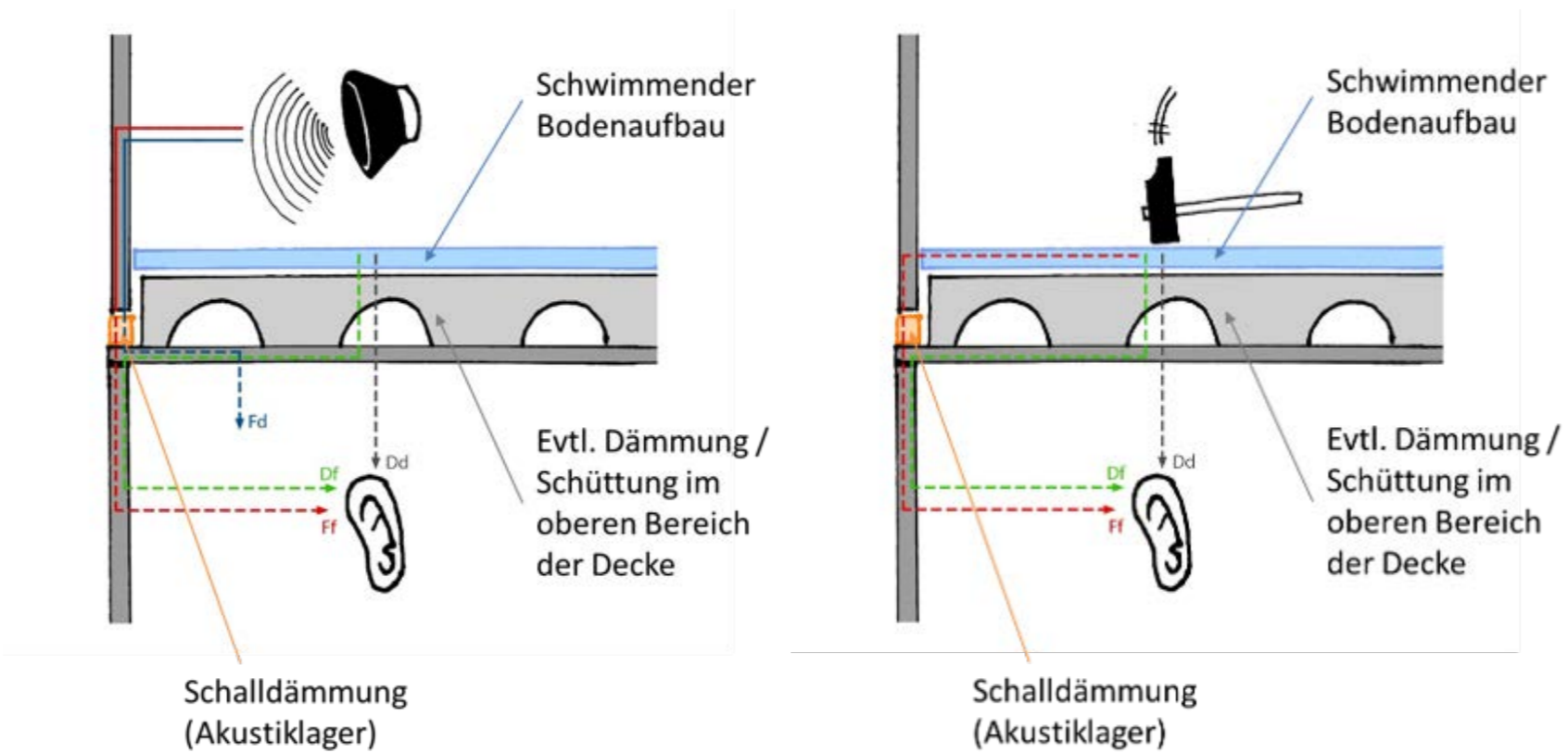
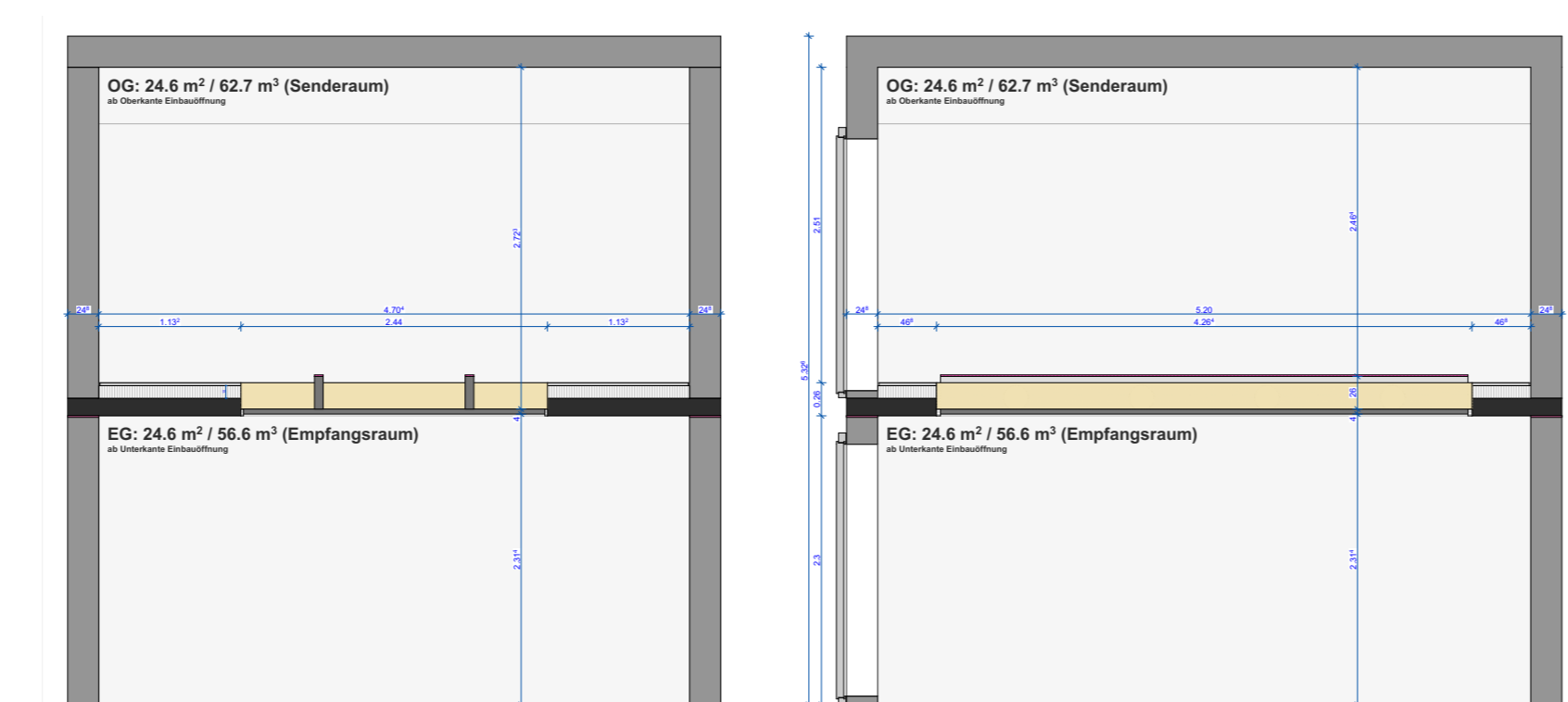
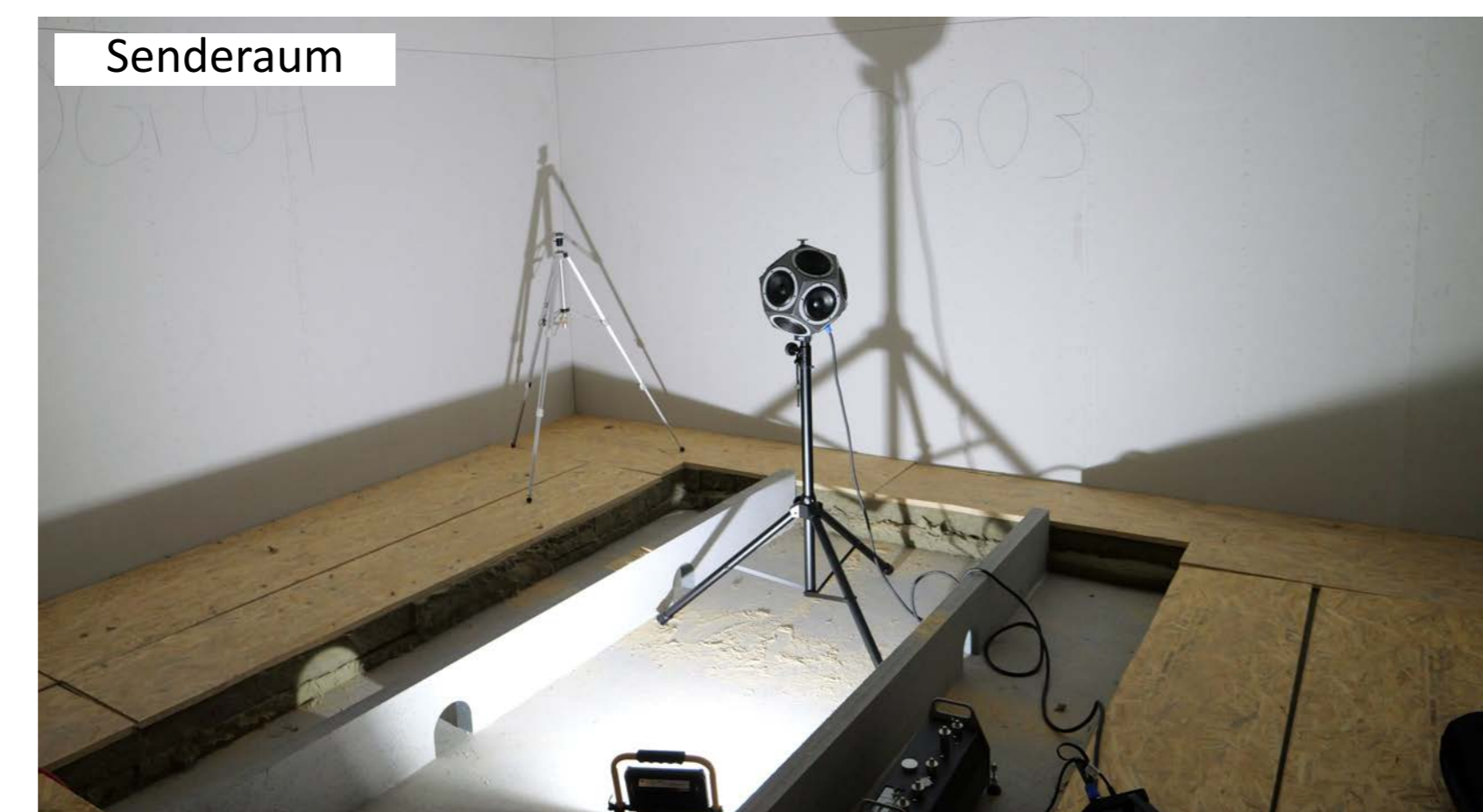
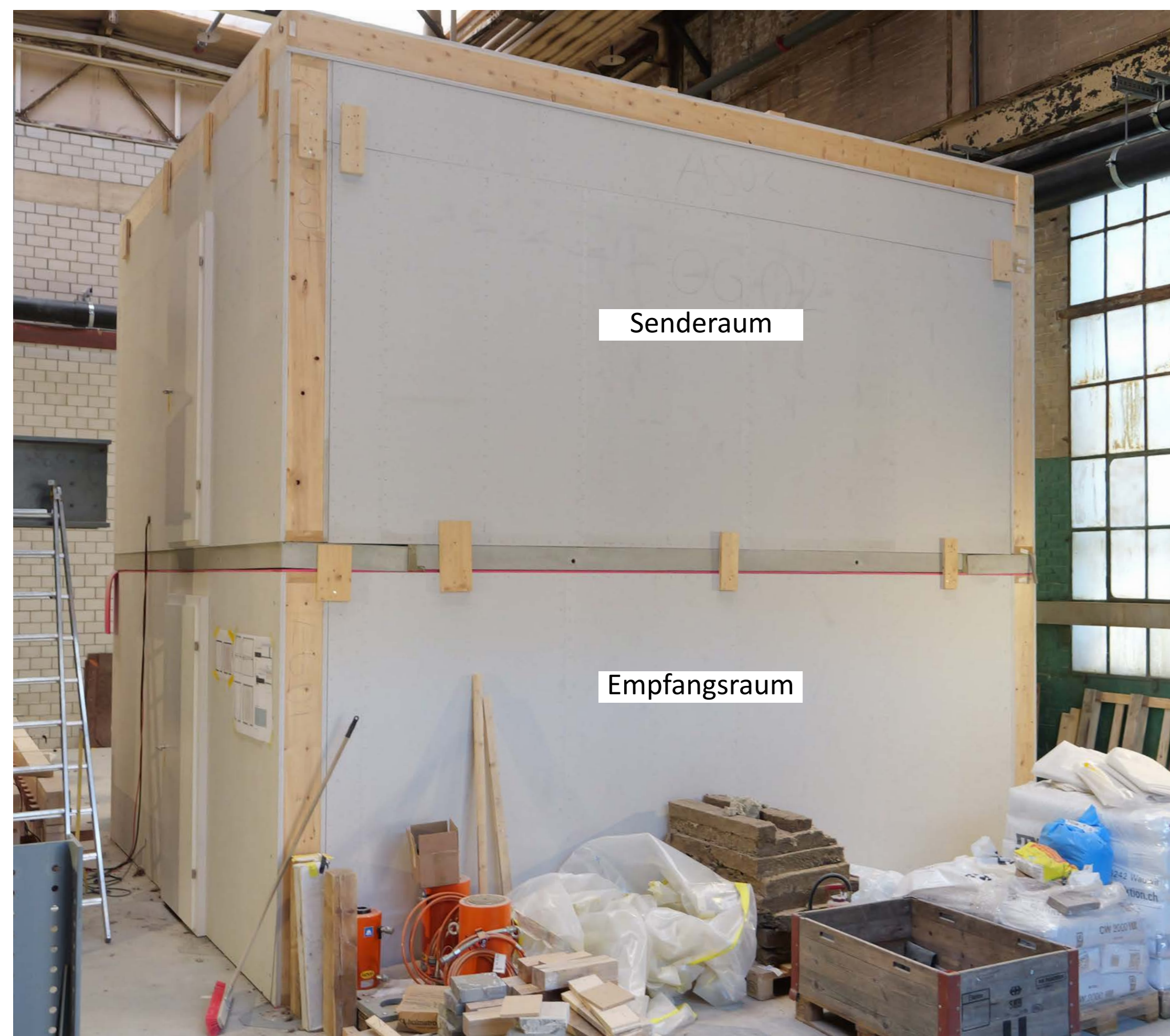
- 50% Ersparnis in Material



CPC-Hochbau: Konstruktion und Nachhaltigkeit

Machbarkeitsversuche

Akustik

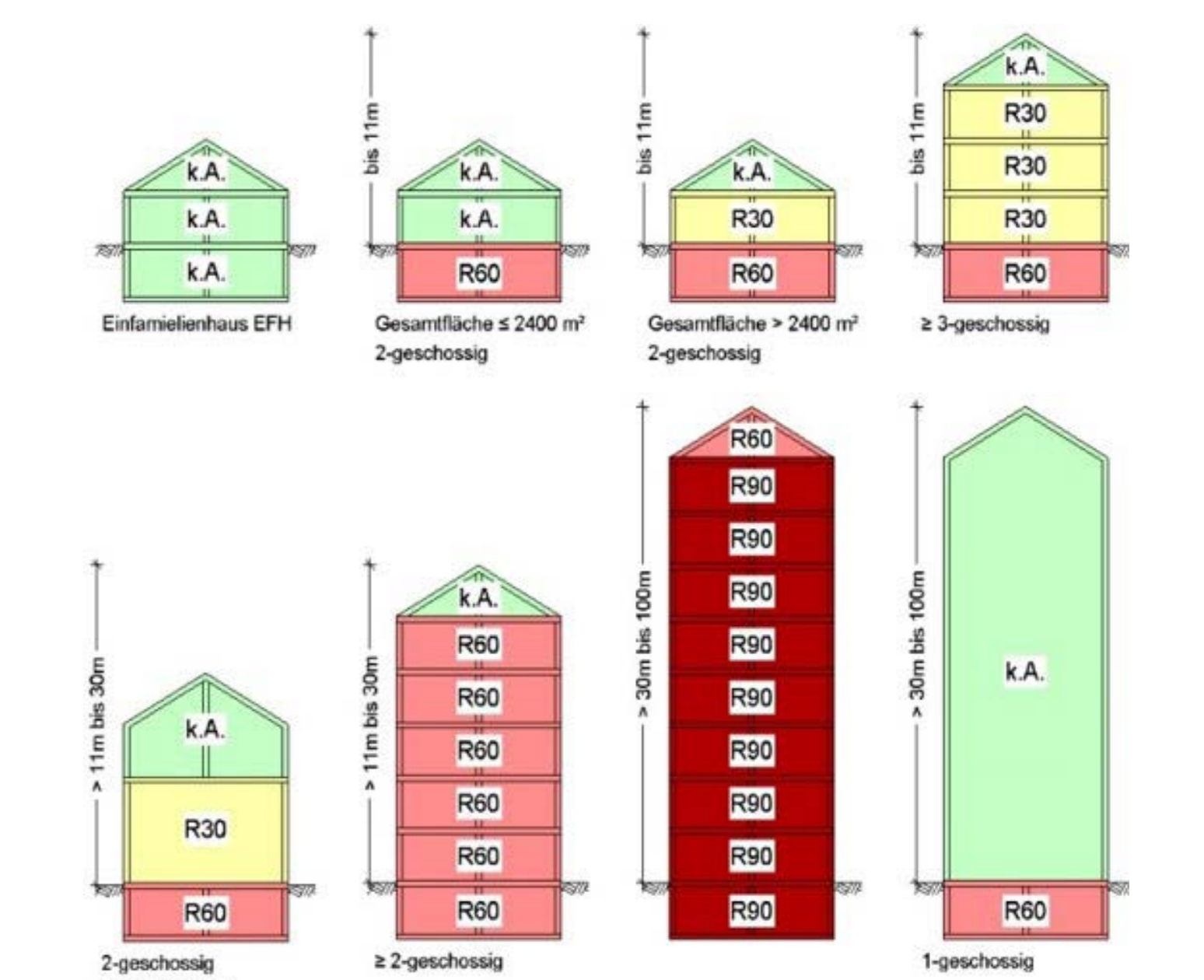
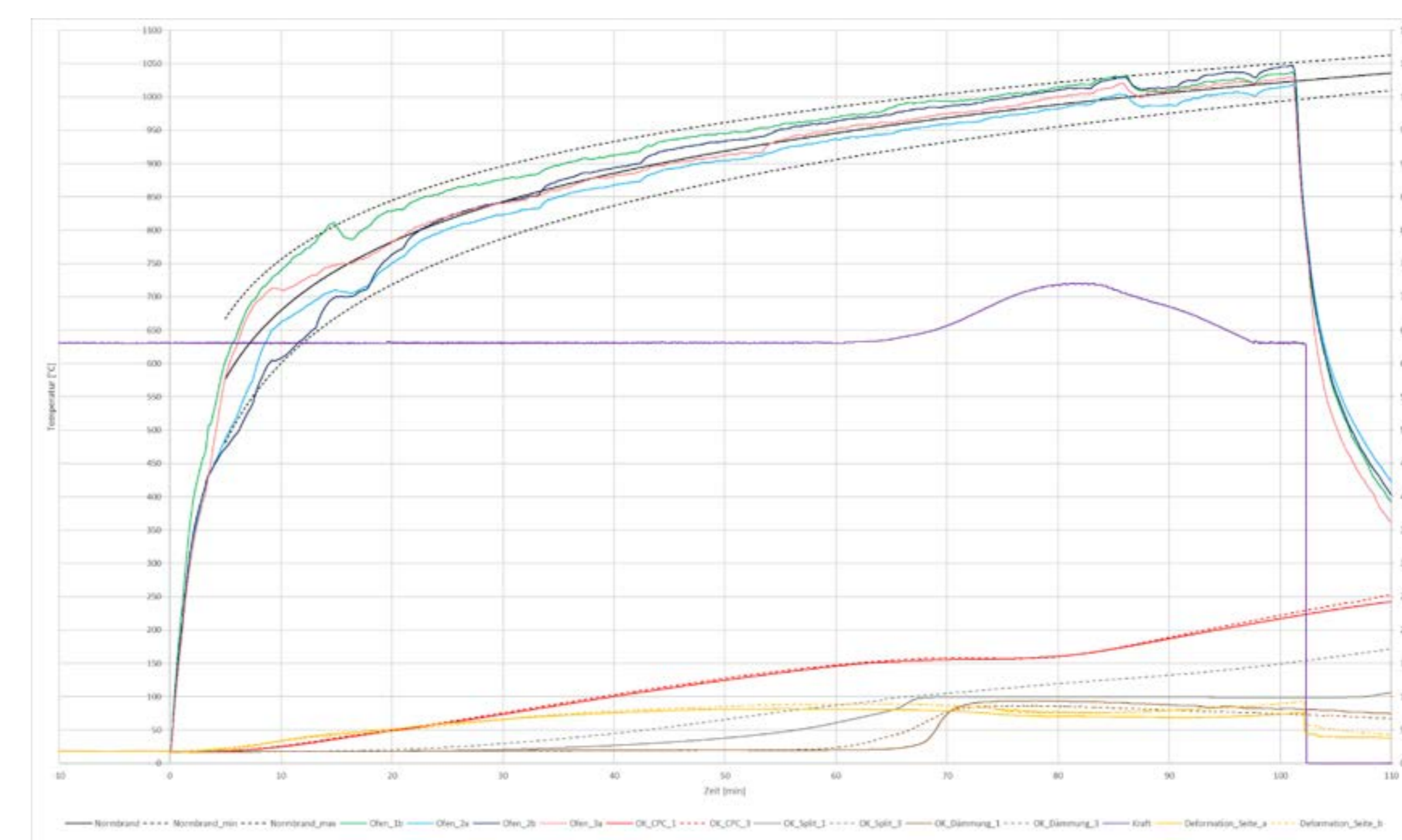
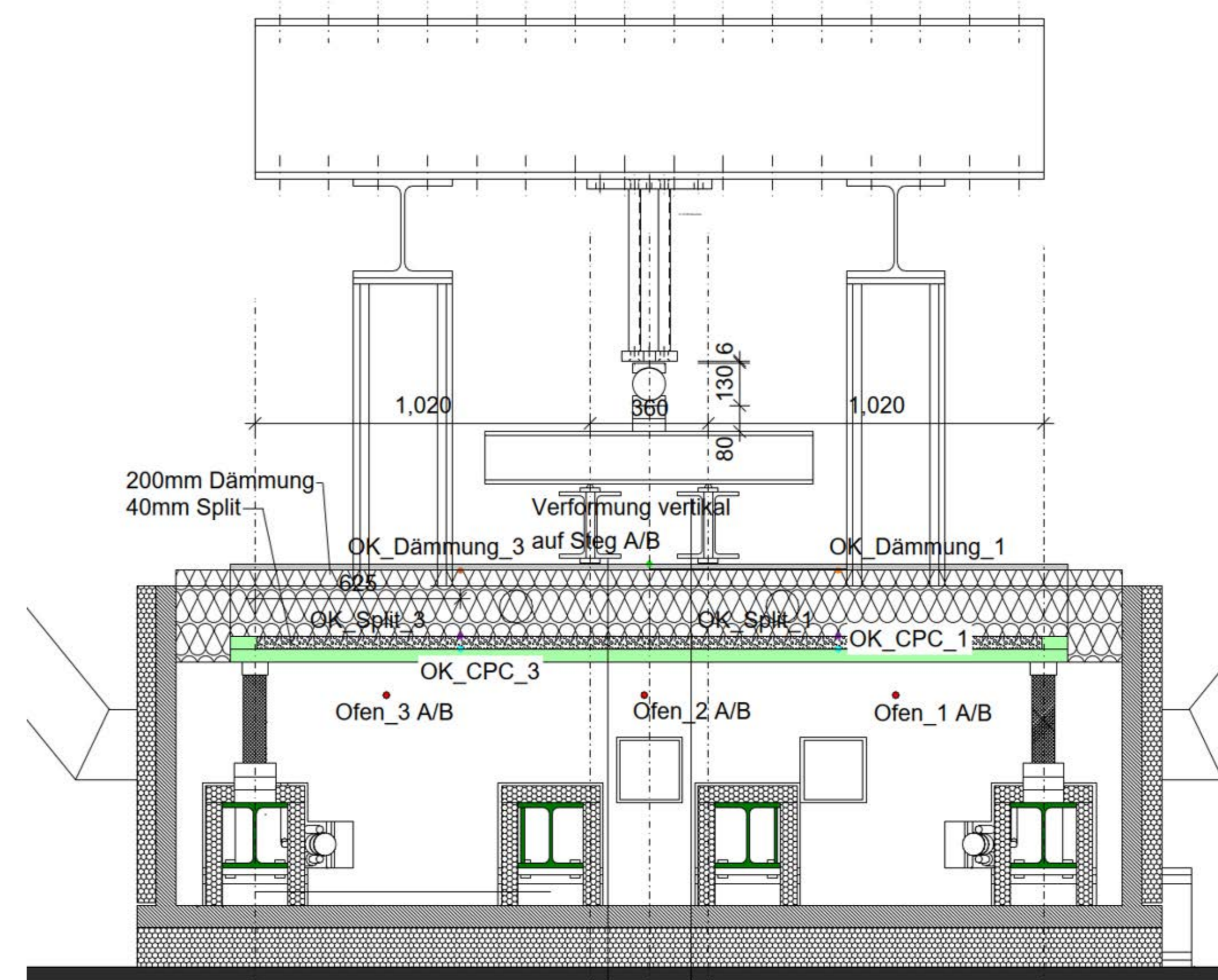


		Normale Anforderung	Erhöhte Anforderung
Luftschallschutz	Minimalwert	52 dB	56 dB
Trittschallschutz	Maximalwert	53 dB	49 dB
Körperschall	Maximalwert	38 dB	34 dB

Grundlagen:
 Lärmbelastung: mässig
 Nutzung: normal
 Lärmempfindlichkeit: mittel

Die erhöhten Anforderungen von Luft- und Trittschall wurden erfüllt.

Brand



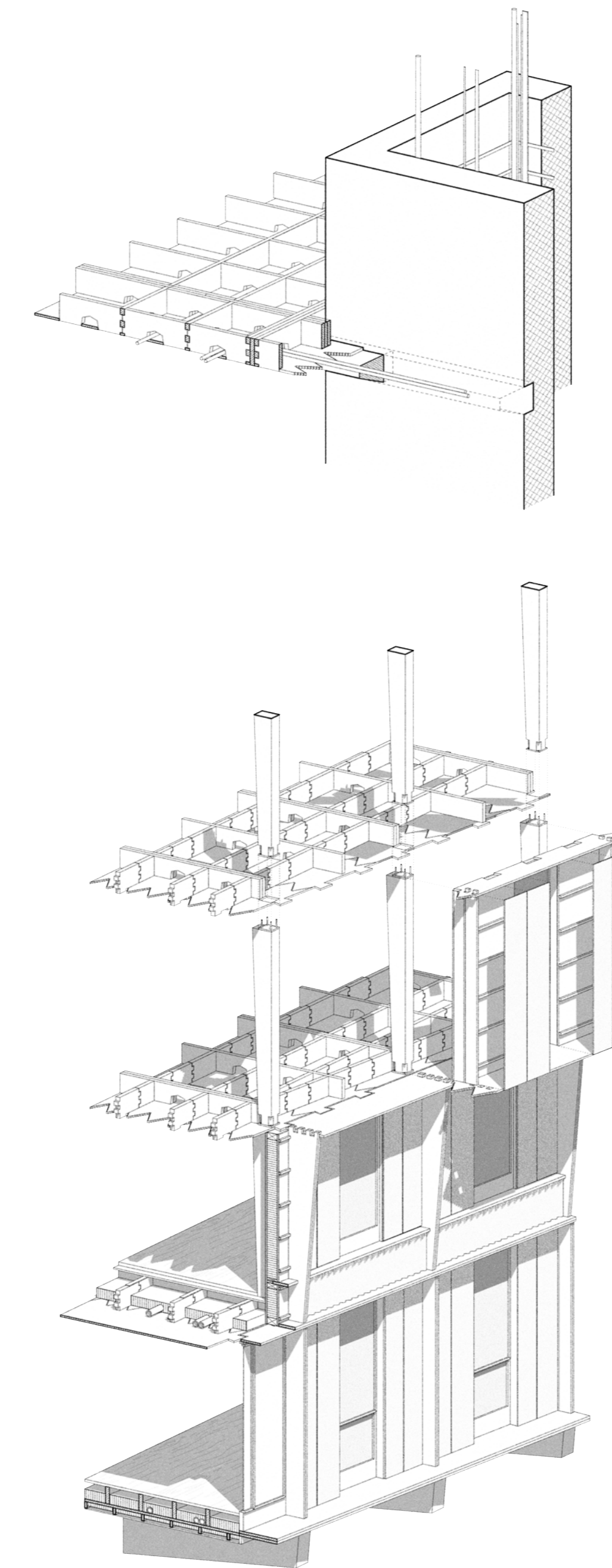
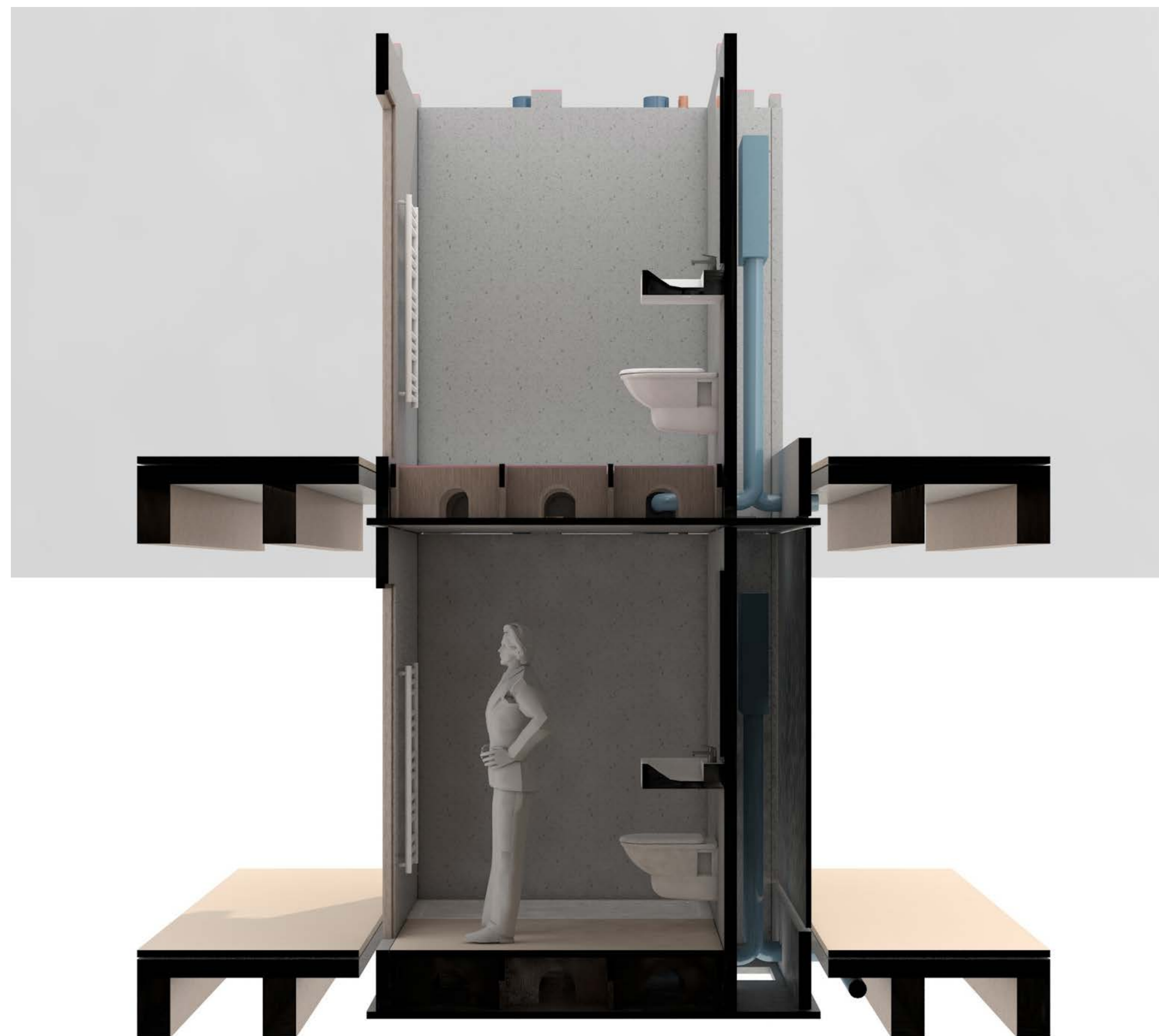
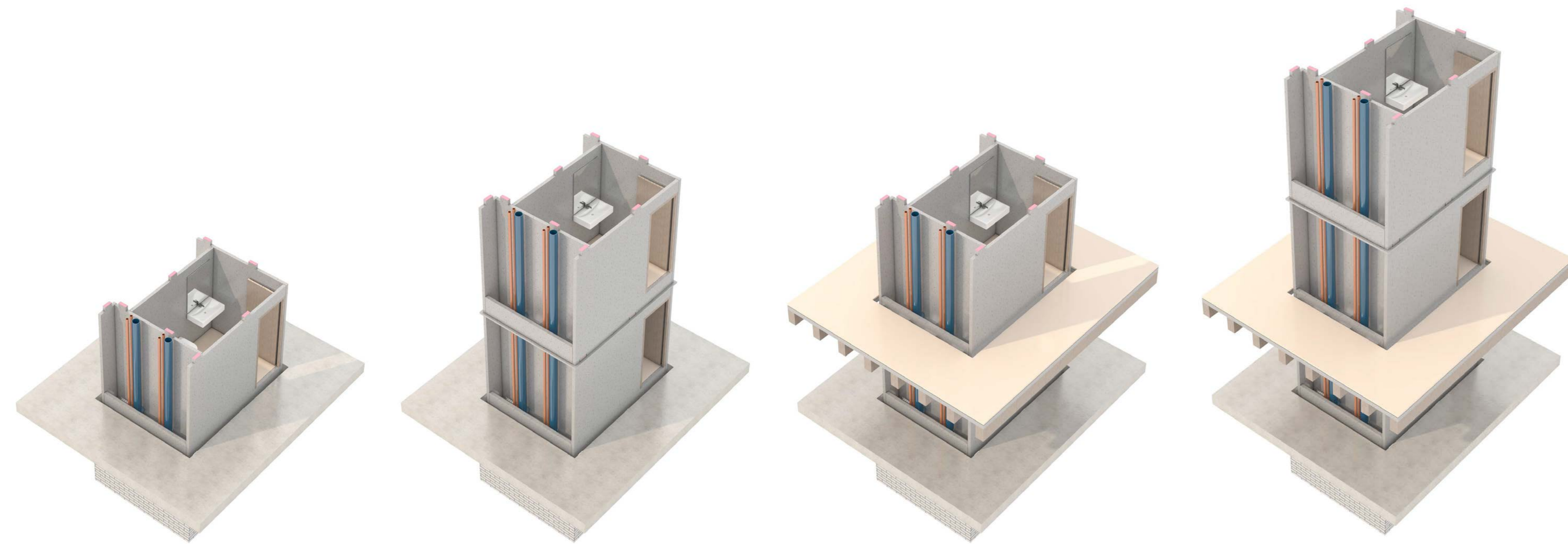
Objektversuch unter Last mit Verputz hat > 100 Minuten ohne Abplatzungen des Betons bestanden (entspricht R90)

CPC-Hochbau: Konstruktion und Nachhaltigkeit

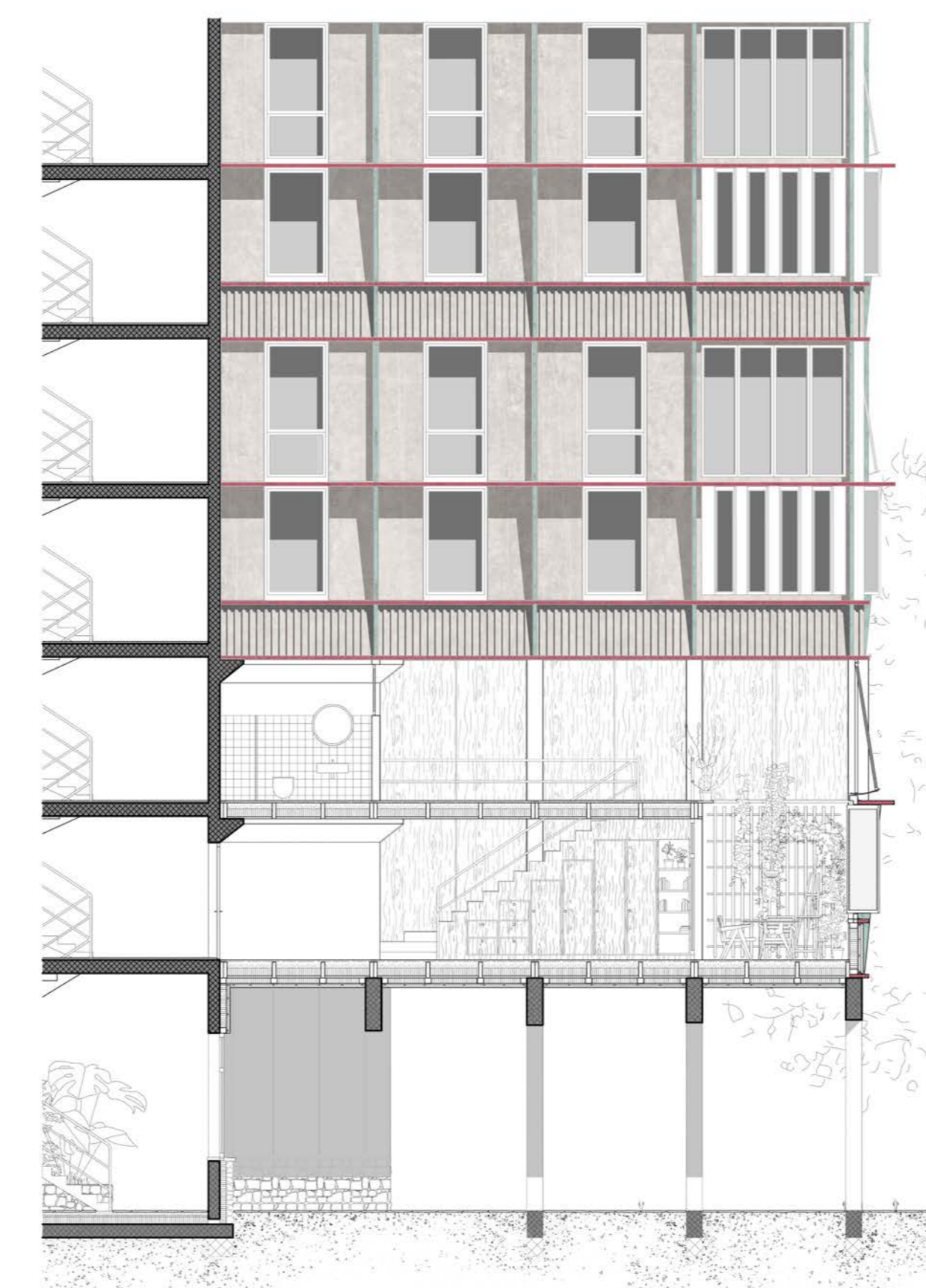
Weitere Forschungsprojekte

CPC-Nasszelle

Master Semesterarbeit Simon Ott ZHAW



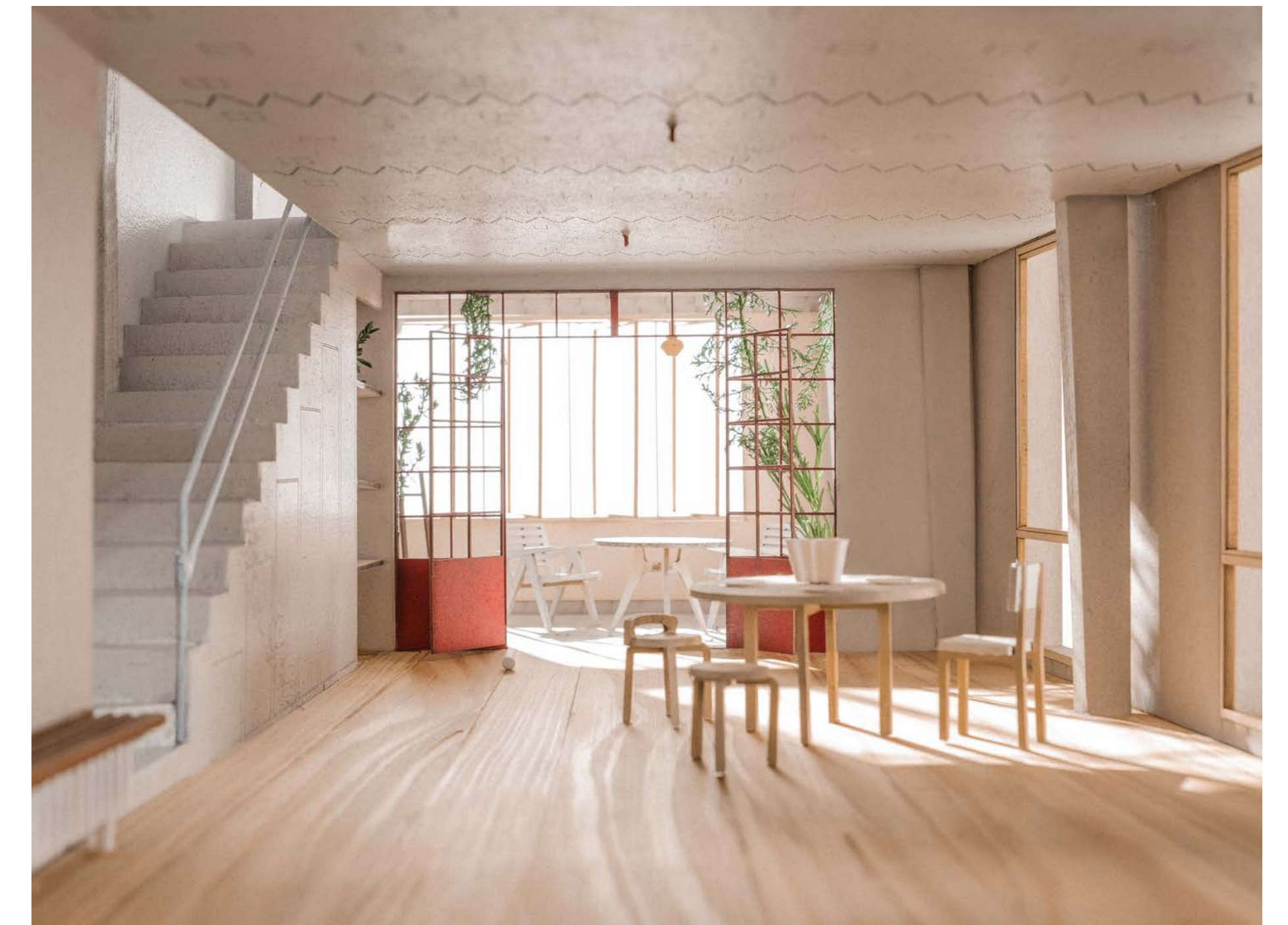
Konstruktions Axometrie



Fassadenansicht / Schnitt



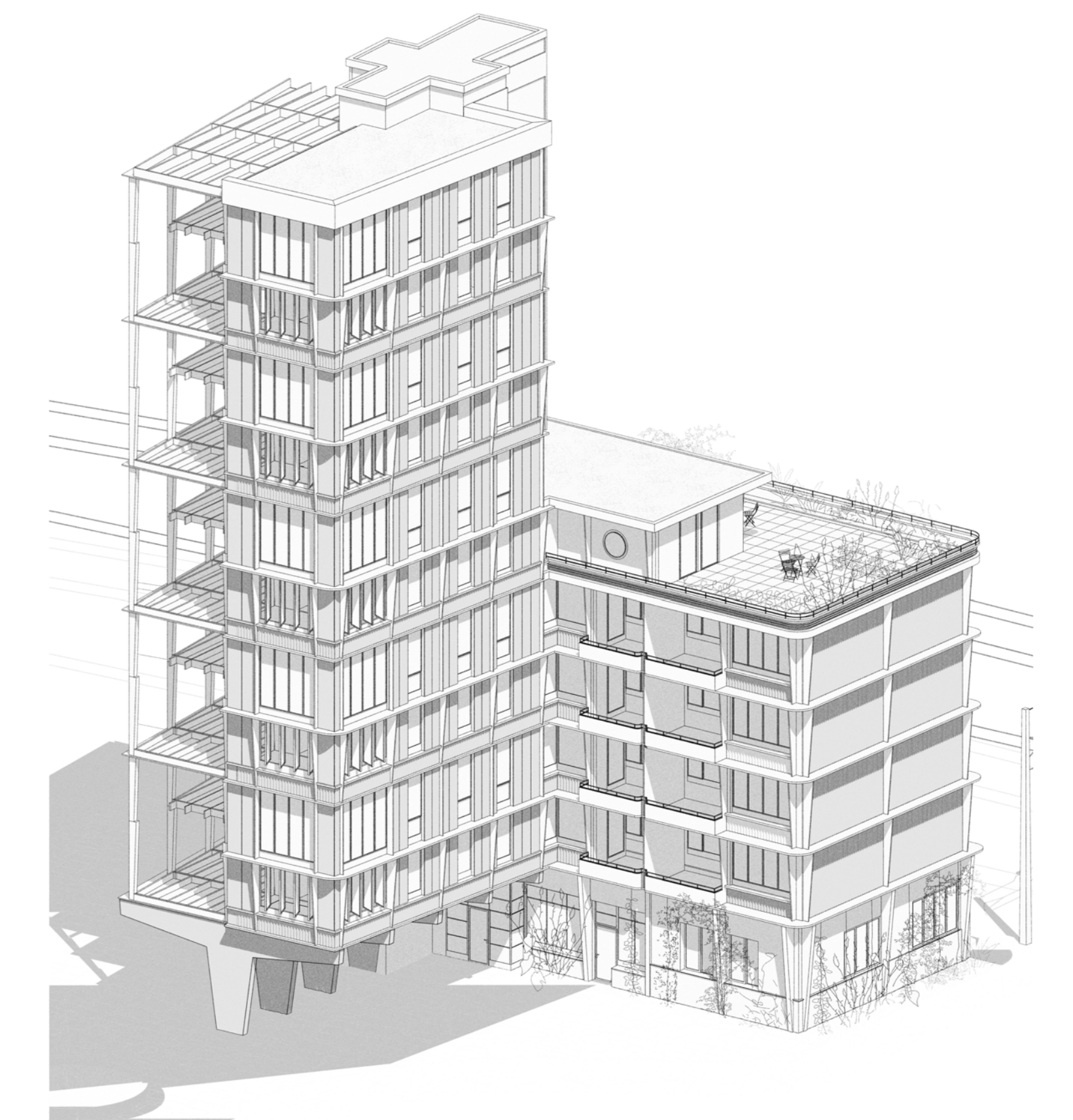
Aussenansicht



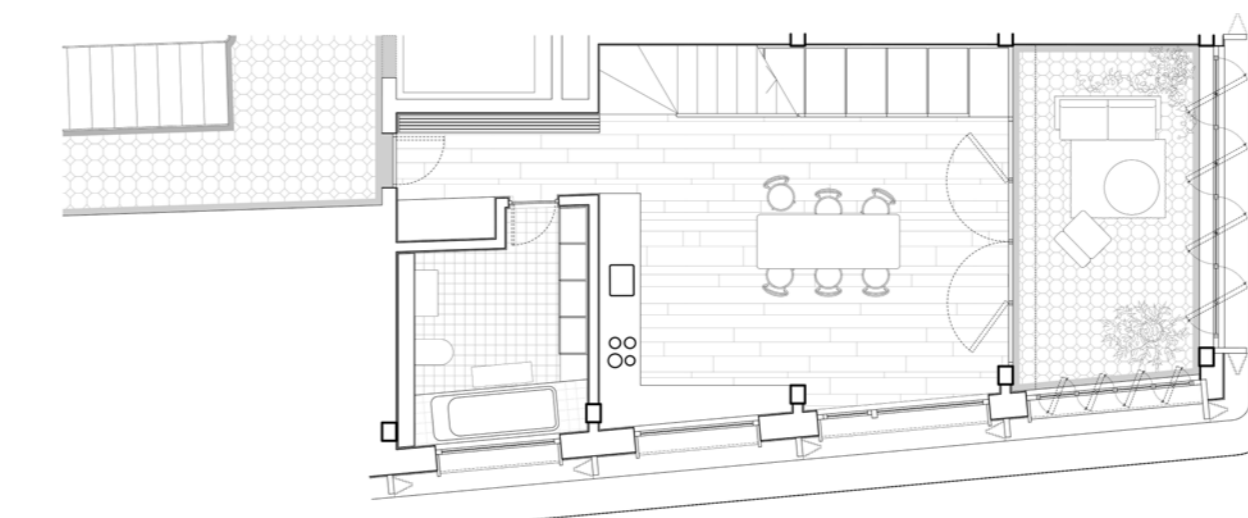
Modellfoto Duplexwohnung



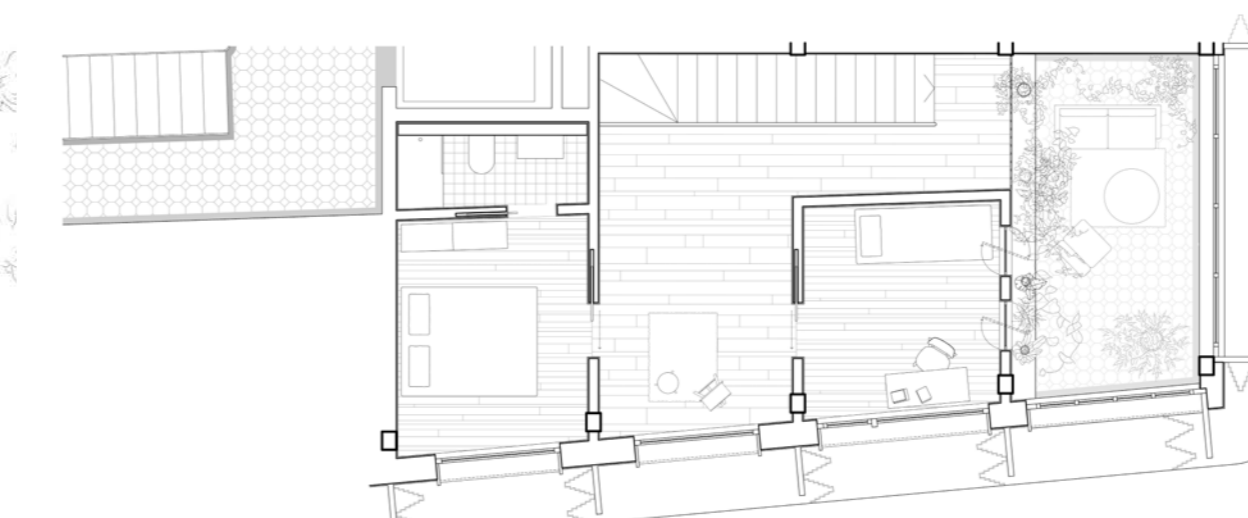
Modellfoto Konstruktion CPC- Bauweise



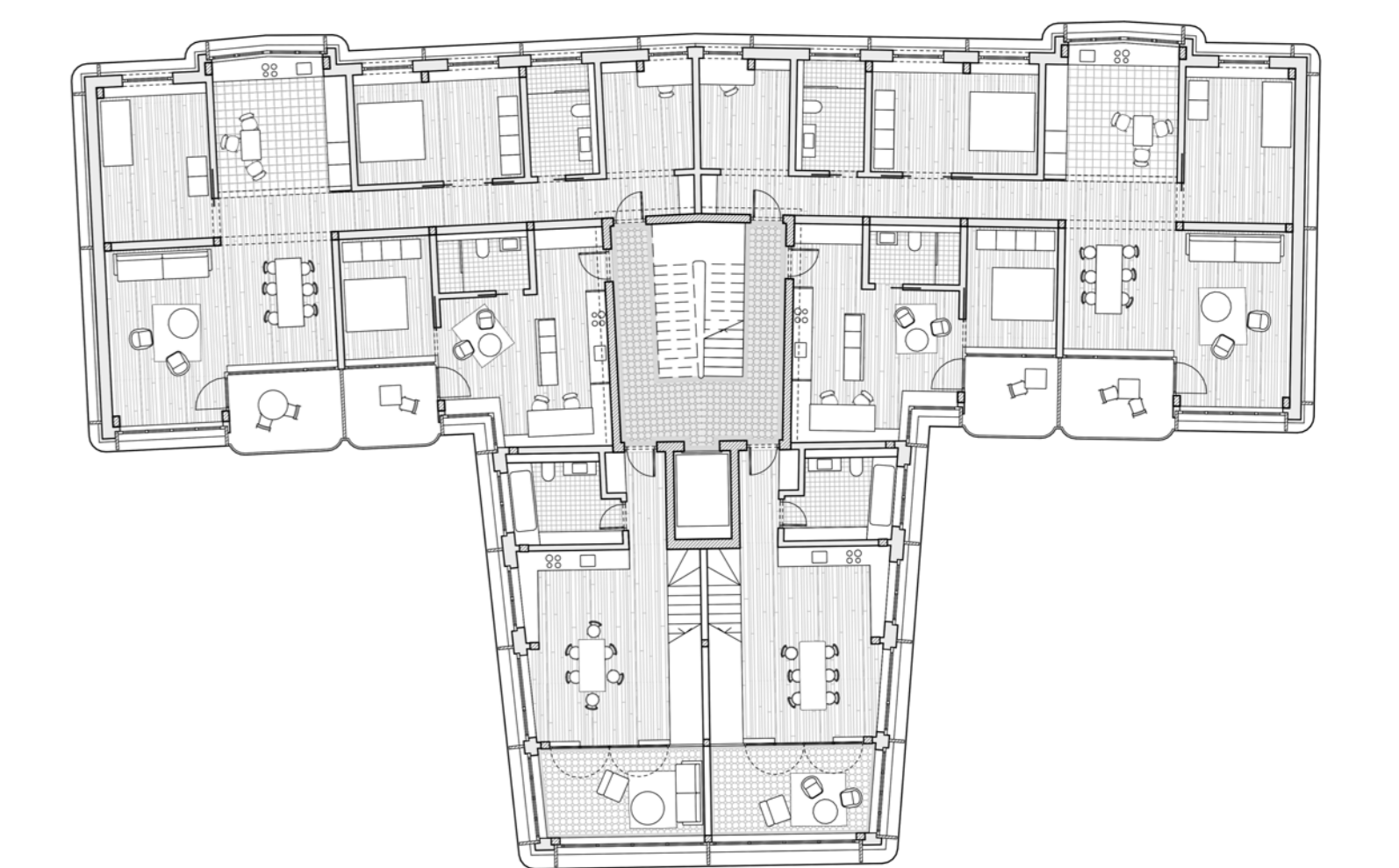
Fassaden / Konstruktions-Axometrie



Grundriss Maisonette



Deken Struktur



Wohnungsgrundrisse

CPC-Hochbau: Konstruktion und Nachhaltigkeit

Innovationslabor Winterthur



Die CPC-Bauweise

Die vorfabrizierte CPC-Bauweise (carbon prestressed concrete) setzt neue Massstäbe im Hochbau, indem sie Nachhaltigkeit und technische Effizienz kombiniert. Der Einsatz einer Carbon-Bewehrung mit hoher Zugfestigkeit und Korrosionsbeständigkeit ermöglicht schlanke, leichte und dennoch hochstabile Tragkonstruktionen, die bis zu 75% weniger Material benötigen als herkömmliche Betonbauweisen. Ein erstes Pilotprojekt – das «Innovationslabor» in Winterthur – zeigt das vielseitige Potenzial von CPC-Platten eindrucksvoll: von der Reduktion der CO₂-Bilanz, über den erstaunlichen, entwerferischen Gestaltungsspielraum bis hin zur Wiederverwendung des Baumaterials. Die zukunftsfähige Bauweise kann die Nachhaltigkeit der Baubranche deutlich verbessern und einen wesentlichen Beitrag zur Förderung der Kreislaufwirtschaft leisten.

Innovationslabor

Der einstöckige, offene Pavillon mit Aussichtsplattform, ist auf einem brachliegenden städtischen Grundstück nahe des Bahnhofs Grüze entstanden, er dient heute als Besucherzentrum für die Grossbaustelle der «Querung Grüze» (Leonie-Moser-Brücke) und längerfristig als vielseitiger Veranstaltungsort und Treffpunkt im Entwicklungsgebiet Grüze. Das minimal gestützte, reduzierte Beton-Dachtragwerk mit einer Ausdehnung von 130 m² überdeckt einen offenen Veranstaltungsraum mit multifunktionaler Nutzung.

Tragkonstruktion

Das Tragwerk der Rippendecke besteht aus einer 40 mm starken unteren CPC-Platte, die die Zugkräfte aus dem globalen Moment aufnimmt. Die von den Bauingenieur:innen der ZHAW entwickelte Zip-Verbindung (treppenartige Verzahnung zwischen den einzelnen vorgefertigten Elementen) ermöglicht eine effiziente Übertragung von Zug-, Quer- und Biegekräften sowie das nahtlose Addieren unterschiedlicher Elemente zu einer Endlosdecke.

Die Zugplatte wird ergänzt durch obenliegende, vertikale Druckrippen aus 6.9 cm star-

ken und 52 cm hohen CPC-Platten. Diese sind im Abstand von 1.20 m orthogonal angeordnet, mit der Zugplatte verzahnt und ermöglichen Spannweiten von über 9 m. Die Tragstruktur lässt sich je nach statischen Erfordernissen erweitern:

- Hohe Feldmomente: Zusätzliche untere Platten werden als Zugelemente eingesetzt; eine weitere Erhöhung des Zugelementes ist durch die Kombination einer externen Vorspannung zwischen Decken- und Zusatzplatten möglich.
- Hohe Querkraftbelastungen: Stege können aufgedoppelt oder verdreifacht werden.
- Hohe negative Momente (über den Auflagern): Eine obenliegende Zugplatte aus CPC oder oben am Steg angebrachte Stahllamellen kommen als Verstärkung zum Einsatz.

Sinnvoller Einsatz: So erreichen wir Materialeffizienz im Bau

CPC wird als Halbfabrikat in grossen Platten (3.50 x 17.00 m) hergestellt. Präzision spielt dabei eine zentrale Rolle: CNC-gesteuerte Maschinen und Wasserstrahltechnik sorgen für einen Zuschnitt exakt nach 3D-Planungsdaten. Die 80 Einzelbauteile wurden in der Werkhalle zu 14 Grossbauteilen vormontiert und mit Mörtel verbunden. Nach einer detaillierten Logistikplanung wurden die Grossbauteile am Bauort unter schwierigen Witterungsbedingungen millimetergenau montiert und mit Mörtel zu einem Bauwerk verbunden.

Nachhaltigkeit

Der Nachhaltigkeit kommt beim Projekt eine zentrale Bedeutung zu. Der Einsatz der zukunftsfähigen CPC-Bauweise ermöglicht heute die Einsparung von bis zu 75% des benötigten Betons im Vergleich zu herkömmlichen Konstruktionen - ohne Kompromisse bezüglich der Stabilität oder der Langlebigkeit. Gleichzeitig wird eine nachhaltige, spätere Wiederverwendung der Konstruktion angestrebt: Die Bauteile werden mit dem Rückbau des Pavillons vom Hersteller zurückgenommen, aufbereitet und an anderer Stelle erneut eingesetzt. Die für das Innovationslabor verwendeten CPC-Platten sind damit nur gemietet und werden nach dem Einsatz in der Grüze einer weiteren Verwendung zugeführt.

Ort: St. Gallerstrasse 133
8404 Winterthur
Planung: 2023 - 2024
Inbetriebnahme: 2024
Dimensionen(LxBxH): 13.20m x 9.60m x 5.54m

Projektbeteiligte

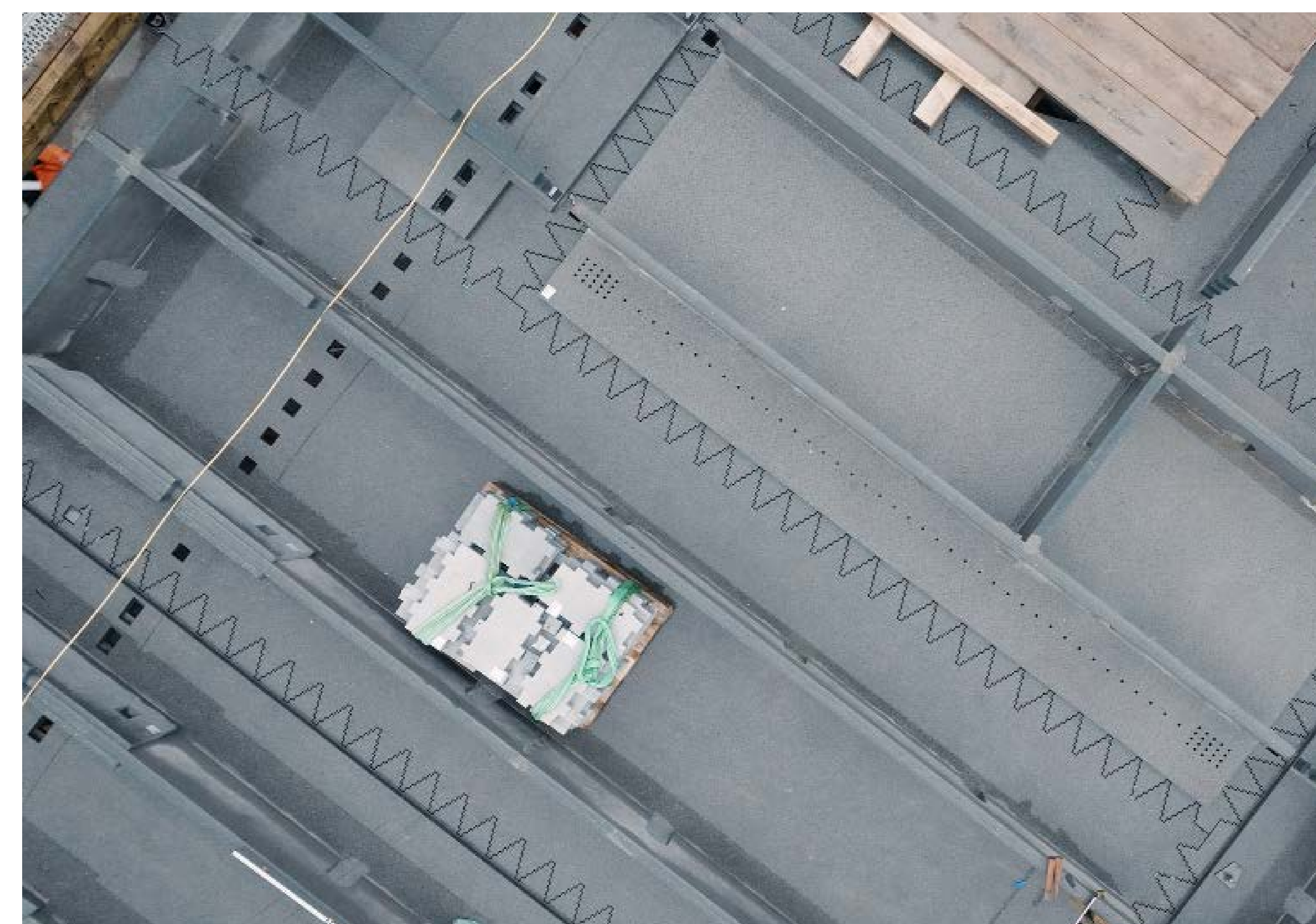
Bauherrschaft: Tiefbauamt Stadt Winterthur
Bauingenieurwesen: ZHAW Dep.A - IBP - FVK
Architektur: ZHAW Dep.A - IKE
Projektleitung: CPC AG
Vorfabrikation: Holcim AG
Baumeister: Landolt Gruppe



Versatz eines Grossbauteils



Verbindungsdetail von drei Grossbauteilen vor dem Vermörteln der Fugen.



Blick auf das Innovationslabor während des Versetzens der Grossbauteile.



Blick von der St. Gallerstrasse.

Neue Betonbauweise mit klinkerfreiem Beton

Bridge to the Future

Maximal CO₂ reduziert

Die "Bridge to the Future" ist ein Meilenstein in der Entwicklung von CPC-Platten (carbon prestressed concrete) mit klinkerfreiem Zement. In enger Zusammenarbeit haben die Fachgruppe FVK der ZHAW, die CPC AG und die Holcim AG dieses Projekt realisiert. Das Ergebnis ist ein Kontrollturm, welcher stark CO₂-reduziert ist. Die "Bridge to the Future" ist dank der CPC-Technologie ein sehr filigranes und elegantes Bauwerk, welches von der Holcim AG genutzt wird, um die Annahme von Aushubmaterial beim Kieswerk Hüntwangen zu kontrollieren.

Spezialzement "Locarbo"

Zusätzlich zur benötigten Energie für ca. 1450°C stösst Zementklinker beim Brennen in einer chemischen Umwandlung CO₂ aus. Der neu entwickelte, massgeschneiderte Beton der Firma Holcim wird mit dem klinkerfreien Zement «Locarbo» und recycelter, carbonatisierter Gesteinskörnung hergestellt.

«Der CO₂-Fussabdruck des Recyclingbetons konnte so von typischerweise über 210 kg CO₂/m³ auf 138 kg CO₂/m³ Beton deutlich reduziert werden.» (Holcim AG, 22.11.2021)

Das dadurch fehlende alkalische Milieu im Beton ist nur dank der korrosionsfreien Carbonbewehrung in den CPC-Platten möglich.

CPC-Technologie

Die von der ZHAW FVK-Gruppe entwickelte CPC-Technologie, wurde mit dem Holcimzement Locarbo kombiniert. Dafür wurden die feinen Carbondrähte mit einem weltweit einzigartigen System vorgespannt und einbetoniert.

Nach der Aushärtezeit konnten die nur 60mm dicken Platten mit der CNC-Fräse oder mittels Wasserstrahlschneiden präzise in die gewünschten Formen geschnitten werden.

Vormontage

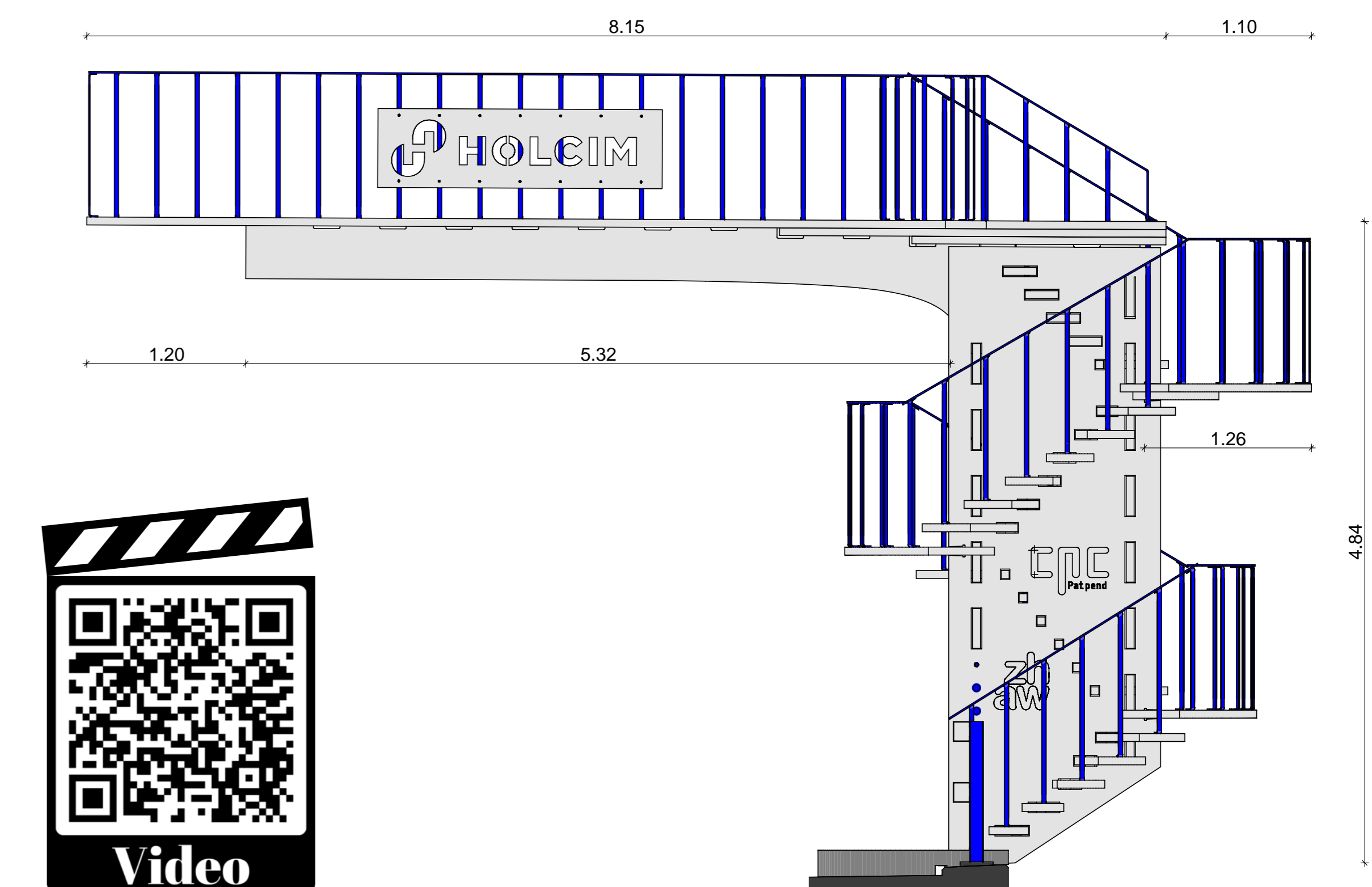
Der Zusammenbau erfolgte anschliessend mit der typischen CPC-Steckverbindung und dazu passendem Mörtel. Mit Ausnahme vom Geländer und der Verbindung zwischen Turm und bestehender Brücke konnte der Kontrollturm so komplett stahlfrei ausgeführt werden.

Montage

Die Montage der Treppenturmscheibe mit einem Gewicht von 4.5 Tonnen und des Kragarms mit 3.3 Tonnen erfolgte an einem einzigen Arbeitstag. Anschliessend konnten die Treppentritte in wenigen Tagen montiert und vermörtelt werden. Die "Bridge to the Future" präsentiert sich nun als filigranes Leuchtturmprojekt für das nachhaltige Bauen.

Facts

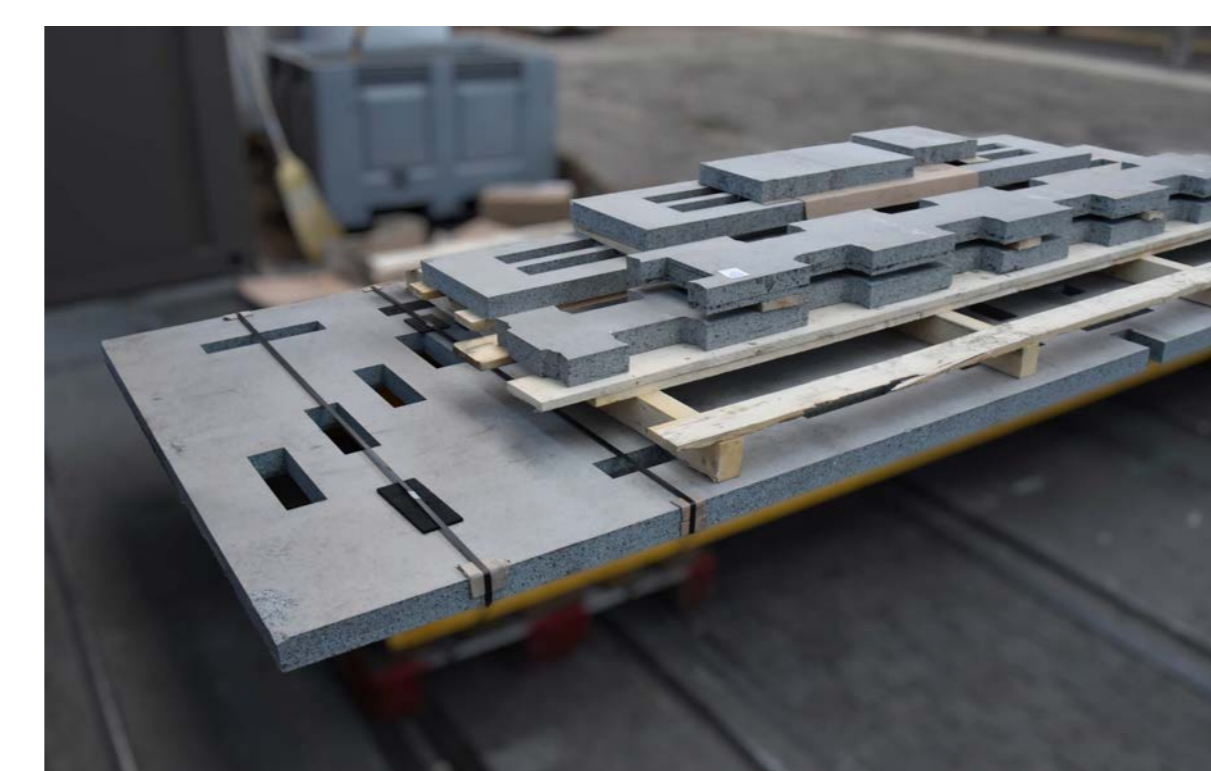
Projektzeit	8 Monate (April – November 2021)
Bauherrschaft	Holcim (Schweiz) AG
Entwicklungsteam	
ZHAW	Prof. J. Kurath, R. Lutz, Ch. Lowiner, M. Strickler
CPC AG	M. Brunner (Projektleitung)
Holcim (Schweiz) AG	K. Wassmann (Betonentwicklung)



Fertiges Bauwerk und Planungsteam



Impression Untersicht



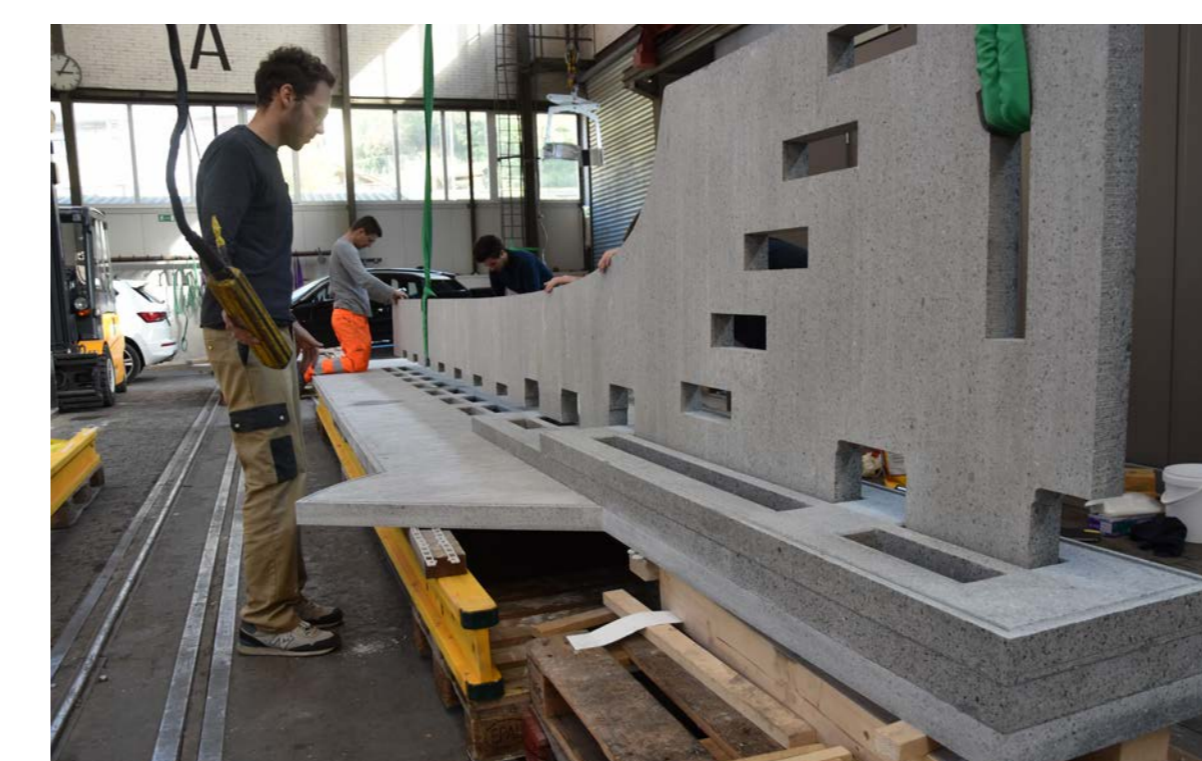
Angeforderte Einzelteile



Zusammenbau Turmscheibe



Vermörteln Turmscheibe mit Vertikalsteg



Zusammenbau Kragarm



Montage Kragarm