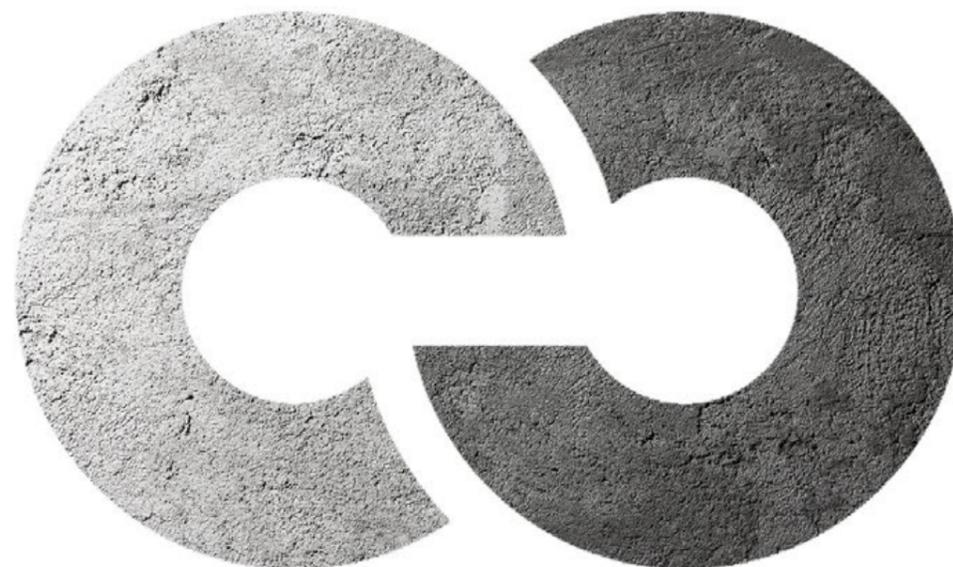


# BACHELOR-THESIS BAUKONSTRUKTION

Umplanung eines Bürogebäudeentwurfs in eine demontierbare Beton-Fertigteil-Konstruktion im Sinne des Cradle-to-Cradle Prinzips



Jonas Luther

Bachelor-Thesis Baukonstruktion  
WS 2021/2022

FB1 Studiengang Architektur

Prof. Dr.-Ing. Holger Techen,  
Prof. Dipl.-Ing. Dominik Wirtgen

**Konzept**

3

**Entwurfsgrundlage K6**

4-10

- Konzept
- Entwurfsplanung 1:200
- Ausführungsplanung 1:50

5

6-7

7-10

**Thematik**

- Cradle to Cradle
- Rückführung einzelner Bauteile in den Stoffkreislauf
- Systemmöglichkeiten zur trockenen, demontierbaren Verbindung von Betonfertigteilen

11-22

11-14

15-18

19-22

**Anwendung von Cradle to Cradle auf die Bürogebäudeumplanung**

23-63

- demontierbare Fügungspunkte von Betonfertigteilen
- Fassadenplanung nach dem Cradle to Cradle Prinzip
- Fassadenschnitte
- Detailplanung

23-31

32-38

39-45

46-63

**Fazit**

- Fazit und Vergleich
- Bewertung von Cradle to Cradle

64-67

64-65

66-67

Quellennachweise und Anhang

68-71

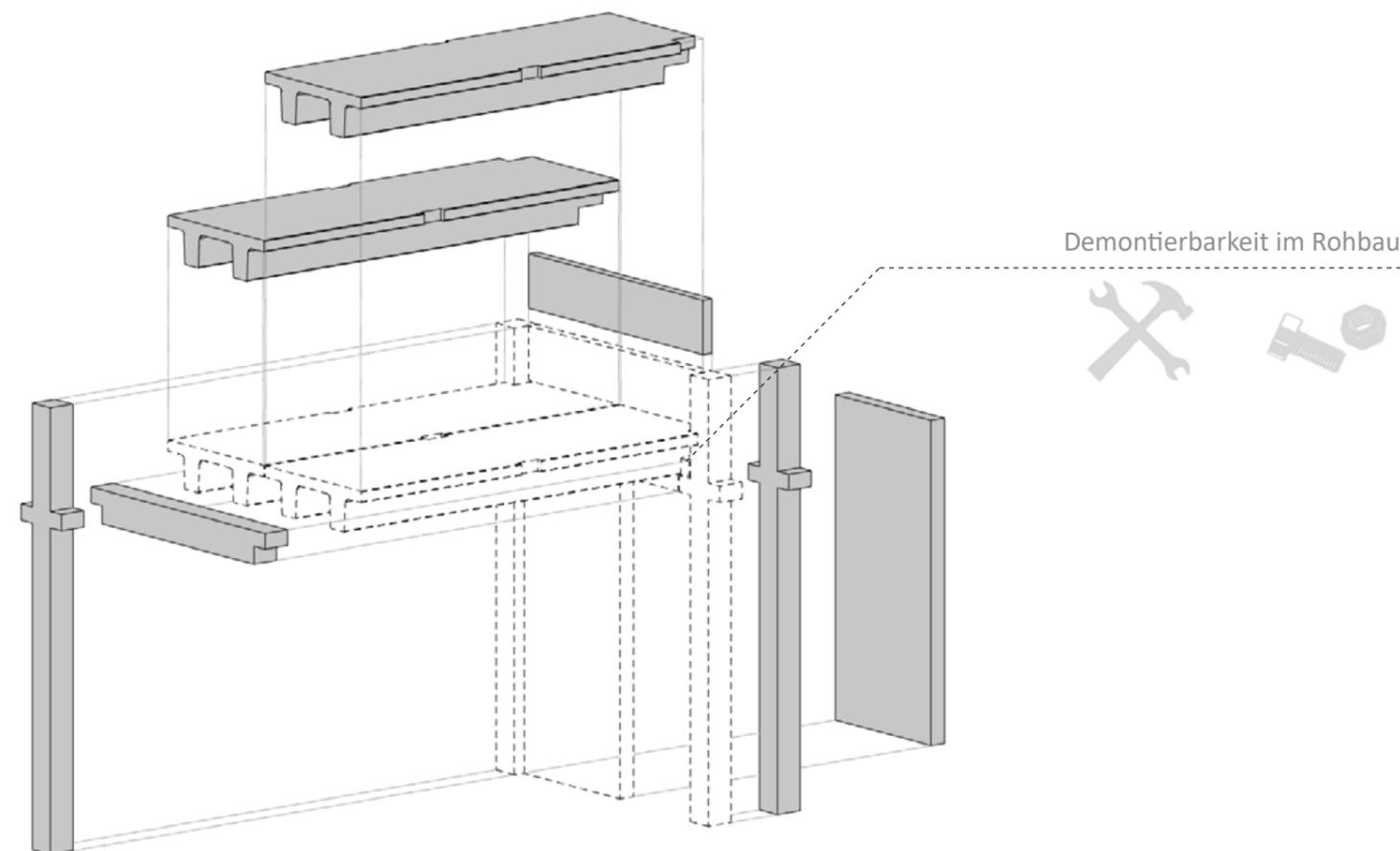


## KONZEPT

Ziel ist es einen Bürogebäudeentwurf in Beton-Sandwich-Konstruktion und hoher Individualität umzuplanen in eine Konstruktion, welche sich nach der Idee „design for dis-assembly“ bzw. „design for deconstruction“ demontieren und nach der Cradle to Cradle-Philosophie wiederverwenden lässt.

Um dies zu erreichen, wird das Gebäude in seinem Rohbautragwerk, der Fassade und dem Innenausbau umfassend umgeplant. Grundgedanke dabei war, nach dänischem Beispiel, das Tragwerk so gut wie möglich zu neutralisieren bzw. zu elementieren und Individualität bzw. Flexibilität über die Fassade zu erreichen. Die eingesetzten Produkte sind nach C2C-Standards recherchiert und haben - da wo es bereits möglich war - eine Produktzertifizierung.

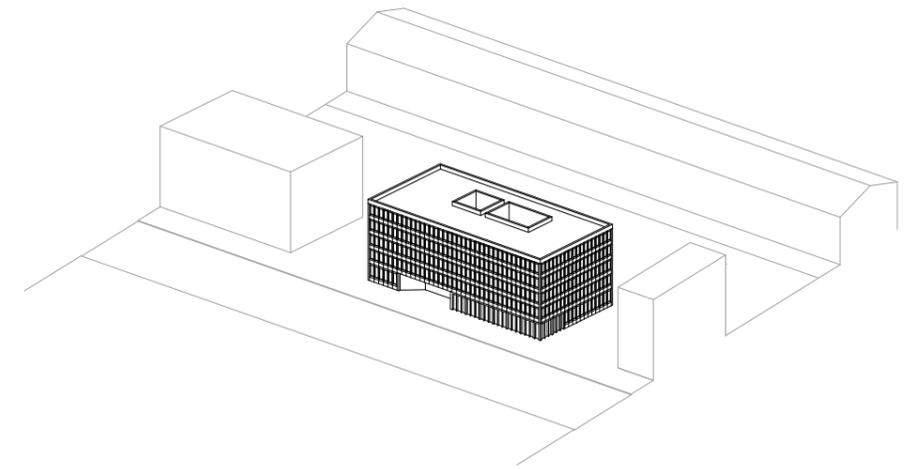
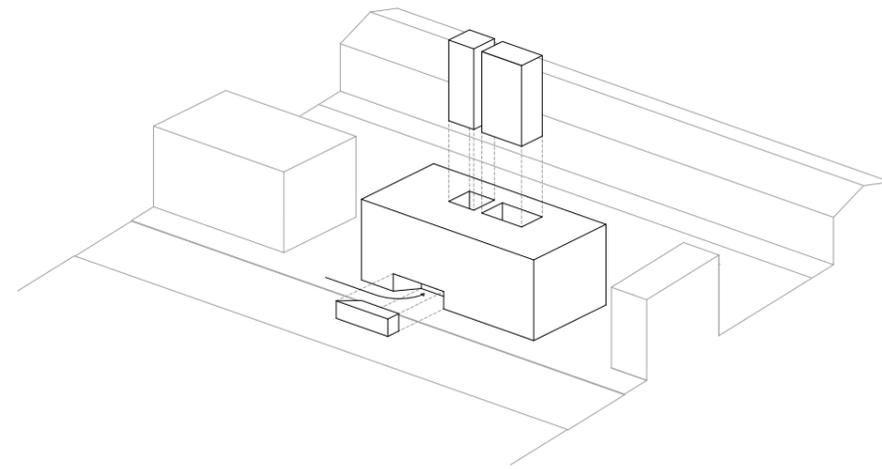
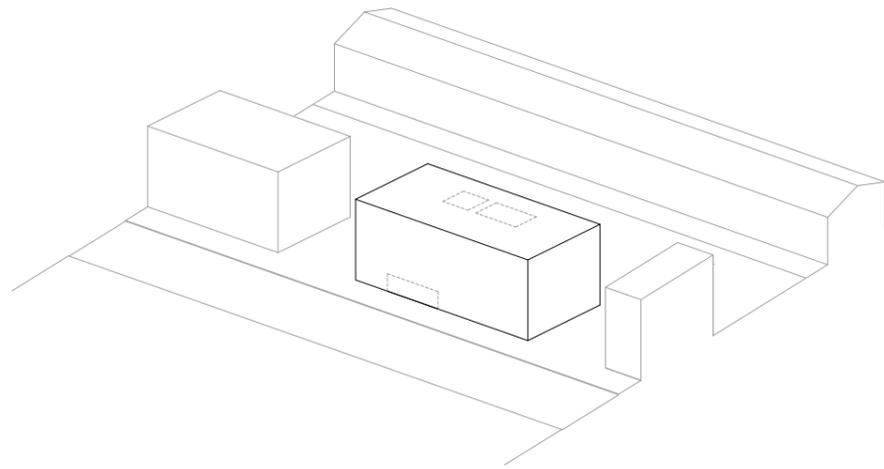
Neben der Möglichkeit, die Einzelteile unabhängig voneinander wiederzuverwenden, besteht bei diesem rückbaubaren Bürogebäudeentwurf auch die Möglichkeit, das Gebäude abzubauen und aufgrund von klimatischen Erfordernissen (z.B. Hochwasser), essenziellen Standortfaktoren oder ähnlichen Themen an einem anderen Ort wieder aufzubauen. Gründe dafür könnten u.a. Investitionskostenreduzierung und Minimierung des Zeitaufwandes sein.



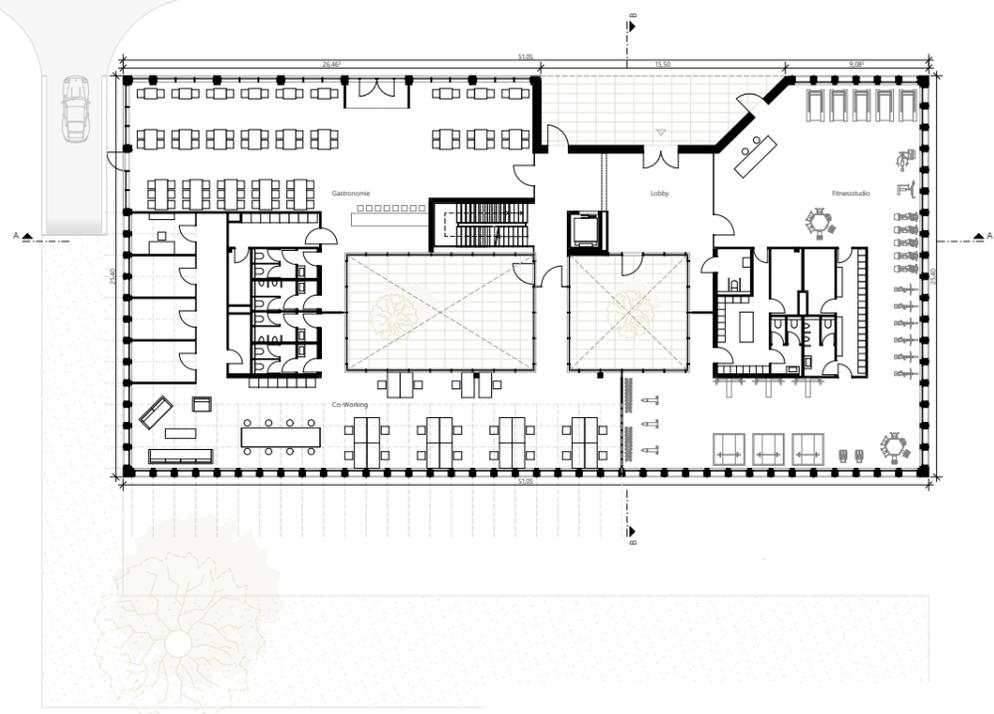
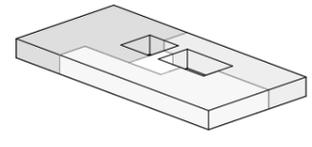
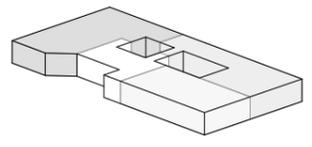
## ENTWURFSGRUNDLAGE K6

- KONZEPT
- GRUNDRISSE 1:200
- GRUNDRISSE 1:50
- ANSICHTEN 1:200
- SCHNITTE 1:50
- STATIKPLÄNE 1:50

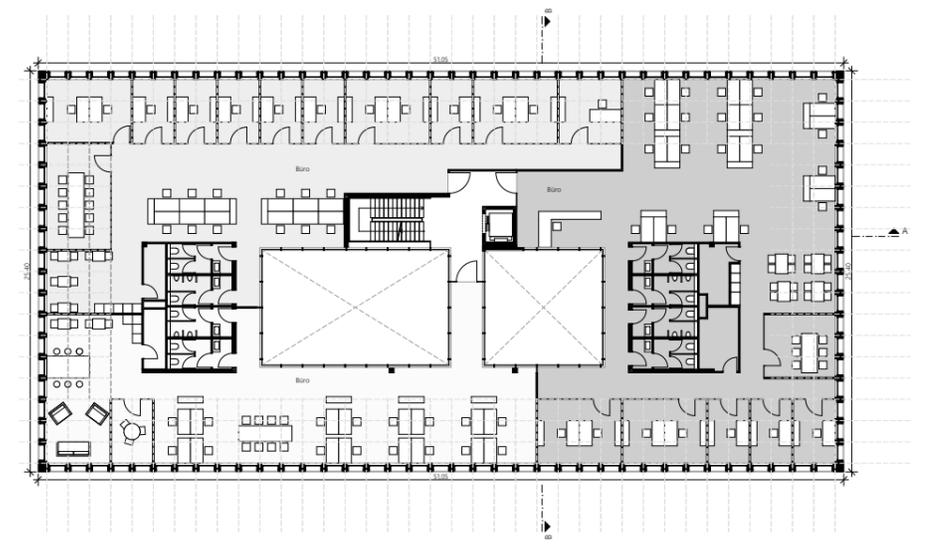




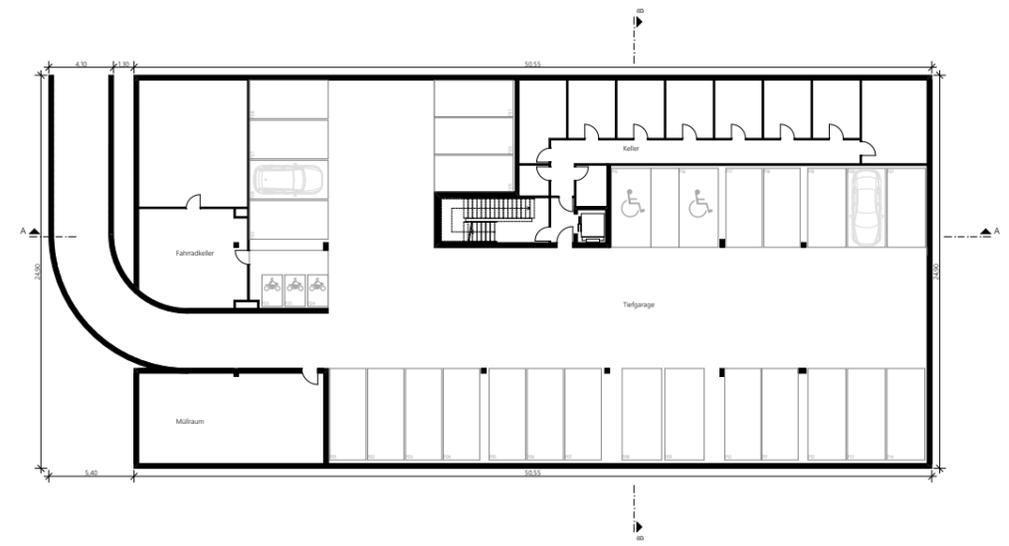
ENTWURFSPLANUNG - GRUNDRISSSE  
 DETAILIERUNG 1:200



Erdgeschoss

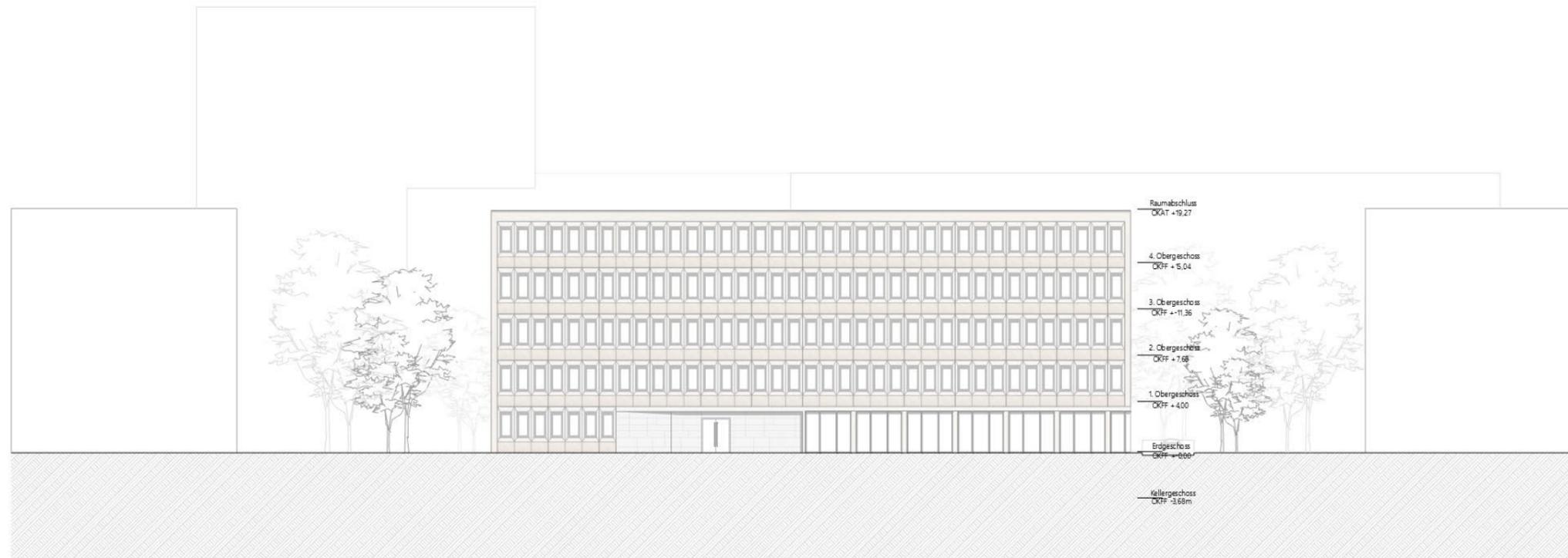


Regelgeschoss

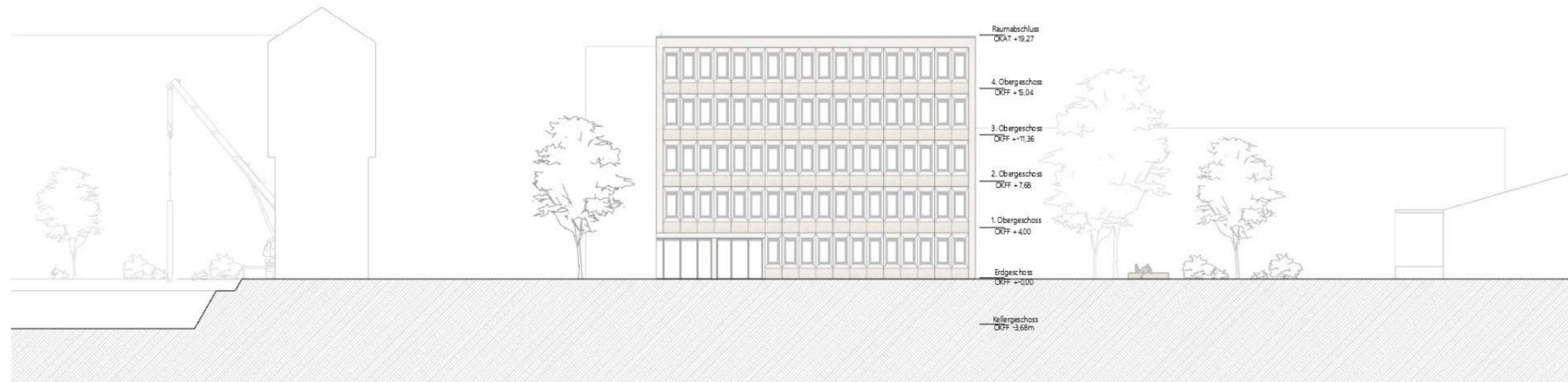


Tiefgarage





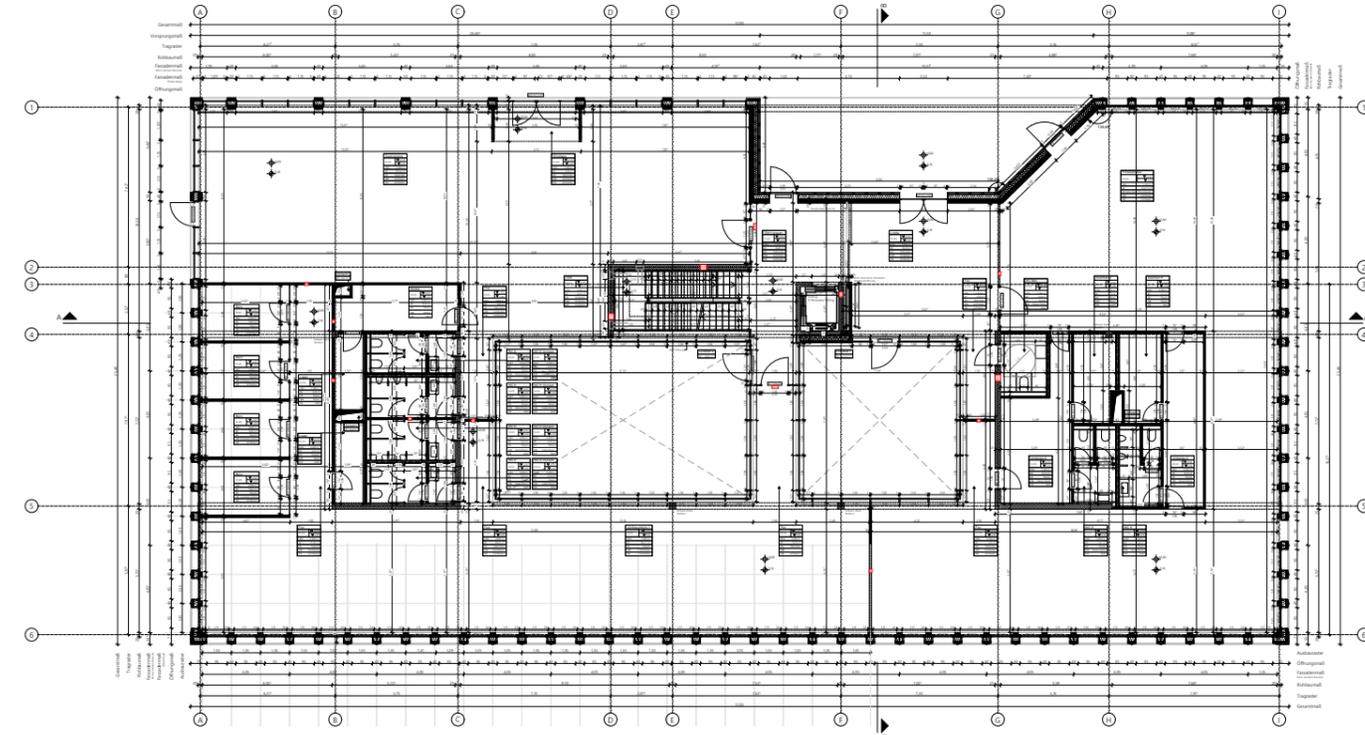
Ansicht Norden



Ansicht Westen

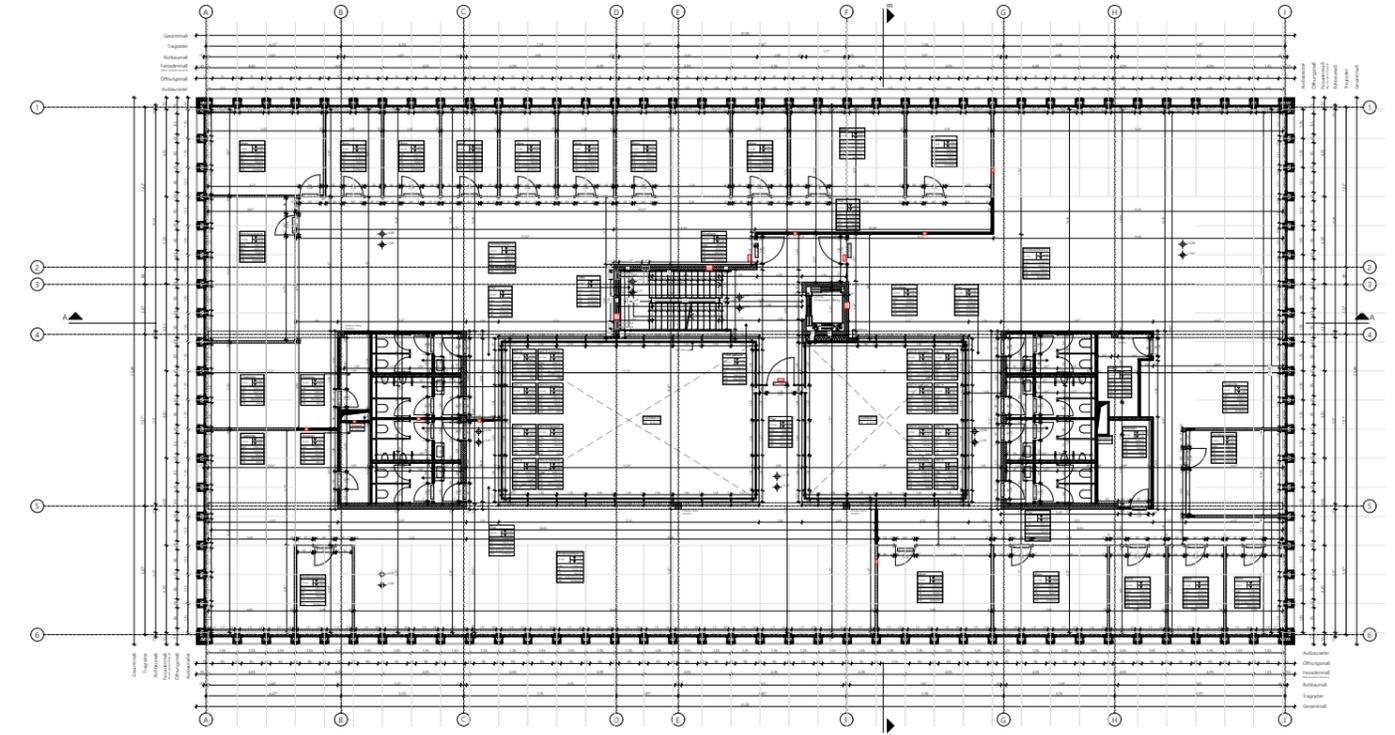
# WERKPLANUNG - GRUNDRISSSE

## DETAILIERUNG 1:50



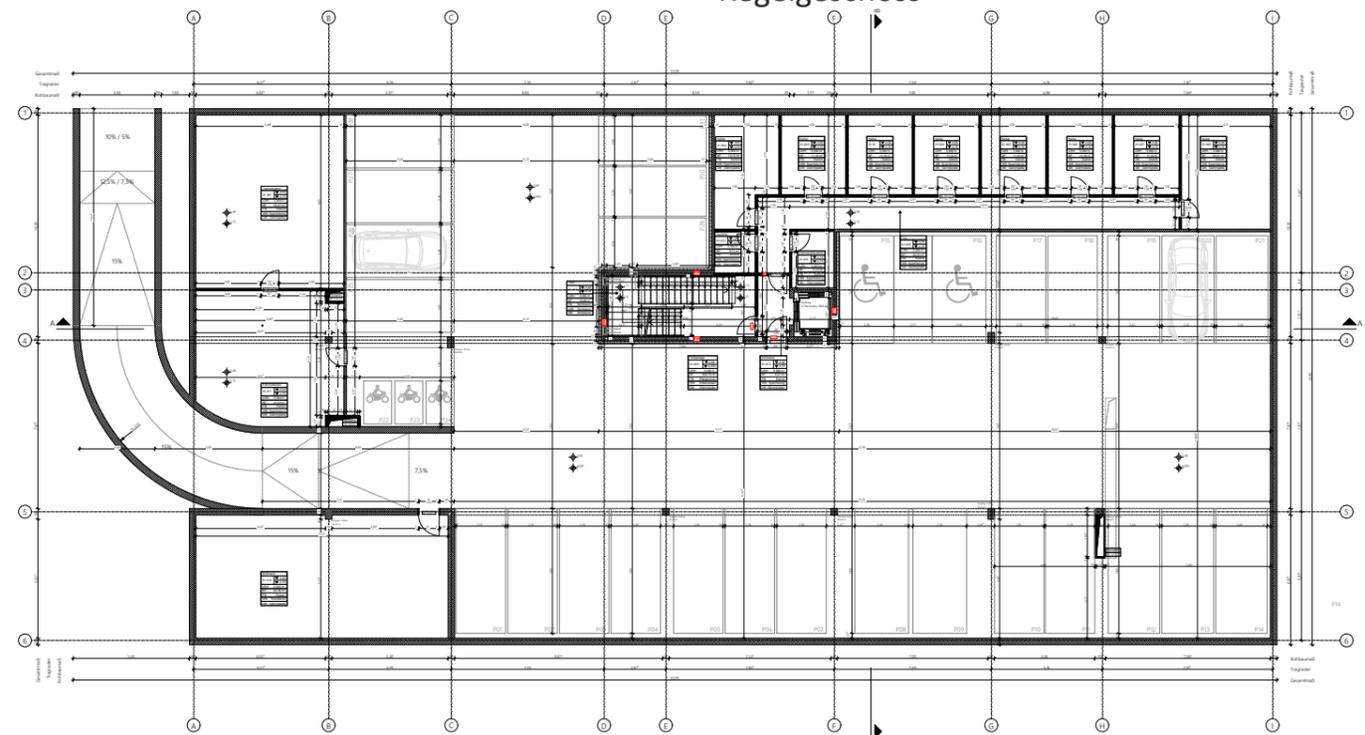
Allgemeine Abkürzungen				Materialien / Schriftarten				Werkplanung Erdgeschoss M 1:50 Baukonstruktion 6, WS 2021, Frankfurt University of Applied Sciences Prof. Dominik Wirtgen / Prof. Holger Tegen Laura Kuger, Jonas Lutter, Linus Hattmer
▽ OK Fertigfußboden	WB Wandbelag	BRH Brüstungshöhe	BRH Brüstungshöhe	▨ Stahlbeton	▨ weiche Dämmung	▨ Gipskarton	Alle Maße sind vor Baubeginn örtlich und nachweislich zu prüfen. Eventuelle Unstimmigkeiten sind mit den Architekten und der örtlichen Baubehörde abzustimmen. Die Werkpläne gelten nur in Verbindung mit den Detailskizzen des Architekten, sowie den Schnitt- und Bestimmungslinien des Strukturs. Alle Angaben und konstruktiven Bauteile müssen nach gültiger technischer Beschreibung hergestellt werden. Die Aufgaben des Bauherrn, die zugehörigen DIN-Vorschriften mit allen daraus resultierenden bautechnischen Notwendigkeiten sind genauere bei der Ausführung zu beachten.	
▲ UK Fertigfußboden	DB Deckenbelag	LRH Lichte Raumhöhe	LRH Lichte Raumhöhe	▨ Fertigteil	▨ Gipskarton	▨ Mauerwerk		
▽ OK Rohbau	⊕ OK Rohfußboden	BF Brutto Fläche	AHD Abhangendecke	▨ Estrich	▨ weiche Dämmung	▨ Bodendurchbruch		
▲ UK Rohbau	⊕ OK Fertigfußboden	FB Fußbodenbelag		▨ harte Dämmung				

Erdgeschoss



Allgemeine Abkürzungen				Materialien / Schriftarten				Werkplanung Regelgeschoss M 1:50 Baukonstruktion 6, WS 2021, Frankfurt University of Applied Sciences Prof. Dominik Wirtgen / Prof. Holger Tegen Laura Kuger, Jonas Lutter, Linus Hattmer
▽ OK Fertigfußboden	WB Wandbelag	BRH Brüstungshöhe	BRH Brüstungshöhe	▨ Stahlbeton	▨ weiche Dämmung	▨ Gipskarton	Alle Maße sind vor Baubeginn örtlich und nachweislich zu prüfen. Eventuelle Unstimmigkeiten sind mit den Architekten und der örtlichen Baubehörde abzustimmen. Die Werkpläne gelten nur in Verbindung mit den Detailskizzen des Architekten, sowie den Schnitt- und Bestimmungslinien des Strukturs. Alle Angaben und konstruktiven Bauteile müssen nach gültiger technischer Beschreibung hergestellt werden. Die Aufgaben des Bauherrn, die zugehörigen DIN-Vorschriften mit allen daraus resultierenden bautechnischen Notwendigkeiten sind genauere bei der Ausführung zu beachten.	
▲ UK Fertigfußboden	DB Deckenbelag	LRH Lichte Raumhöhe	LRH Lichte Raumhöhe	▨ Fertigteil	▨ Gipskarton	▨ Mauerwerk		
▽ OK Rohbau	⊕ OK Rohfußboden	BF Brutto Fläche	AHD Abhangendecke	▨ Estrich	▨ harte Dämmung	▨ Bodendurchbruch		
▲ UK Rohbau	⊕ OK Fertigfußboden	FB Fußbodenbelag		▨ harte Dämmung				

Regelgeschoss



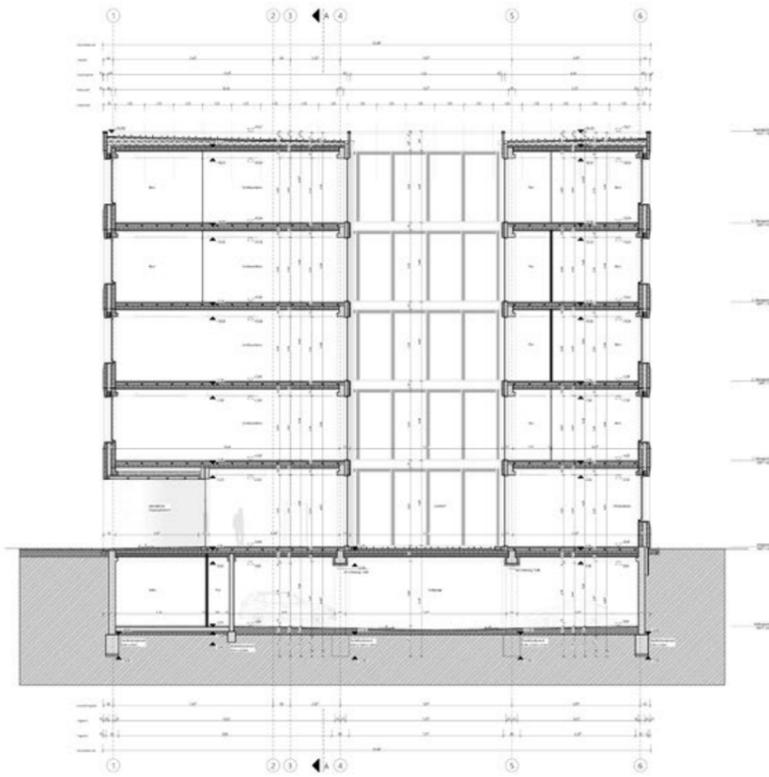
Allgemeine Abkürzungen				Materialien / Schriftarten				Werkplanung Tiefgarage M 1:50 Baukonstruktion 6, WS 2021, Frankfurt University of Applied Sciences Prof. Dominik Wirtgen / Prof. Holger Tegen Laura Kuger, Jonas Lutter, Linus Hattmer
▽ OK Fertigfußboden	WB Wandbelag	BRH Brüstungshöhe	BRH Brüstungshöhe	▨ Stahlbeton	▨ weiche Dämmung	▨ Gipskarton	Alle Maße sind vor Baubeginn örtlich und nachweislich zu prüfen. Eventuelle Unstimmigkeiten sind mit den Architekten und der örtlichen Baubehörde abzustimmen. Die Werkpläne gelten nur in Verbindung mit den Detailskizzen des Architekten, sowie den Schnitt- und Bestimmungslinien des Strukturs. Alle Angaben und konstruktiven Bauteile müssen nach gültiger technischer Beschreibung hergestellt werden. Die Aufgaben des Bauherrn, die zugehörigen DIN-Vorschriften mit allen daraus resultierenden bautechnischen Notwendigkeiten sind genauere bei der Ausführung zu beachten.	
▲ UK Fertigfußboden	DB Deckenbelag	LRH Lichte Raumhöhe	LRH Lichte Raumhöhe	▨ Fertigteil	▨ Gipskarton	▨ Mauerwerk		
▽ OK Rohbau	⊕ OK Rohfußboden	BF Brutto Fläche	AHD Abhangendecke	▨ Estrich	▨ harte Dämmung	▨ Bodendurchbruch		
▲ UK Rohbau	⊕ OK Fertigfußboden	FB Fußbodenbelag		▨ harte Dämmung				

Tiefgarage



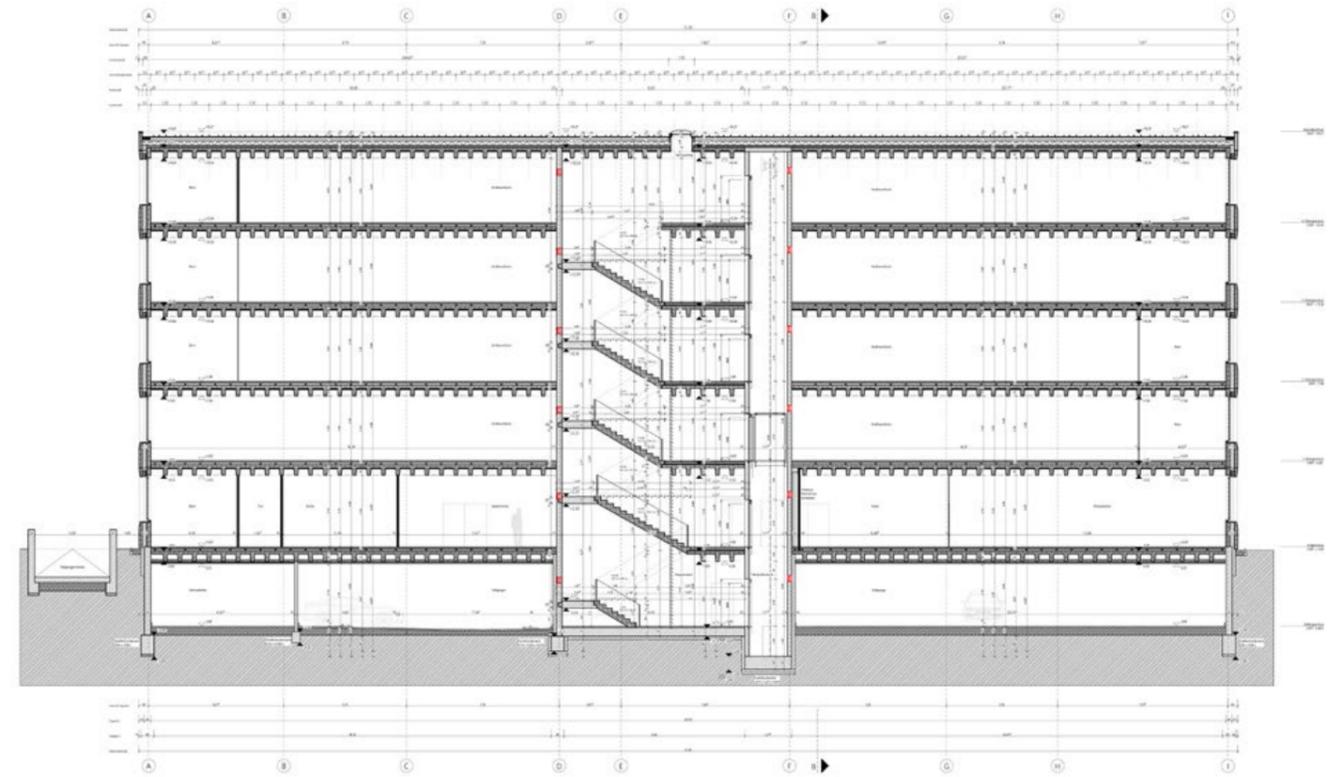
# WERKPLANUNG - SCHNITTE

## DETAILIERUNG 1:50



Allgemeine Abkürzungen				Materialien / Schraffuren				Werkplanung Schnitt B-B M 1:50
▽ OK Fertigfußboden	WS Wandbelag	BRH Brüstungshöhe	BRH Brüstungshöhe	Stahlbeton	weiche Dämmung	<p>Alle Maße sind vor Baubeginn richtig und vollständig zu geben. Eventuelle Unstimmigkeiten sind mit den Architekten und der örtlichen Bauaufsicht abzuklären.</p> <p>Die Werkpläne gelten nur in Verbindung mit den Detailplänen des Bauwerks, sowie den Sitzen und Bestimmungspunkten des Baubereichs.</p> <p>Alle Höhen- und konstruktiven Details müssen nach geltender technischer Beschreibung hergestellt werden.</p> <p>Die Aufgaben des Bauwerks, die zuzuführenden DBL, Vorschriften mit allen sonstigen maßgebenden technischen Normenstandards sind genauere bei der Ausführung zu beachten.</p>	<p>Baukonstruktion 6, WS 2021, Frankfurt University of Applied Sciences Prof. Dominik Witzling / Prof. Holger Tietzen Laura Kuger, Jonas Luther, Lukas Höttemer</p>	
▲ UK Fertigfußboden	DB Deckenbelag	LRH Lichte Raumhöhe	LRH Lichte Raumhöhe	Fertigteil	Gipskarton			
▽ OK Rohbau	→ OK Rohfußboden	BF Bruttofläche	AHD Abhangdicke	Estrich	Mauwerk			
▲ UK Rohbau	⇄ OK Fertigfußboden	FB Fußbodenbelag		harte Dämmung	Bodendurchbruch			

Querschnitt B-B



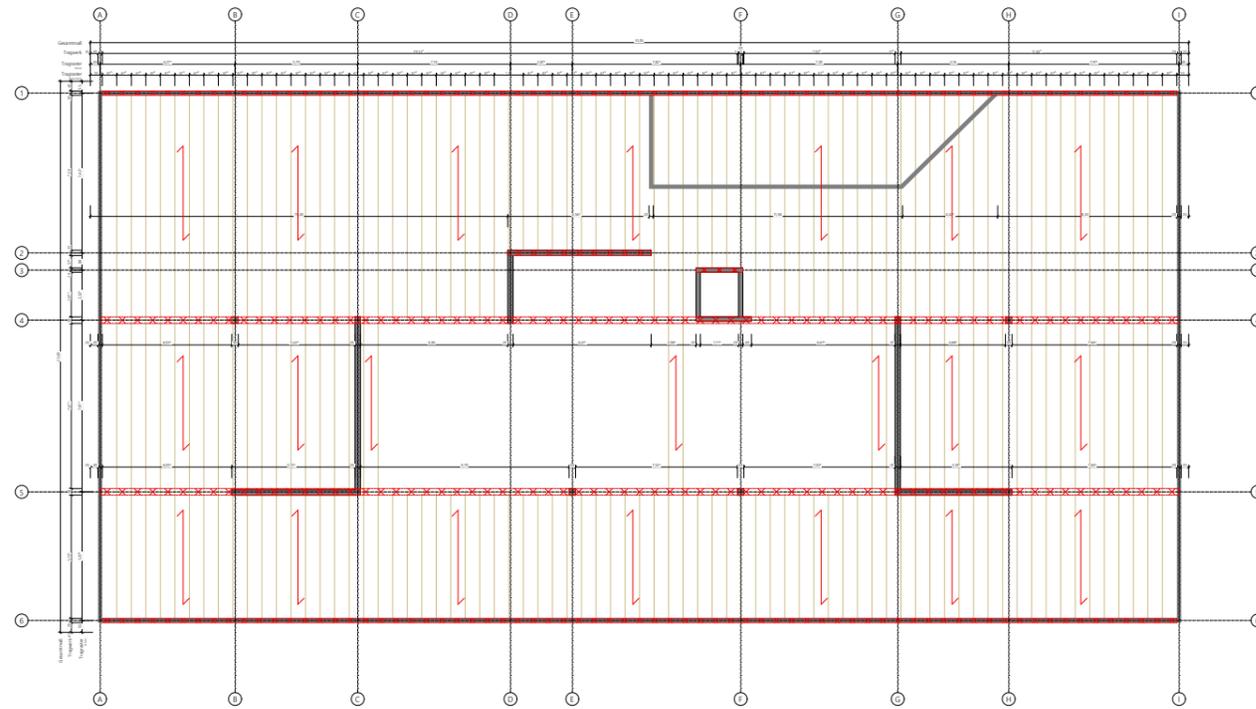
Allgemeine Abkürzungen				Materialien / Schraffuren				Werkplanung Schnitt A-A M 1:50
▽ OK Fertigfußboden	WS Wandbelag	BRH Brüstungshöhe	BRH Brüstungshöhe	Stahlbeton	weiche Dämmung	<p>Alle Maße sind vor Baubeginn richtig und vollständig zu geben. Eventuelle Unstimmigkeiten sind mit den Architekten und der örtlichen Bauaufsicht abzuklären.</p> <p>Die Werkpläne gelten nur in Verbindung mit den Detailplänen des Bauwerks, sowie den Sitzen und Bestimmungspunkten des Baubereichs.</p> <p>Alle Höhen- und konstruktiven Details müssen nach geltender technischer Beschreibung hergestellt werden.</p> <p>Die Aufgaben des Bauwerks, die zuzuführenden DBL, Vorschriften mit allen sonstigen maßgebenden technischen Normenstandards sind genauere bei der Ausführung zu beachten.</p>	<p>Baukonstruktion 6, WS 2021, Frankfurt University of Applied Sciences Prof. Dominik Witzling / Prof. Holger Tietzen Laura Kuger, Jonas Luther, Lukas Höttemer</p>	
▲ UK Fertigfußboden	DB Deckenbelag	LRH Lichte Raumhöhe	LRH Lichte Raumhöhe	Fertigteil	Gipskarton			
▽ OK Rohbau	→ OK Rohfußboden	BF Bruttofläche	AHD Abhangdicke	Estrich	Mauwerk			
▲ UK Rohbau	⇄ OK Fertigfußboden	FB Fußbodenbelag		harte Dämmung	Bodendurchbruch			

Längsschnitt A-A



# WERKPLANUNG - STATIK

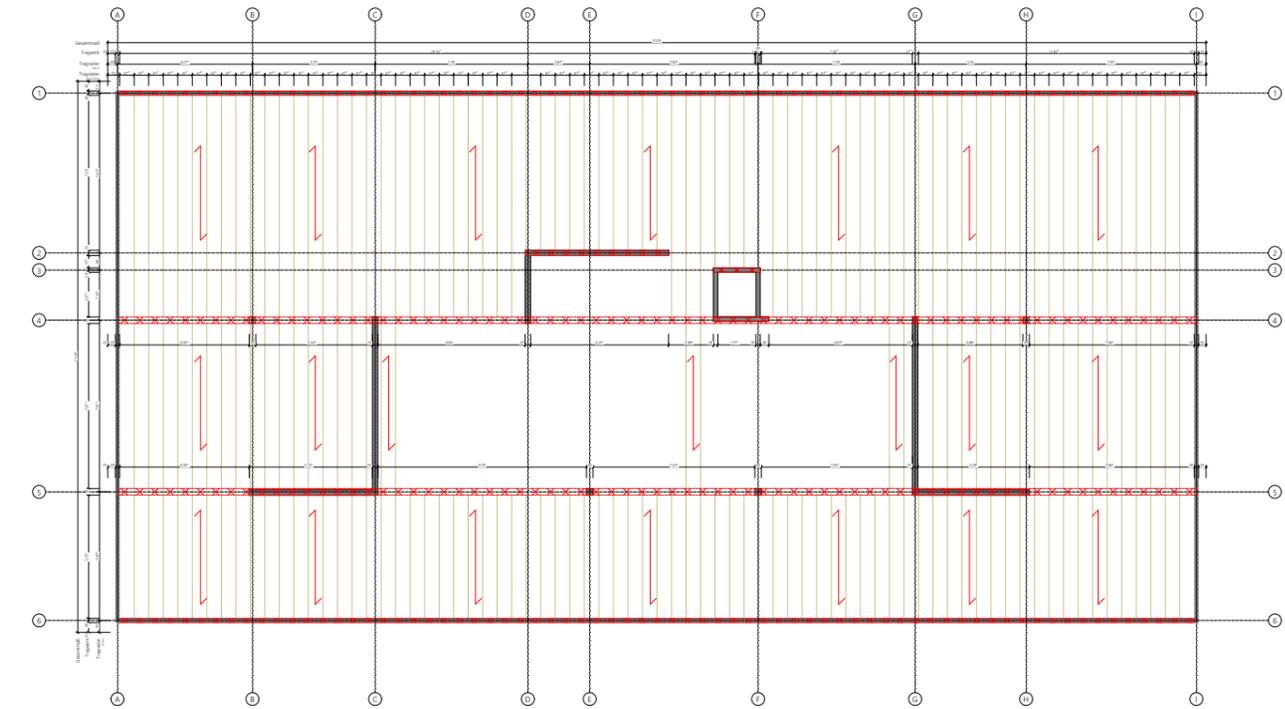
## DETAILIERUNG 1:50



Allgemeine Abkürzungen		Materialien / Schriftarten				Statisch	
▽ OK Fertigfußboden	WB Wandbelag	BRH Brüstungshöhe	BRH Brüstungshöhe	Stahlbeton	weiche Dämmung	Haupttragendes Bauteil	
▲ UK Fertigfußboden	DB Deckenbelag	LRH Lichte Raumhöhe	LRH Lichte Raumhöhe	Fertigteile	Gipskarton	Tragende / Aussteifende Wand	
▽ OK Rohbau	OK Rohfußboden	BF Brutto Fläche	AHD Abhangende	Estrich	Mauwerk	Spannrichtung	
▲ UK Rohbau	OK Fertigfußboden	FB Fußbodenbelag		harte Dämmung	Bodendurchbruch	Rippendecke	

Alle Maße sind vor Baubeginn örtlich und nachträglich zu prüfen. Eventuelle Umänderungen sind mit den Architekten und der örtlichen Bauleitung abzustimmen.  
Die Werkpläne gelten nur in Verbindung mit den Detailskizzen des Architekten, sowie den Schnitt- und Baubestimmungen des Statikers.  
Alle tragenden und konstruktiven Bauteile müssen nach gültiger statischer Berechnung hergestellt werden.  
Die Aufgaben des Bauherrn, die zugehörigen DIN-Vorschriften mit allen daraus resultierenden bautechnischen Notwendigkeiten sind genauere bei der Ausführung zu beachten.

Werkplanung  
Erdgeschoss M 1:50  
Baukonstruktion 6, WS 2021, Frankfurt University of Applied Sciences  
Prof. Dominik Wirtgen / Prof. Holger Tachen  
Laura Kuger, Jonas Luther, Linus Hattner



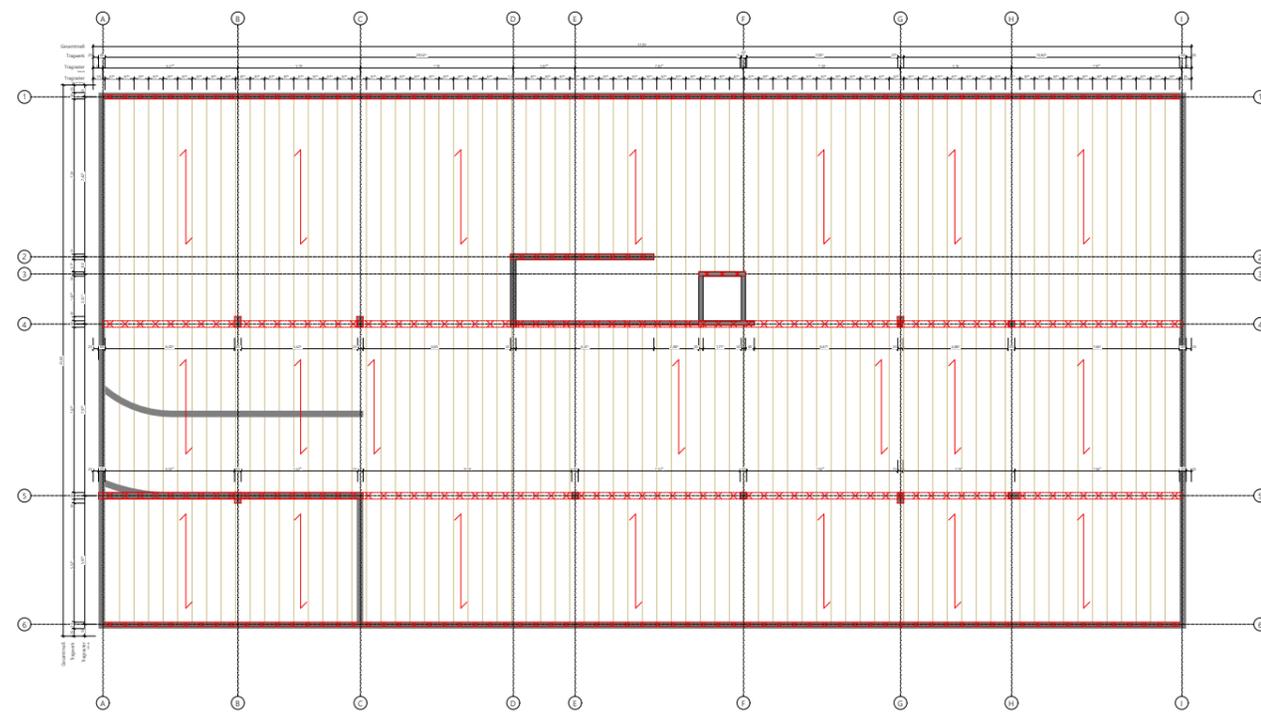
Allgemeine Abkürzungen		Materialien / Schriftarten				Statisch	
▽ OK Fertigfußboden	WB Wandbelag	BRH Brüstungshöhe	BRH Brüstungshöhe	Stahlbeton	weiche Dämmung	Haupttragendes Bauteil	
▲ UK Fertigfußboden	DB Deckenbelag	LRH Lichte Raumhöhe	LRH Lichte Raumhöhe	Fertigteile	Gipskarton	Tragende / Aussteifende Wand	
▽ OK Rohbau	OK Rohfußboden	BF Brutto Fläche	AHD Abhangende	Estrich	Mauwerk	Spannrichtung	
▲ UK Rohbau	OK Fertigfußboden	FB Fußbodenbelag		harte Dämmung	Bodendurchbruch	Rippendecke	

Alle Maße sind vor Baubeginn örtlich und nachträglich zu prüfen. Eventuelle Umänderungen sind mit den Architekten und der örtlichen Bauleitung abzustimmen.  
Die Werkpläne gelten nur in Verbindung mit den Detailskizzen des Architekten, sowie den Schnitt- und Baubestimmungen des Statikers.  
Alle tragenden und konstruktiven Bauteile müssen nach gültiger statischer Berechnung hergestellt werden.  
Die Aufgaben des Bauherrn, die zugehörigen DIN-Vorschriften mit allen daraus resultierenden bautechnischen Notwendigkeiten sind genauere bei der Ausführung zu beachten.

Werkplanung  
Regelgeschoss M 1:50  
Baukonstruktion 6, WS 2021, Frankfurt University of Applied Sciences  
Prof. Dominik Wirtgen / Prof. Holger Tachen  
Laura Kuger, Jonas Luther, Linus Hattner

Erdgeschoss

Regelgeschoss



Allgemeine Abkürzungen		Materialien / Schriftarten				Statisch	
▽ OK Fertigfußboden	WB Wandbelag	BRH Brüstungshöhe	BRH Brüstungshöhe	Stahlbeton	weiche Dämmung	Haupttragendes Bauteil	
▲ UK Fertigfußboden	DB Deckenbelag	LRH Lichte Raumhöhe	LRH Lichte Raumhöhe	Fertigteile	Gipskarton	Tragende / Aussteifende Wand	
▽ OK Rohbau	OK Rohfußboden	BF Brutto Fläche	AHD Abhangende	Estrich	Mauwerk	Spannrichtung	
▲ UK Rohbau	OK Fertigfußboden	FB Fußbodenbelag		harte Dämmung	Bodendurchbruch	Rippendecke	

Alle Maße sind vor Baubeginn örtlich und nachträglich zu prüfen. Eventuelle Umänderungen sind mit den Architekten und der örtlichen Bauleitung abzustimmen.  
Die Werkpläne gelten nur in Verbindung mit den Detailskizzen des Architekten, sowie den Schnitt- und Baubestimmungen des Statikers.  
Alle tragenden und konstruktiven Bauteile müssen nach gültiger statischer Berechnung hergestellt werden.  
Die Aufgaben des Bauherrn, die zugehörigen DIN-Vorschriften mit allen daraus resultierenden bautechnischen Notwendigkeiten sind genauere bei der Ausführung zu beachten.

Werkplanung  
Tiefgarage M 1:50  
Baukonstruktion 6, WS 2021, Frankfurt University of Applied Sciences  
Prof. Dominik Wirtgen / Prof. Holger Tachen  
Laura Kuger, Jonas Luther, Linus Hattner

Tiefgarage



## THEMATIK

- CRADLE TO CRADLE
- RÜCKFÜHRUNG EINZELNER BAUTEILE IN DEN STOFFKREISLAUF
- SYSTEMMÖGLICHKEITEN ZUR TROCKENEN, DEMONTIERBAREN VERBINDUNG VON BETONFERTIGTEILEN



## CRADLE TO CRADLE - GRUNDIDEE

### Entstehung:

Der Chemiker Michael Braungart und der US-amerikanische Architekt William McDonough entwickeln im Jahr 2002 das Grundkonzept des perfekten Kreislaufes.

Während bei einer linearen Denkweise ein Produkt produziert, verwendet und dann meistens auf dem Müll landet, soll in einer kreisförmigen Wirtschaft kein Müll entstehen, da Produkte und Rohstoffe immer wieder verwendet werden: Von der Wiege zur Wiege.

Abgeleitet auf die Architektur betrachtet man Gebäude also als Materialbanken, welche nach Ende ihrer Nutzungszeit ohne Verschleiß von Materialien auskommen.

### Drei Grundprinzipien:

- Abfall als Nährstoff (Ressourcenschutz und kontinuierliche Stoffkreisläufe)
- Nutzung regenerativer Energien
- Förderung von kultureller und biologischer Diversität

### Unterteilung in Kreisläufe:

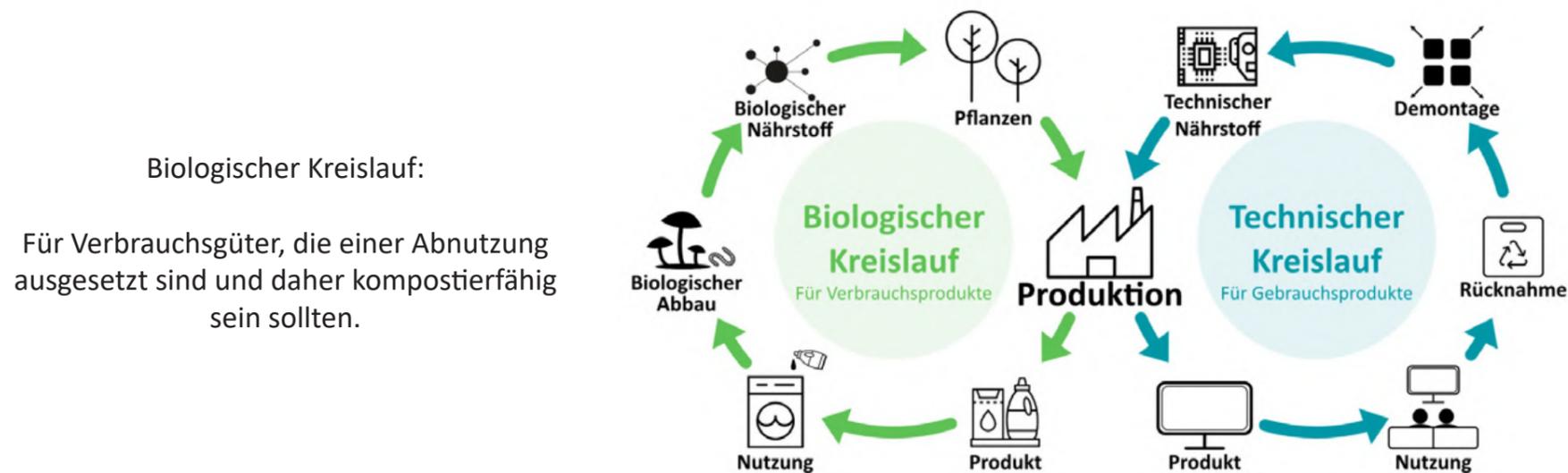


Abb.1

Biologischer Kreislauf:

Für Verbrauchsgüter, die einer Abnutzung ausgesetzt sind und daher kompostierfähig sein sollten.

Technischer Kreislauf:

Für Materialien wie z.B. Metalle oder Kunststoffe, deren Verfügbarkeit begrenzt ist und die deshalb immer wieder als Sekundärrohstoffe eingesetzt werden sollten.

### Umsetzung:

Für eine erfolgreiche Umsetzung dieser radikalen Idee müssten gegenwärtige Produkte grundlegend umgedacht werden.

Es beginnt beim Produktdesign, führt über die Herstellung und Nutzung, bis hin zur Rücknahme der Produkte. Daraus resultieren würde eine Welt frei von Müll.



## Aktuelle Situation

- Klebeverbindungen, Beschichtungen und andere Verbindstoffe müssen auf der Deponie entsorgt werden
- Materialverbrauch eines Gebäudes in Zukunft wichtiger als der Energieverbrauch
- Gebäude werden oft nur für einen zukunftsnahe Nutzungszeitraum geplant und dann abgerissen

## Cradle to Cradle am Beispiel des Betonbaus:

- Recycling-Beton ist momentan ein Downcycling Produkt und erfüllt daher nicht das Grundkonzept des C2C-Ansatzes
- CO<sub>2</sub>-Freisetzung von Beton sehr hoch



## Möglichkeiten und Ziele nach Cradle to Cradle

- Die Fügung und Verbindung von Bauteilen müssen sortenrein demontierbar sein, damit Einzelteile wieder in den Kreislauf zurückgeführt werden können.
- Recyclingfähigkeit eines Gebäudes muss als integraler Bestandteil eines Gebäudes mitgedacht werden

## Möglichkeiten für den Betonbau:

- Wiederverwendung von Betonteilen muss stärker erforscht und ausprobiert werden
- Beton muss in der Zusammensetzung und in der Anwendung optimiert werden -> z.B. lässt sich Portlandzement, wie bei Geopolymeren, schon durch gebrannte natürliche Aschen ersetzen, technisch funktioniert das gut, in der Bauindustrie noch nicht wirklich umgesetzt

## Pilotprojekte in der Architektur



### RAG: Pilotprojekt auf Zeche Zollverein

- zweigeschossiges Gebäude mit begrünter, begehbare Dachlandschaft
- die Fassade besteht hauptsächlich aus bereits C2C-zertifizierten Baustoffen und verzichtet auf Verklebungen
- Rückbau und die Wiederverwendung in großen Teilen möglich

### Venloer Rathaus (Niederlande)

- umfangreich nach C2C durchgeplantes Gebäude mit innovativem Energiekonzept, Wassernutzung und Gebäudevision
- dabei gibt es u.a. begrünte Fassaden, ein Gewächshaus, Energiebedarfsdeckung mit einem Mix aus Solar-Strom, Abwärme- bzw. Kältenutzung aus der Tiefgarage und passiver Sonnenenergienutzung

### The Cradle: Holzhybridbau in Düsseldorf

- Rautenförmige Holzfassade als Tragwerk, spendet Schatten und unterstützt die natürliche Belüftung
- Konstruktion aus Steckverbindungen statt Verbundwerkstoffen und Klebeverbindungen
- Kreislaufgedanke wird nicht nur auf die Materialwahl angewendet, sondern u.a. auch auf die Nutzung des Gebäudes

### C2C Lab: Reallabor in Berlin

- Bestandssanierung einer 400m<sup>2</sup> großen Büroebene innerhalb eines Plattenbaus in Berlin nach C2C-Standards
- umfangreich recherchierte Materialauswahl aus C2C-zertifizierten Produkten



## ANWENDUNG VON CRADLE TO CRADLE

### Kriterien für die Zertifizierung von Produkten:



#### Materialgesundheit

Gewährleistung der Sicherheit von Materialien für Mensch und Umwelt



#### Kreislauffähigkeit

Ermöglichung einer Kreislaufwirtschaft durch regenerative Produkte und Prozessdesign



#### Saubere Luft und Klimaschutz

Beitrag zur Erhaltung sauberer Luft, Förderung erneuerbarer Energien und Reduzierung schädlicher Emissionen



#### Verantwortungsvoller Umgang mit Wasser

Sicherstellung von sauberem Wasser und gesunden Böden



#### Soziale Gerechtigkeit

Achtung der Menschenrechte und Beitrag zu einer fairen und gerechten Gesellschaft

➔ Je nach Leistung eines Produkts in allen fünf Kategorien werden aufsteigende Zertifizierungsstufen von Bronze bis Platin vergeben

### Umsetzung von Cradle to Cradle

Um den Kreislaufgedanken von Cradle to Cradle in sich zu vollenden, müssen die Produkte und Rohstoffe auch nach ihrer Nutzungszeit betrachtet werden.



#### Möglichkeit A:

Produktleasing mit definiertem Nutzungszeitraum: Grundideen im Bereich Kreislaufwirtschaft u.a. nach C2C-Gründer Michael Braungart oder dem Architekten Thomas Rau vorgeschlagen wird dabei, technische Produktzyklen so zu verändern, dass Produkte im Eigentum der Hersteller bleiben und bloß deren Nutzung als Dienstleistung abgeboten wird.  
-> Idee: man möchte keinen Stuhl haben, aber sitzen



#### Möglichkeit B:

Rücknahme (-pflicht) durch den Produkthersteller

Beispiel: Teppichbodenhersteller nimmt nach der Nutzung die Teppichfliesen wieder zurück

-> Im Anschluss Wiederverwendung der Teppiche durch Zusammenarbeit mit Kunden, Partnern oder Recycling der Teppichmaterialien und Einsatz in neuen Produkten



#### Möglichkeit C:

Datenbanksystem/Bauelementbörse für alle Produkte, welche unabhängig vom Hersteller, Einzelteile auflistet und an Nutzer vertreibt

Beispiel: Betonfertigteile

-> bei manchen Produkten schwierig umsetzbar bzw. überhaupt realistisch



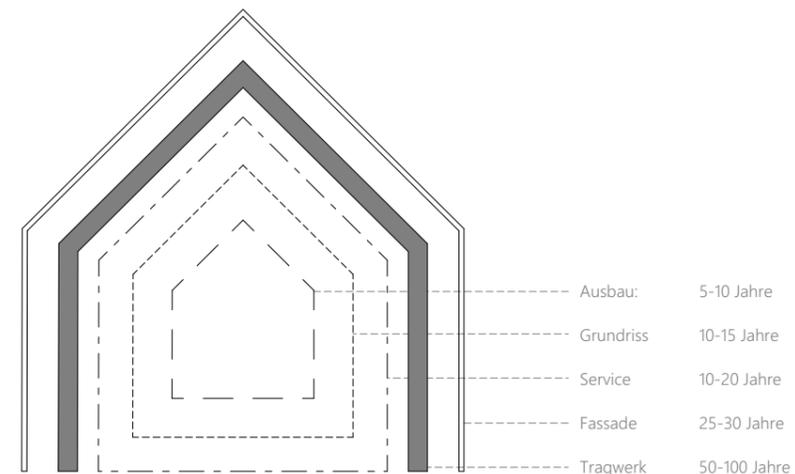
## THEMATIK

- CRADLE TO CRADLE
- RÜCKFÜHRUNG EINZELNER BAUTEILE IN DEN STOFFKREISLAUF
- SYSTEMMÖGLICHKEITEN ZUR TROCKENEN, DEMONTIERBAREN VERBINDUNGEN VON BETONFERTIGTEILEN

# RÜCKFÜHRUNG EINZELNER BAUTEILE IN DEN STOFFKREISLAUF (1)

## Austauschcluster eines Gebäudes:

Im Sinne einer nachhaltigen Entwicklung der Bauwirtschaft sollten Gebäude zukünftig so konzipiert werden, dass ein zu unterschiedlichen Zeiten erfolgender Umbau bzw. Ersatz der einzelnen Cluster ohne Beeinflussung der jeweils anderen Cluster stattfinden kann.



## Grundmuster für die Gebäudedemontage:

Das Gebäude wird im Wesentlichen in umgekehrter Reihenfolge in seine Einzelbestandteile zerlegt.

erster Teil:  
weitgehend sortenreine Demontage aller Einzelteile bis zum reinen Rohbau

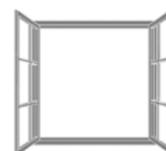
Demontage von auf Putz verlegten Rohrleitungen und Kabeln



Demontage von abgehängten Decken, samt der dahinter liegenden Rohrleitungen und Verkabelungen



Demontage von beweglichen Innenteilen: z.B. Türblätter



Demontage von Wandverkleidungen



Abbruch der Fußbodenkonstruktionen in Einzelfraktionen: Teppich bzw. Holzfußböden, Estrich bzw. Doppelbodenplatten, Schüttungen oder unter dem Doppelboden verlegte Rohrleitungen und Kabelkanäle



Demontage der Fenster und Außentürsysteme

Demontage von Fassadenverkleidungen: Eternitfassaden, Holzverschalungen, vorgehängte Steinfassaden, etc.

Demontage von nicht tragenden Trennwänden aus Ziegel, Gipssteinen, Gipskarton, Holz, Alu/Glas

zweiter Teil:  
Demontage des Rohbaus, welcher durch reversible Verbindungen gelöst werden kann

Zuletzt wird die weitgehend lösbare mineralische Struktur des Gebäudes rückgebaut bzw. abgebrochen.



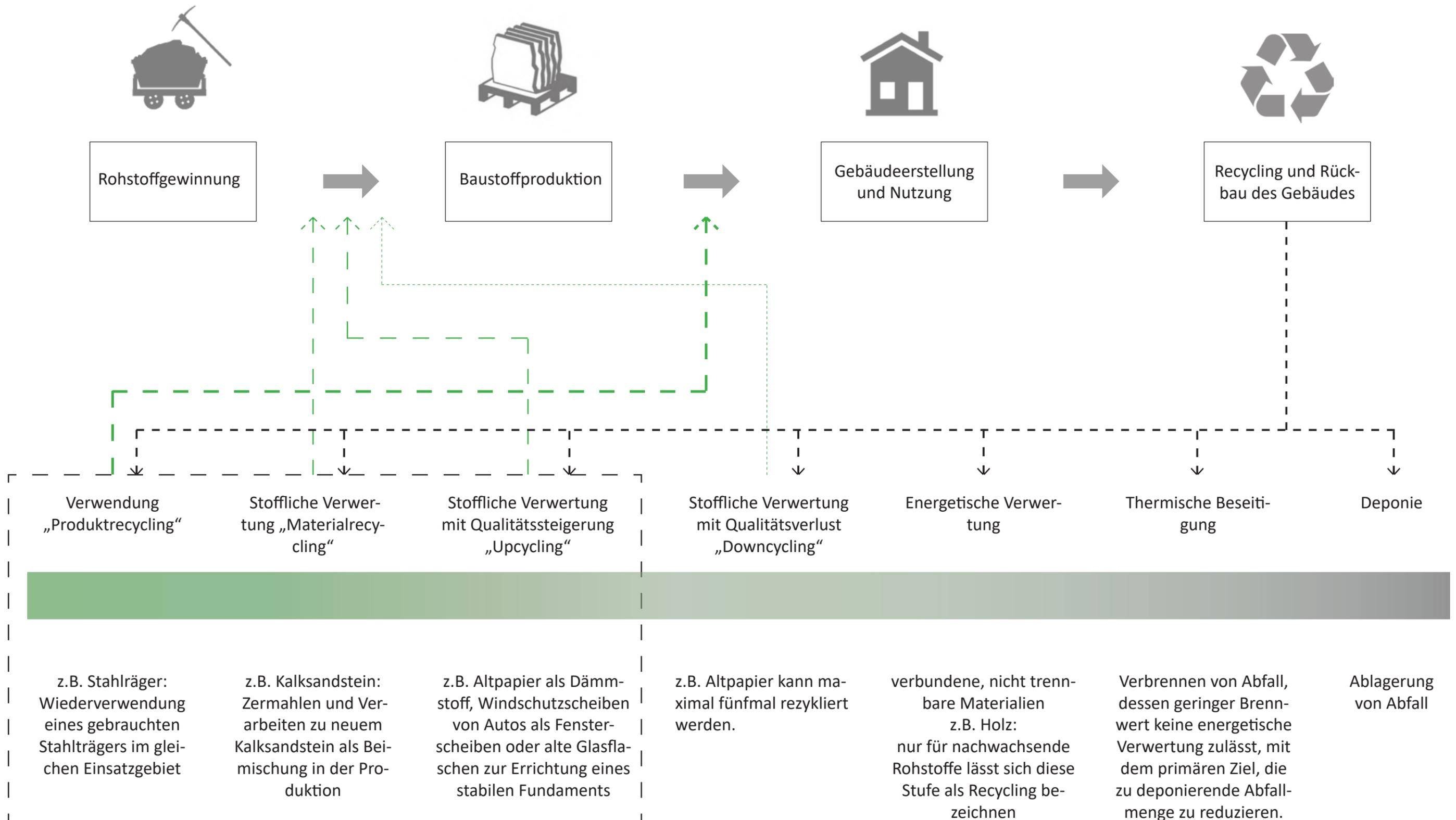
Anschließend: Dokumentation des Gebäudes  
Rückführung der Einzelprodukte in den technischen und biologischen Kreislauf



# RÜCKFÜHRUNG EINZELNER BAUTEILE IN DEN STOFFKREISLAUF (2)

## Möglichkeiten der Wiederverwendung von Bauteilen

Entstehungsprozess eines Gebäudekörpers



Bereich Cradle to Cradle



## RÜCKFÜHRUNG EINZELNER BAUTEILE IN DEN STOFFKREISLAUF (3)

### Analyse des Spendergebäudes

Für die Wiederverwendung von Betonelementen ist eine genaue Erfassung des Spendergebäudes erforderlich. Ziel der Gebäudeerfassung in Vorbereitung und Wiederverwendungen ist eine genaue Bauteil bzw. Bauelementaufnahme, um das verfügbare Potenzial und den Bauzustand bzw. die Qualität dieser (Wiederverwendungseignung) zu ermitteln.



### Grundanforderungen für den Wiedereinsatz von Stahlbetonelementen

Anforderungen bei der Planung, Ausführung, Demontage und Wiederverwendung  
[nach Mettke, 1995, S. 161]

- Gewährleistung der Zugänglichkeit und Demontierbarkeit im Gebäude
- Nachweis ausreichender Restgebrauchseigenschaften und Prognose der Restnutzungsdauer
- Gewährleistung der Standsicherheit während des Demontagevorgangs und danach
- Sicherung der Remontierbarkeit
- Transport, Umschlag, Lagerung
- Beachtung rechtlicher Gegebenheiten



### Eignungsprüfung von Betonelementen:

Definition der Gebrauchseigenschaften der rückgebauten Elemente anhand möglicher Verschleiß- u./o. Schadensbilder sowie Einbaubedingungen:  
[nach Mettke, 2008b, Teil 2, S. 23 f.].

- Risse und Rissbilder
- Fugen- und Anschlussausbildungen
- Abplatzungen und Absandungen
- Poren, Lunker, Kiesneste
- Anstriche, Ausbesserungsstellen, Bewuchs
- Verschmutzungen und Ausblühungen
- stehendes Wasser und Undichtheiten

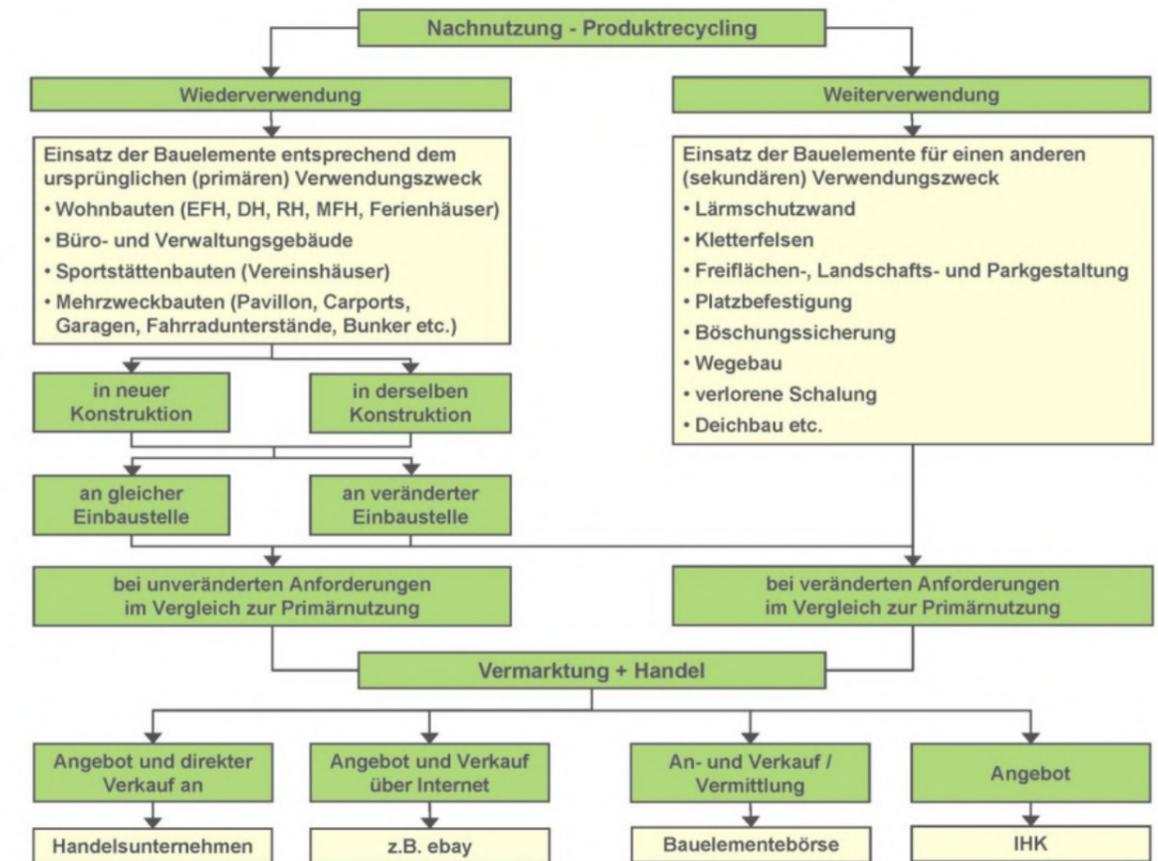


Abb. 6: Zum Teil erprobte, sowie denkbare Einsatzbereiche für gebrauchte Betonbauteile

## THEMATIK

- CRADLE TO CRADLE
- RÜCKFÜHRUNG EINZELNER BAUTEILE IN DEN STOFFKREISLAUF
- SYSTEMMÖGLICHKEITEN ZUR TROCKENEN, DEMONTIERBAREN VERBINDUNG VON BETONFERTIGTEILEN

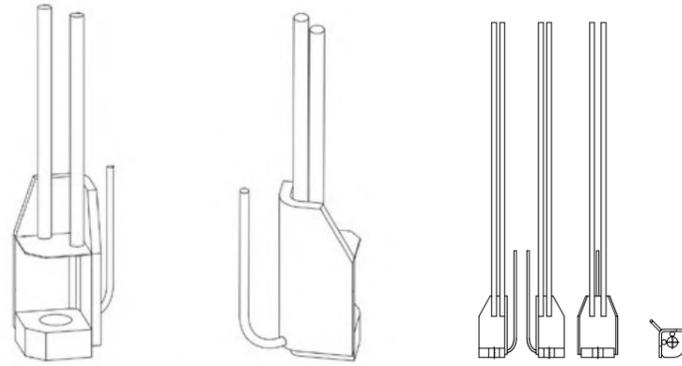


# SYSTEMMÖGLICHKEITEN ZUR TROCKENEN, DEMONTIERBAREN VERBINDUNG VON BETONFERTIGTEILEN (1)

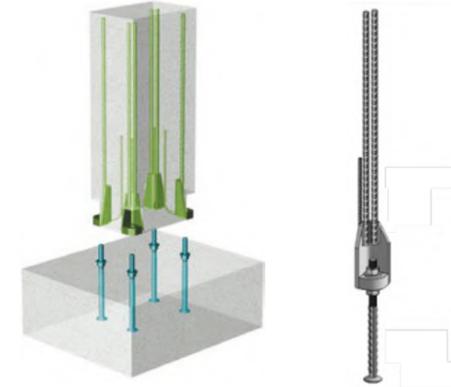
## Peikko - Schraubverbindung Stütze HPMK

- Schraubanschluss durch Stützenschuhe und Bolzenverbinder
- vorher in das passende Teil einbetoniert, um auf der Baustelle eine schnelle Montage zu ermöglichen
- gut demontierbar
- biegesteife Stützeinspannung zwischen Fundamenten und Fertigteilstützen möglich oder zwischen zwei Fertigteilstützen

➔ System hier in der Büroumplanung verwendet



Systemzeichnungen



Visualisierung

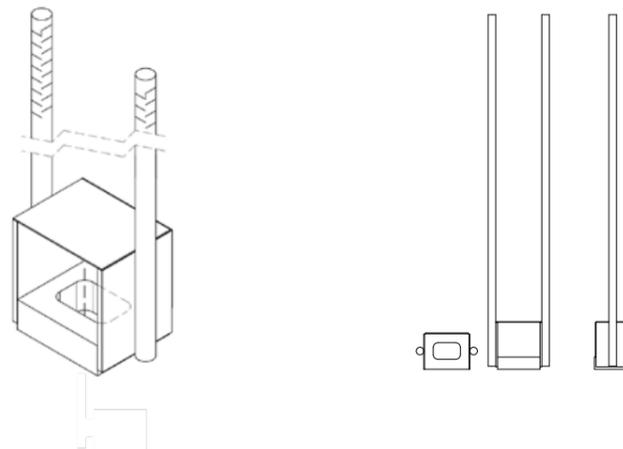


Fotografie: Systemeinsatz

## Peikko - Schraubverbindung Wandschuh „Sumo“

- Schraubanschluss durch Wandschuh und Ankerbolzen möglich
- relativ gut demontierbar, kommt jedoch auch nicht ganz ohne Vergussmörtel aus
- vorher in das passende Teil einbetoniert, um auf der Baustelle eine schnelle Montage zu ermöglichen

➔ System hier in der Büroumplanung verwendet



Systemzeichnungen



Visualisierung



Fotografie: Systemeinsatz

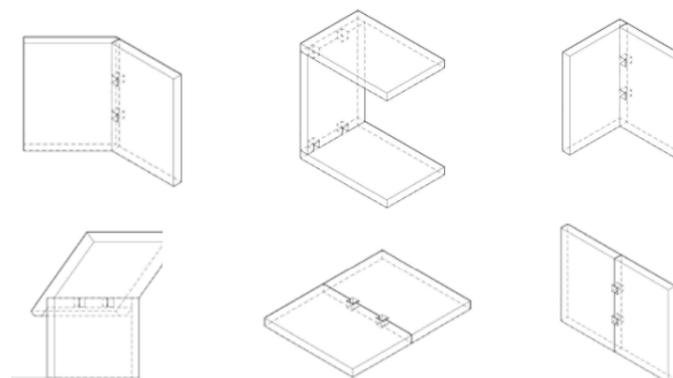


## SYSTEMMÖGLICHKEITEN ZUR TROCKENEN, DEMONTIERBAREN VERBINDUNG VON BETONFERTIGTEILEN (2)

### BT Innovation - Spanschlossverbindungen

- Spanschlossverbindungen, die eine kraftschlüssige Verbindung von Betonfertigteilen ohne mineralischen Verguss ermöglichen
- Spanschloss für Stumpfstoß-, Eckstoß- und Dreipunktverbindungen einsetzbar, dabei wird ein Aussparungskörper im Betonfertigteilerwerk eingelegt.
- Fugenverschluss durch Dichtband aus Butylkautschuk (RubberElast) ermöglicht trockene Bauteilabdichtungen

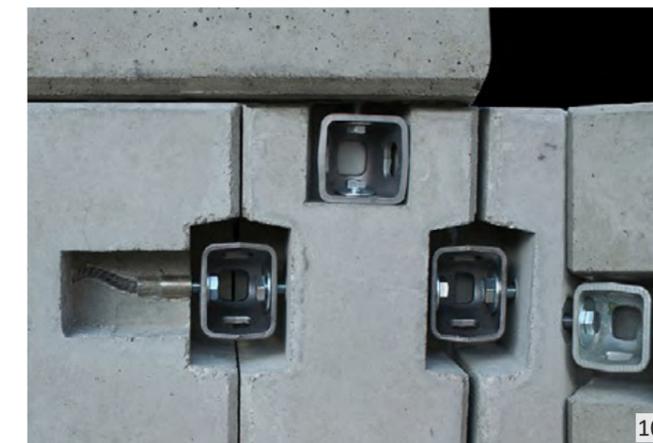
➔ System hier in der Büroumplanung verwendet, aufgrund des einfachen Grundprinzips und der Vielzahl von Einsatzmöglichkeiten



Systemzeichnungen



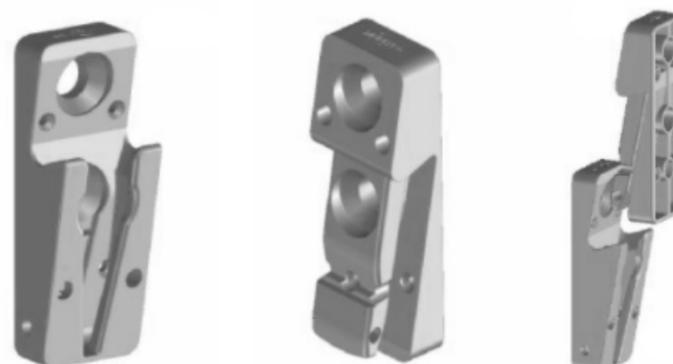
Visualisierung: Verbindergößen



Fotografie: Systemeinsatz

### Munitech Unicon Typ Powercon - Steckverbindungen

- Steckverbindung Typ Powercon, die das Fügen von Wand- und Deckenscheiben ermöglicht
- Schnellverbinder werden in den entsprechenden Aussparungen mittels Ankersystemen an den Fertigteilen montiert
- je nach erforderlichem Toleranzbereich können Verbundanker mit Gewindehülse oder Ankerschienen zur Befestigung vorgesehen werden
- Die Tragfähigkeit hängt somit auch stark von der Ausführung der Verankerung ab.



Systemperspektiven



Visualisierung: Einsatzgebiet



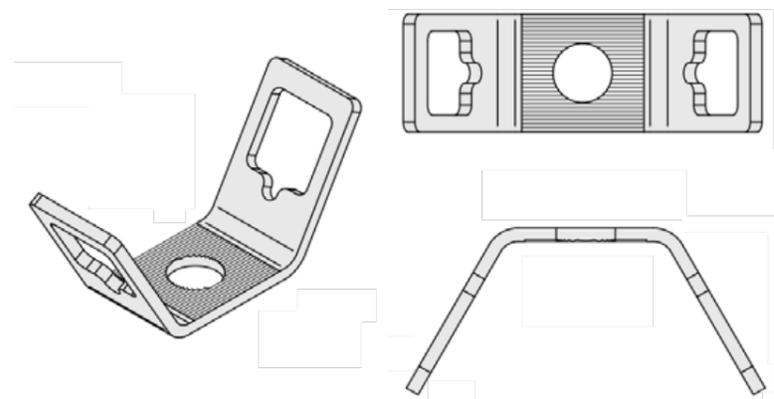
Fotografie: Systemeinsatz



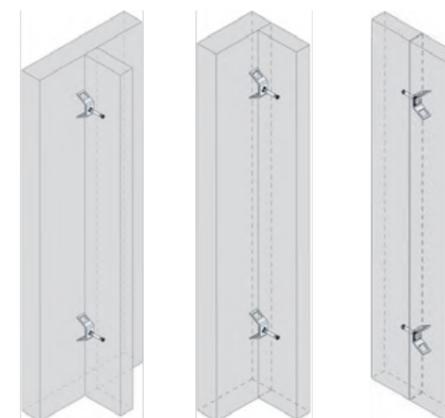
## SYSTEMMÖGLICHKEITEN ZUR TROCKENEN, DEMONTIERBAREN VERBINDUNG VON BETONFERTIGTEILEN (3)

### Halfen HEK Fertigteilverbinder

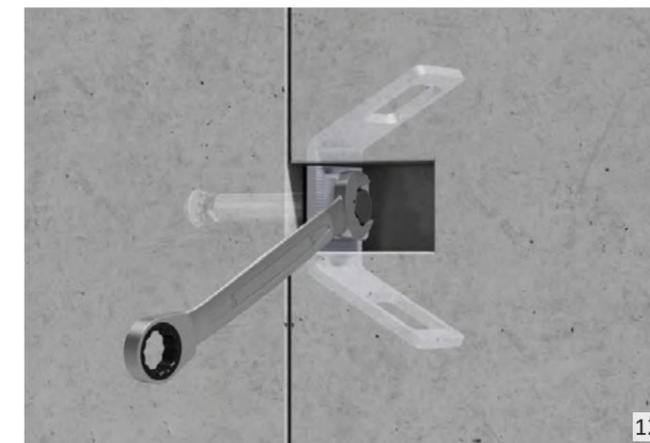
- schnelle, effiziente und witterungsunabhängige Montage von Betonfertigteilen
- sehr gut rückbaubar
- Witterungsunabhängige Montage
- kraftschlüssige Verbindung von Betonfertigteilen ohne mineralischen Verguss
- Betonfertigteile oberflächenbündig mit einer Montageausparung einbetoniert



Systemzeichnungen



Perspektiven: Fügungspunkte

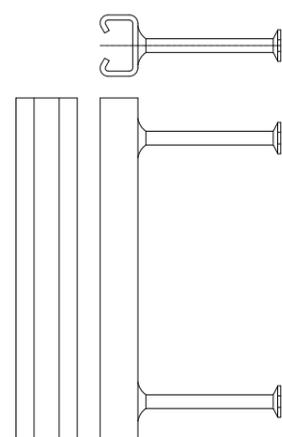


Visualisierung: Systemeinsatz

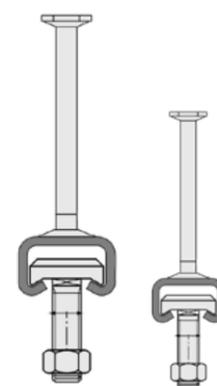
### HTA - Halfenschienen

- montagefreundliche und justierbare Befestigungen in Beton
- vorher im Fertigteilwerk einzubetonieren
- lösbare Verbindung

➔ System hier in der Büroumplanung verwendet, aufgrund des einfachen Grundprinzips und der Vielzahl von Einsatzmöglichkeiten



Systemzeichnungen



Fotografie: Systemaufbau



Fotografie: Systemeinsatz bei einer Pfosten-Riegel-Fassade

## ANWENDUNG VON CRADLE TO CRADLE AUF DIE BÜROGEBÄUDEUMPLAUNG

- Demontierbare Fügungspunkte von Betonfertigteilen
- Fassadenplanung nach dem Cradle to Cradle Prinzip
- Fassadenschnitte
- Detailplanung



# KNOTENPUNKTDETAILS

Verbindungspunkt  
Unterzug - TT-Decke  
DETAIL 01

Verbindungspunkt  
Wand - Stütze  
DETAIL 02

Verbindungspunkt  
Stütze - Stütze  
DETAIL 03

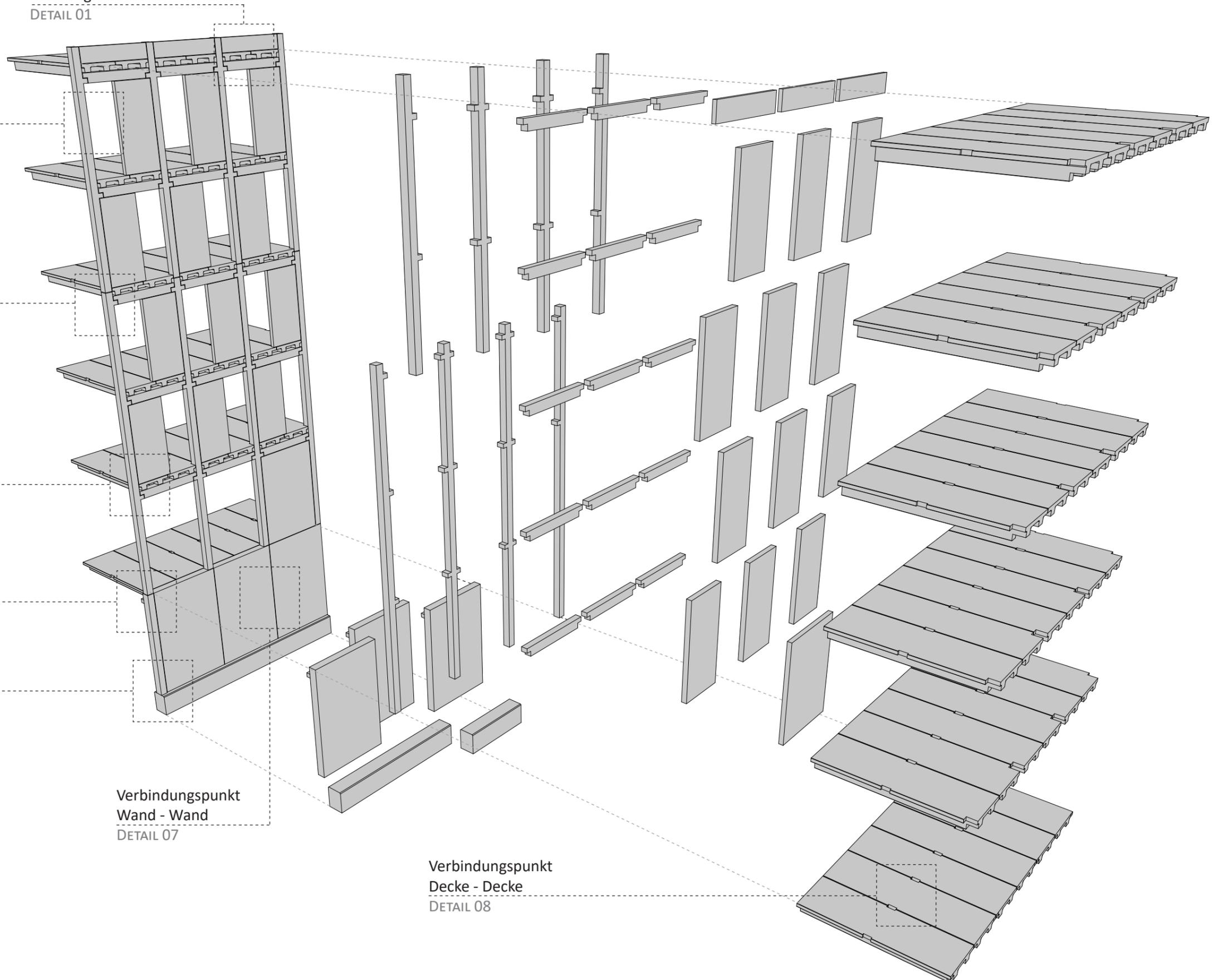
Verbindungspunkt  
Stütze - Unterzug  
DETAIL 04

Verbindungspunkt  
Stütze - Fundament  
DETAIL 05

Verbindungspunkt  
Wand - Fundament  
DETAIL 06

Verbindungspunkt  
Wand - Wand  
DETAIL 07

Verbindungspunkt  
Decke - Decke  
DETAIL 08



## DECKENAUSBILDUNG

### Erstellung einer Rippendecke / TT-Trägerdecke aus Stahlbetonfertigteilen

Büroraster 1,35m wird auf die Dimensionierung der TT-Decke angewendet, sodass die Untersichten der Stege als Anschlusspunkte für Trockenbauwände dienen.

Auflösung der Flachdecke in einsehbare, spannend anmutende TT-Trägerdecke in Sichtbetonqualität.

Nutzung der Zwischenräume u.A. für die Verbesserung der Büroakustik, als auch der Unterbringung von bündig abschließenden Hängeleuchten und Sprinklersystemen.

### Ausbildung der TT-Decke

Achsmaß bei TT-Decken-Stege in der Regel bei ~110cm (60cm-165cm)

-> Decke in Büroräumen meistens verkleidet, deshalb unabhängig vom Ausbauraster

- Möglichkeit A: Erstellung TT-Decke mit Achsmaß 135cm
    - Breite des Fertigteils übertrifft mit 2,70m die maximale Transportbreite von 2,55m -> Genehmigung erforderlich für viele Einzelplatten
    - Anschluss an die Außenwand auf 135cm-Raster schlecht möglich
    - > Sonderteil oder punktuelle Abweichung vom Raster
  - Möglichkeit B: Erstellung einer TT-Decke mit Achsmaß  $135\text{cm}/2=67,75\text{cm}$ 
    - Breite des Fertigteils mit ~1,35m besser transportierbar
    - Anschluss an die Außenwand schwierig -> Abweichung vom Raster 1,35m besser möglich
- ➔ im weiteren Verlauf angewendet
- Möglichkeit C:
    - Festlegung auf Möglichkeit A oder B und Einsatz eines Sonderprofils für den Wandanschluss

### Erstellung der Trägerdimension

Spannweiten der TT-Träger im Grundriss von 6,00m-11,00m

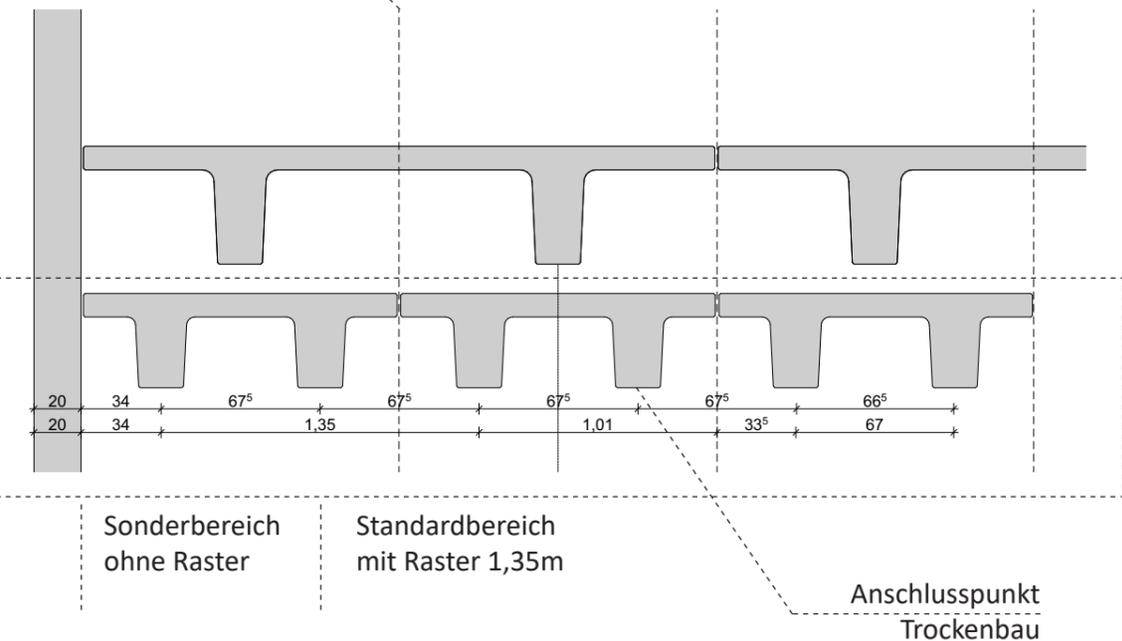
Vordimensionierung der Träger auf Steghöhe von 30cm + 10cm Deckenplatte

Untersicht der Träger standardmäßig bei 19cm

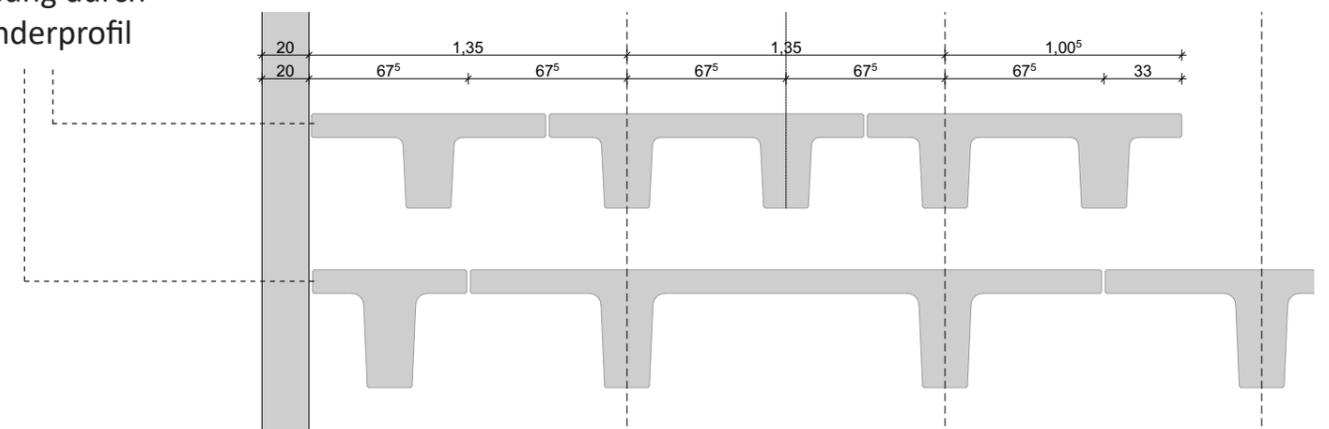
Büro Ausbauraster 1,35m  
im Standard

Möglichkeit A:  
TT-Element  
auf 1,35m-Raster

Möglichkeit B:  
TT-Element  
auf 0,675m-Raster

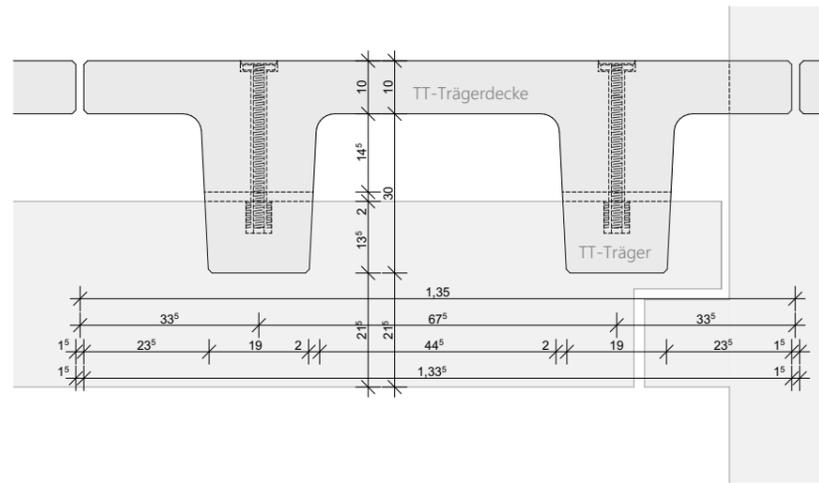


Möglichkeit C:  
Lösung durch  
Sonderprofil

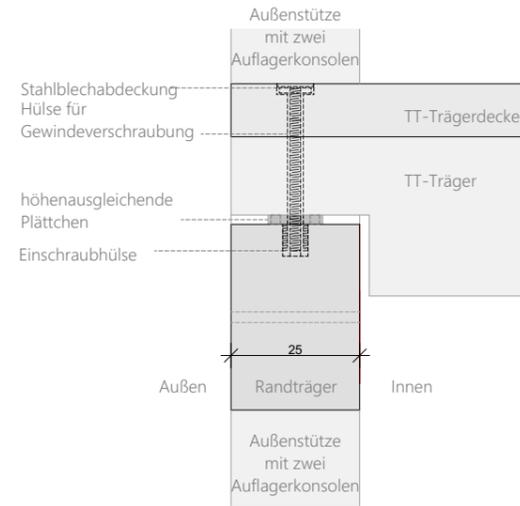


# UNTERZUG - TT-DECKE DETAIL 01

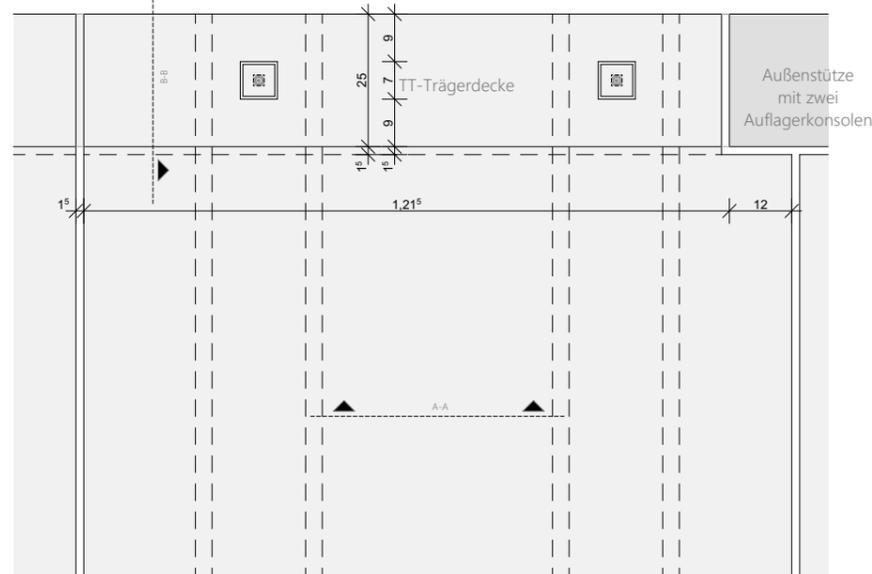
Querschnitt A-A



Längsschnitt B-B

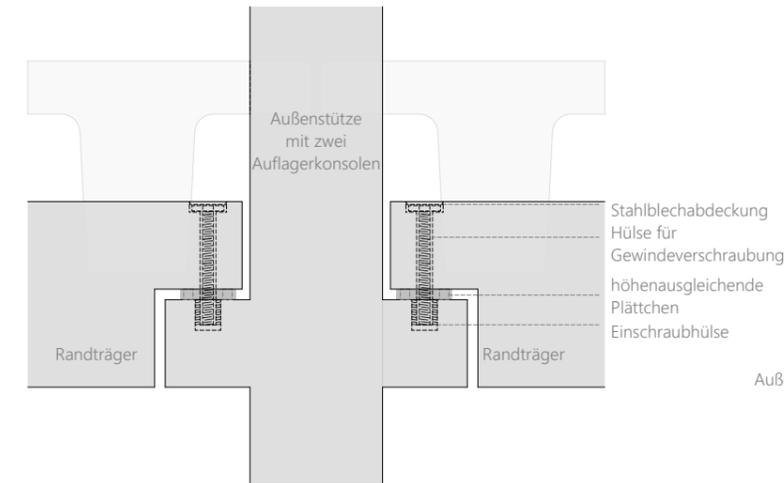


Grundriss

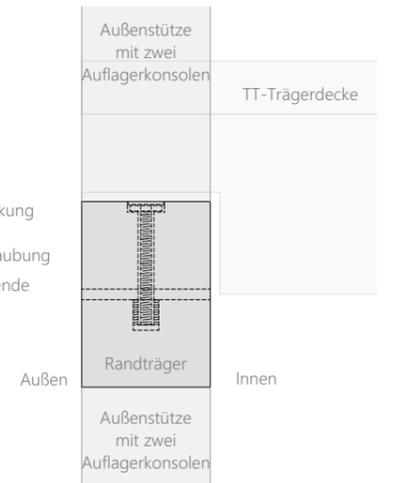


# UNTERZUG - STÜTZE DETAIL 02

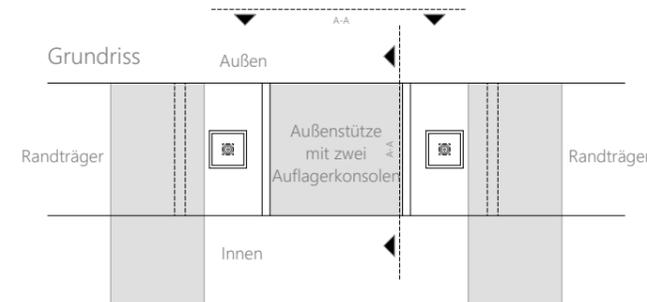
Querschnitt A-A



Längsschnitt B-B

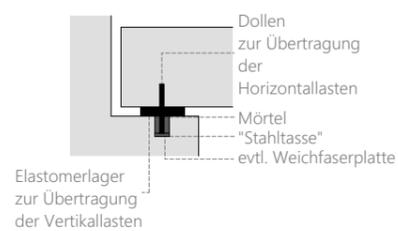


Grundriss

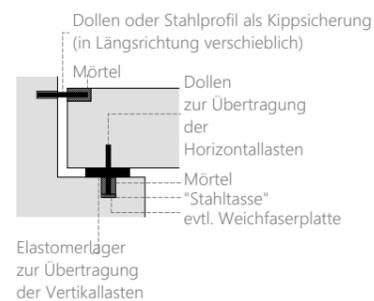


## herkömmliche Auflagerverbindung von TT-Decken:

Variante A

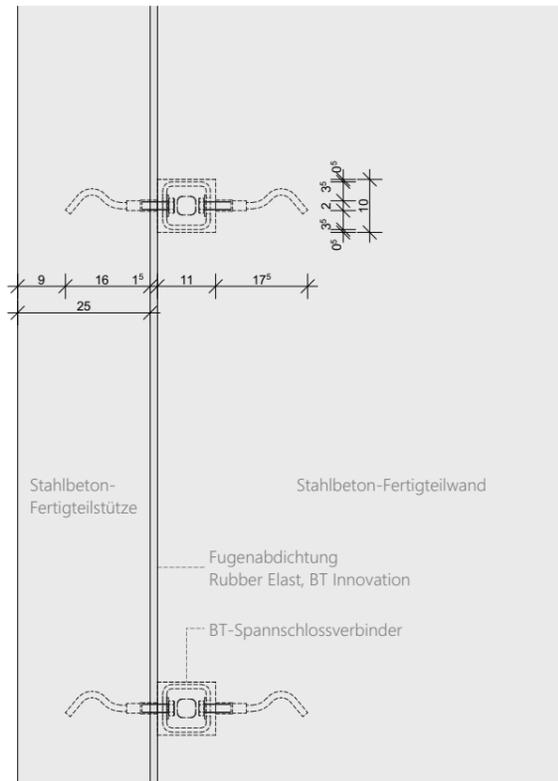


Variante B, verstärkt

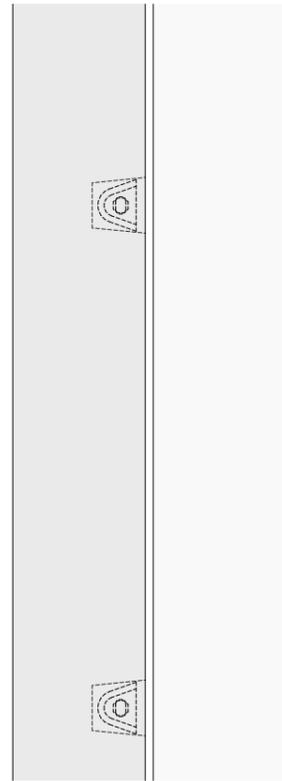


# STÜTZE - WAND DETAIL 03

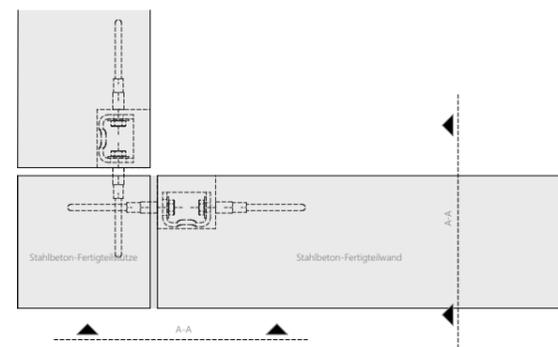
Querschnitt A-A



Längsschnitt B-B

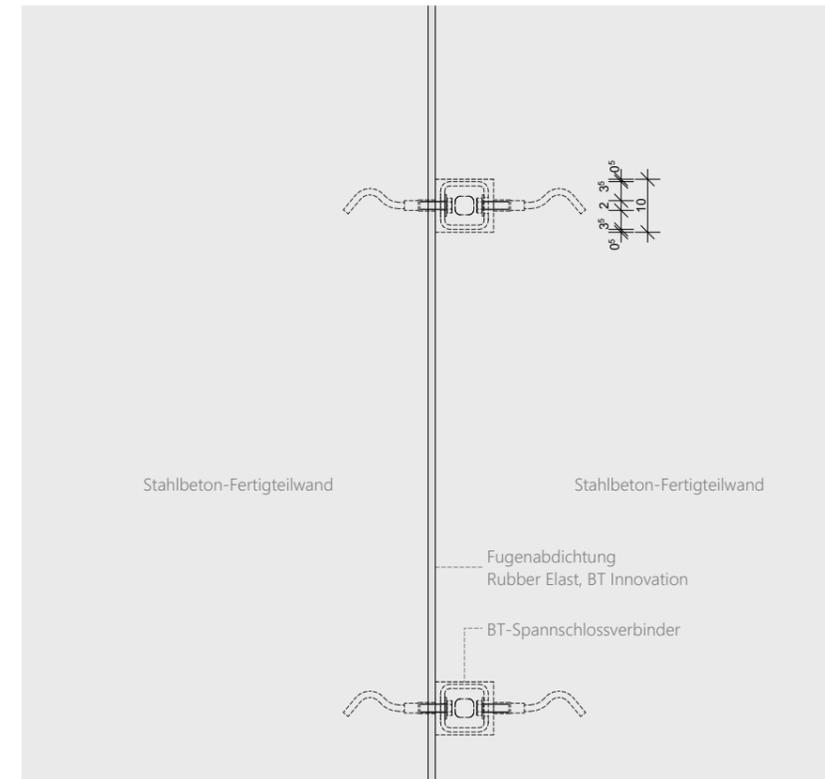


Grundriss



# WAND - WAND DETAIL 04

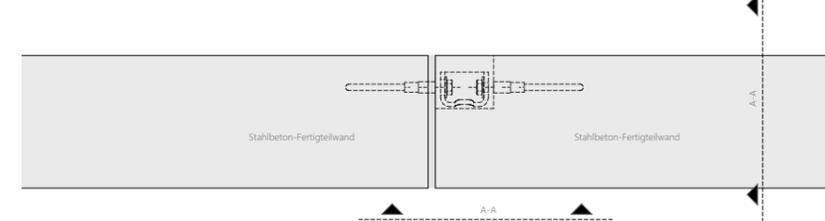
Querschnitt A-A



Längsschnitt B-B

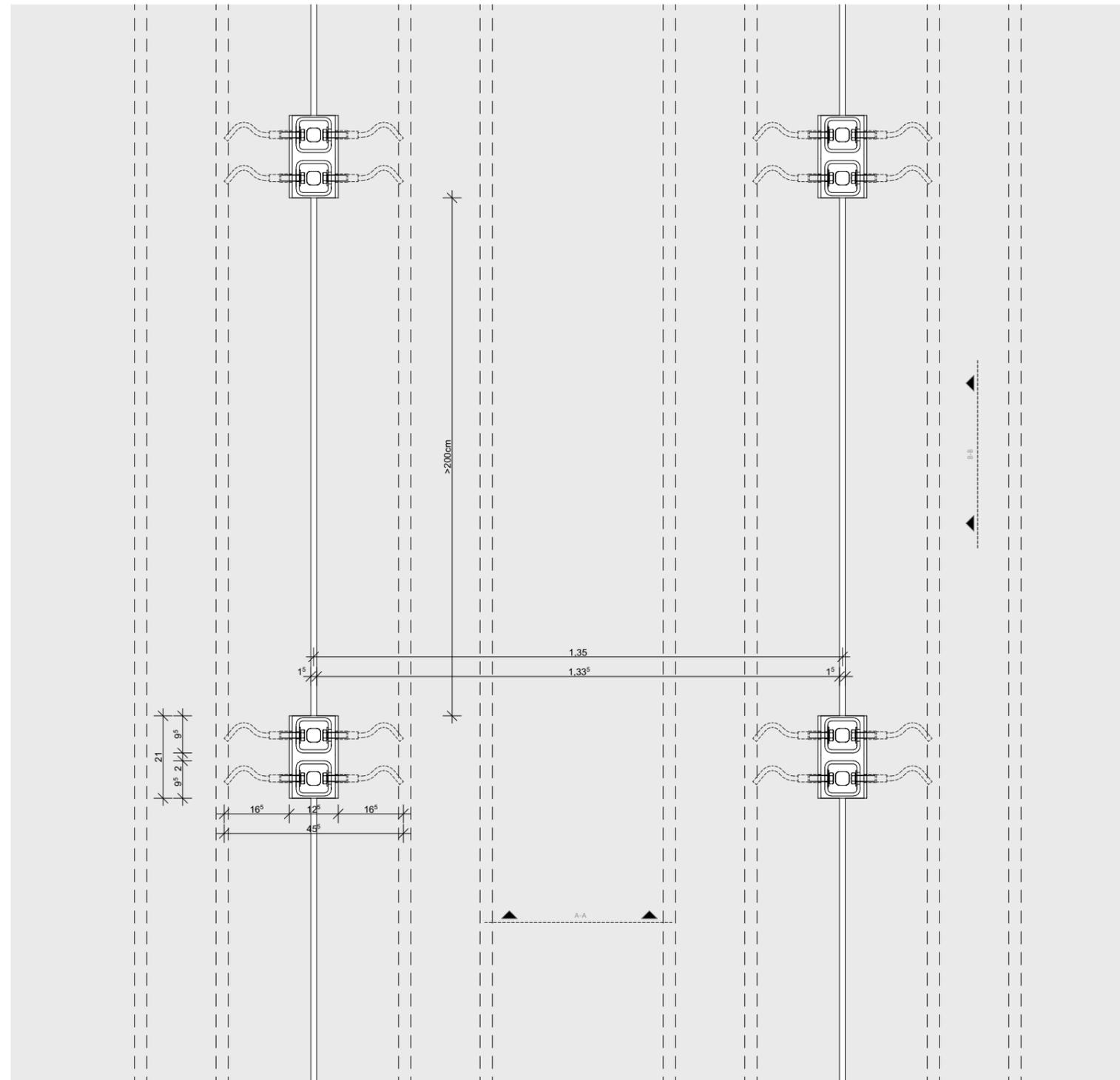


Grundriss

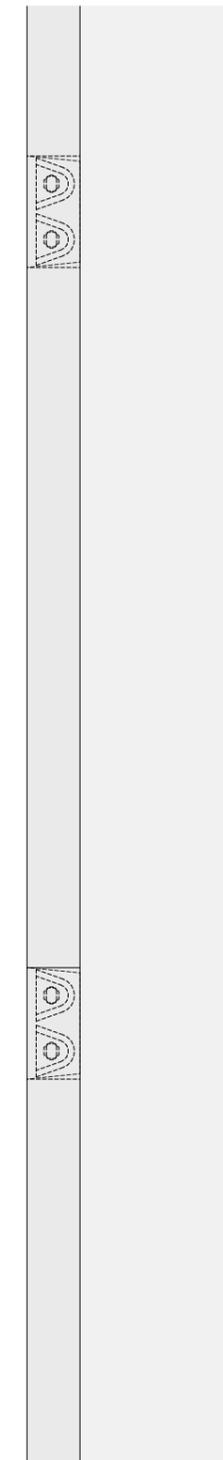


DECKE - DECKE  
DETAIL 05

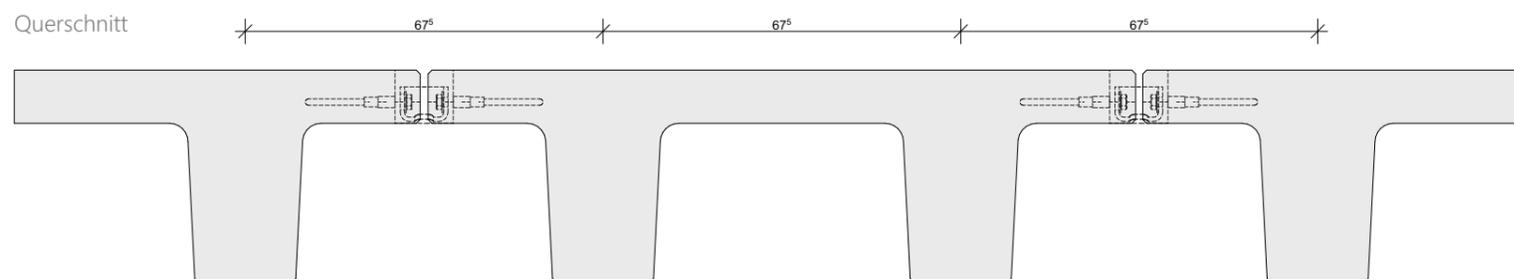
Grundriss



Längsschnitt

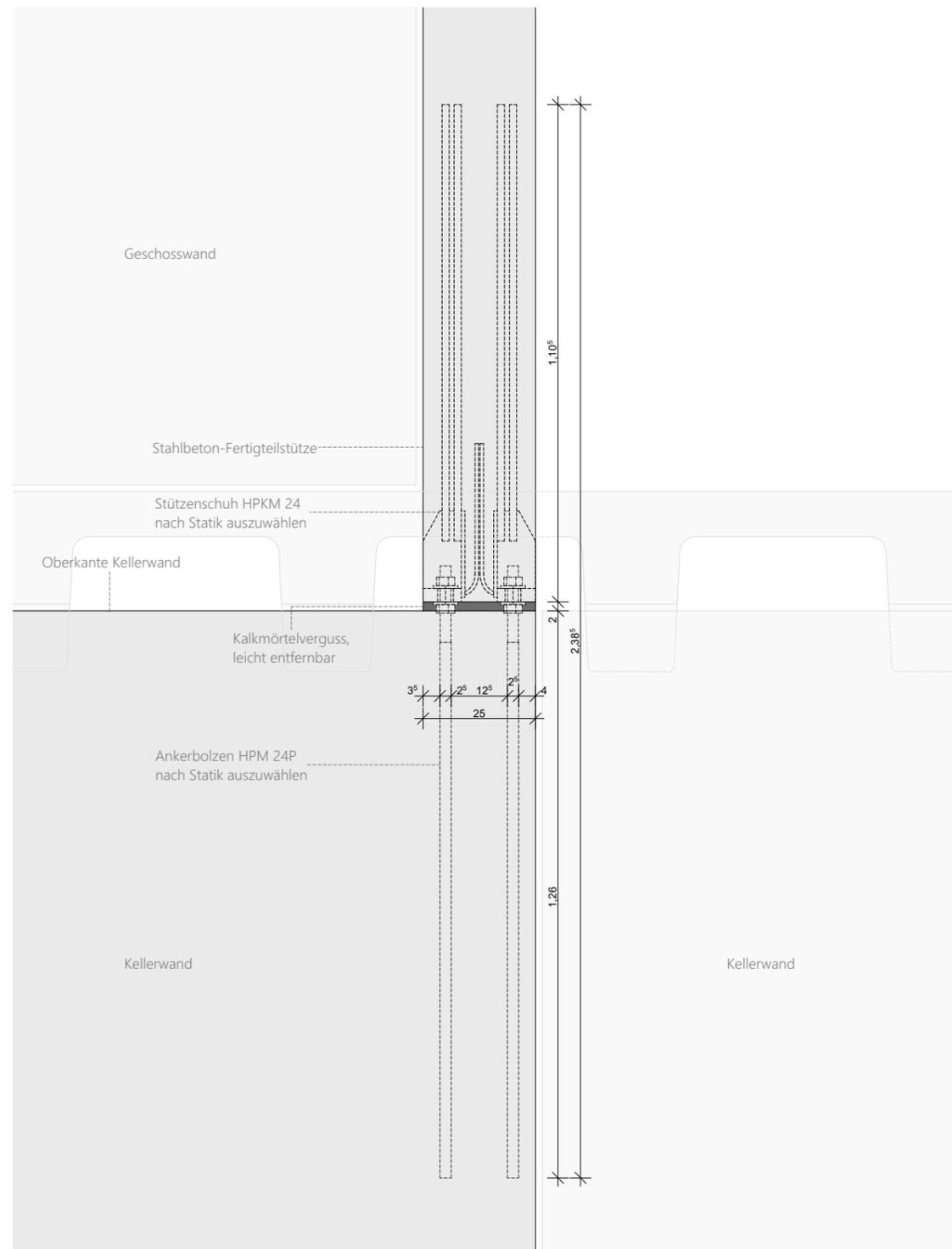


Querschnitt

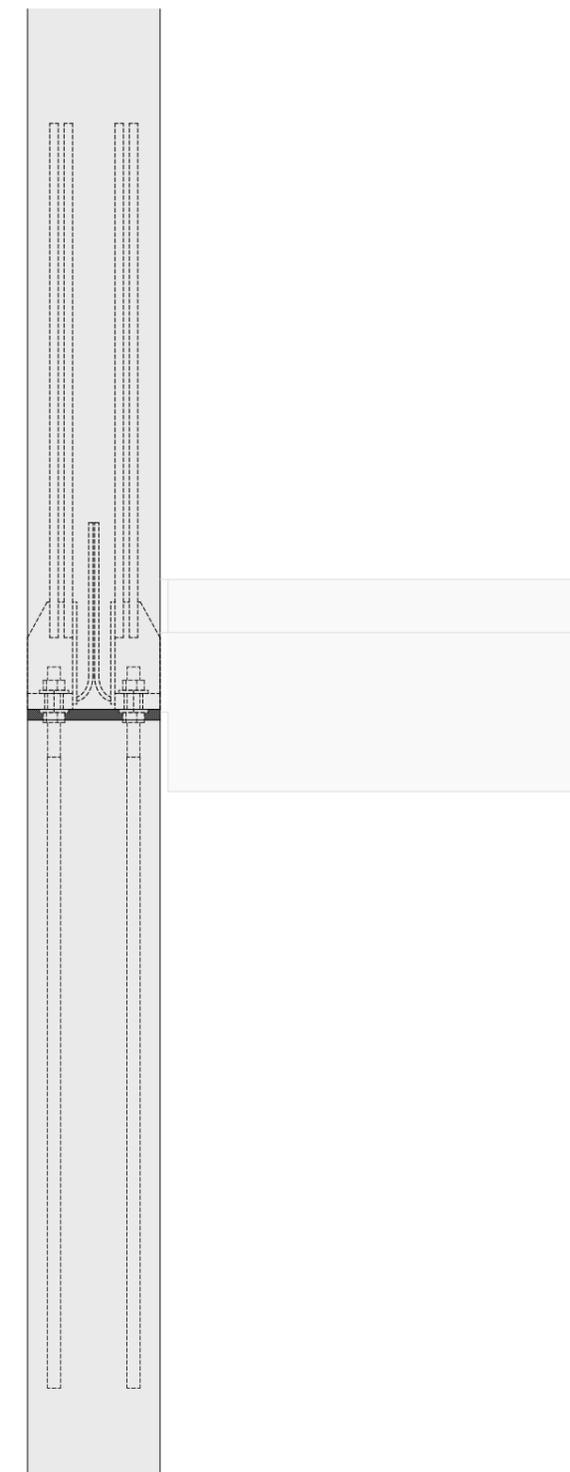


# STÜTZE - WAND DETAIL 06

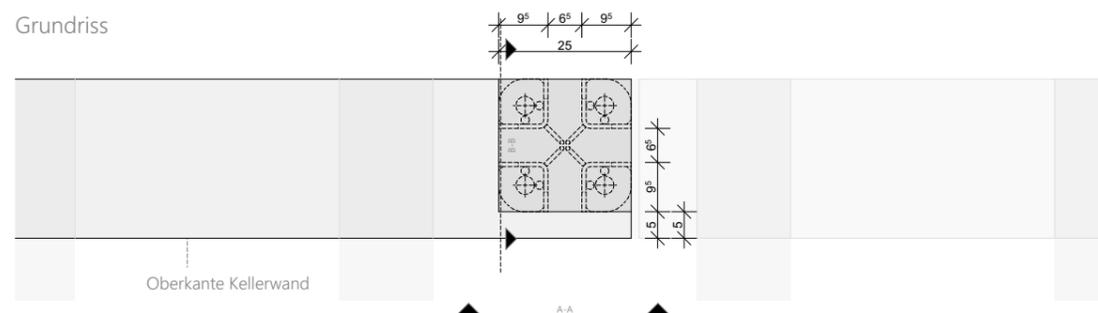
Querschnitt A-A



Längsschnitt B-B

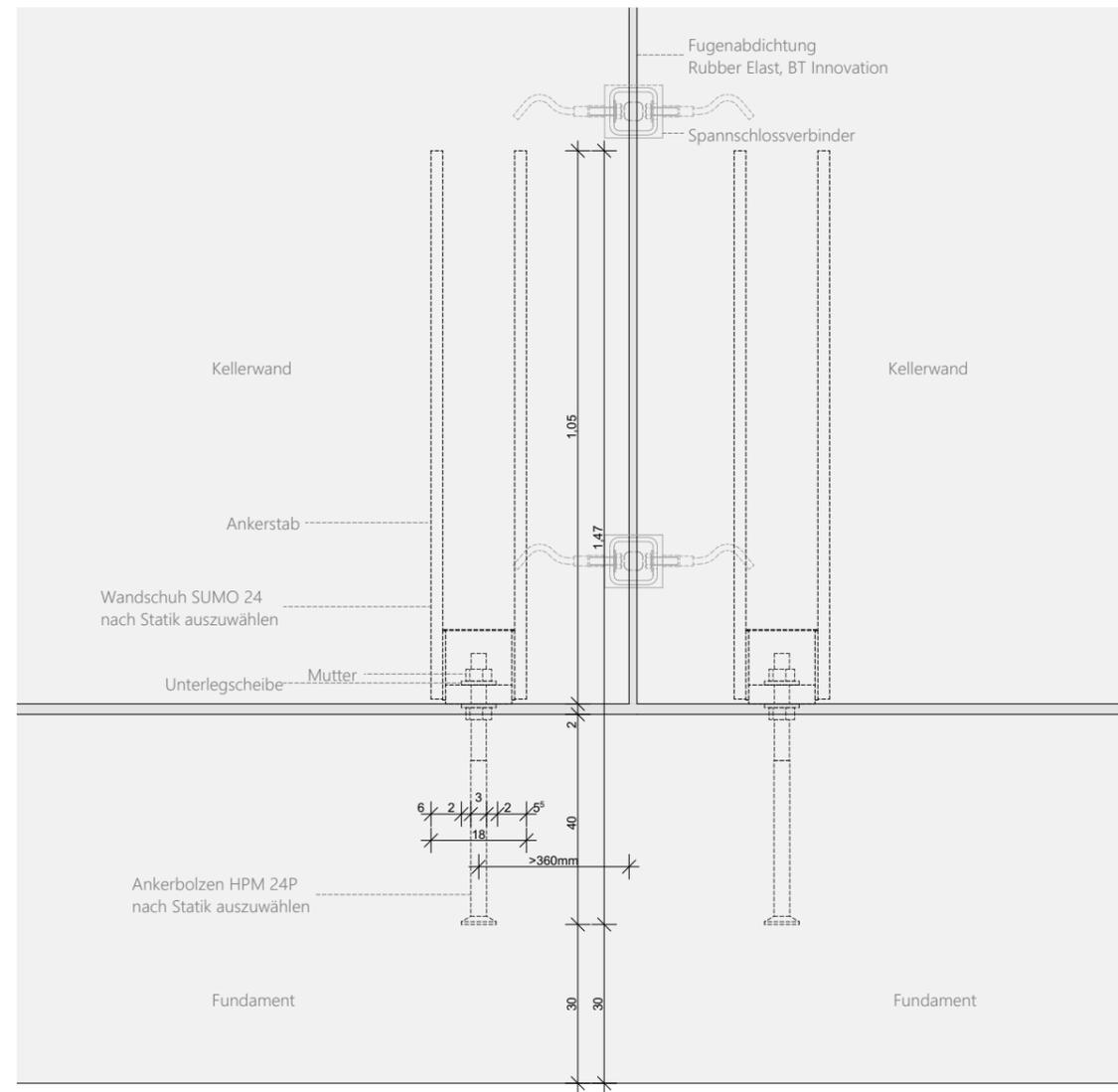


Grundriss

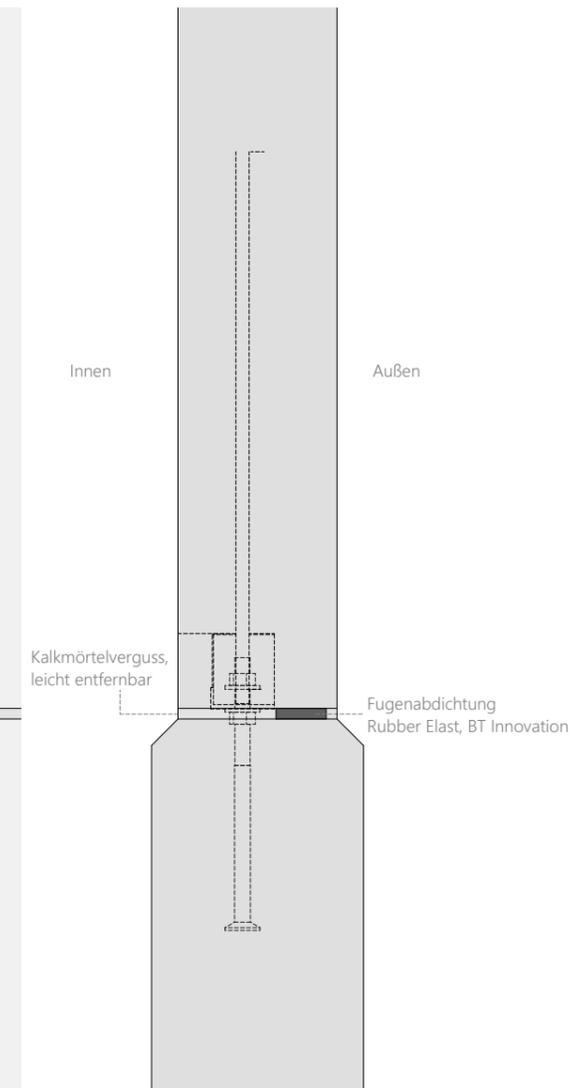


# STÜTZE - FUNDAMENT DETAIL 07

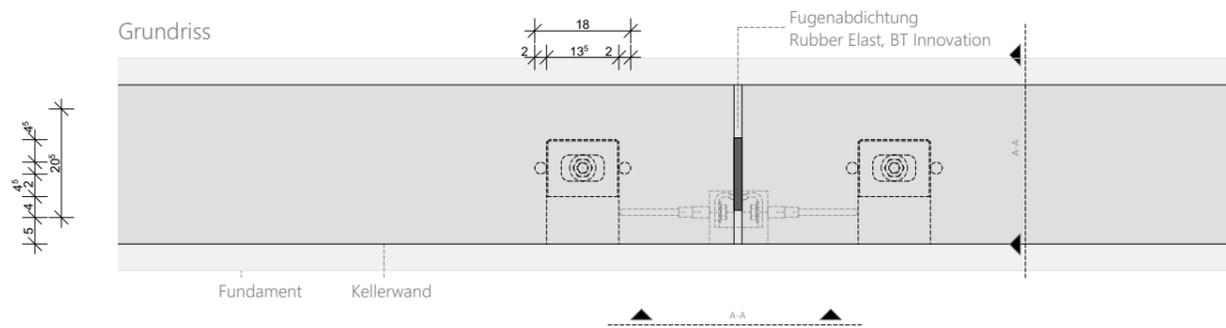
Querschnitt A-A



Längsschnitt B-B

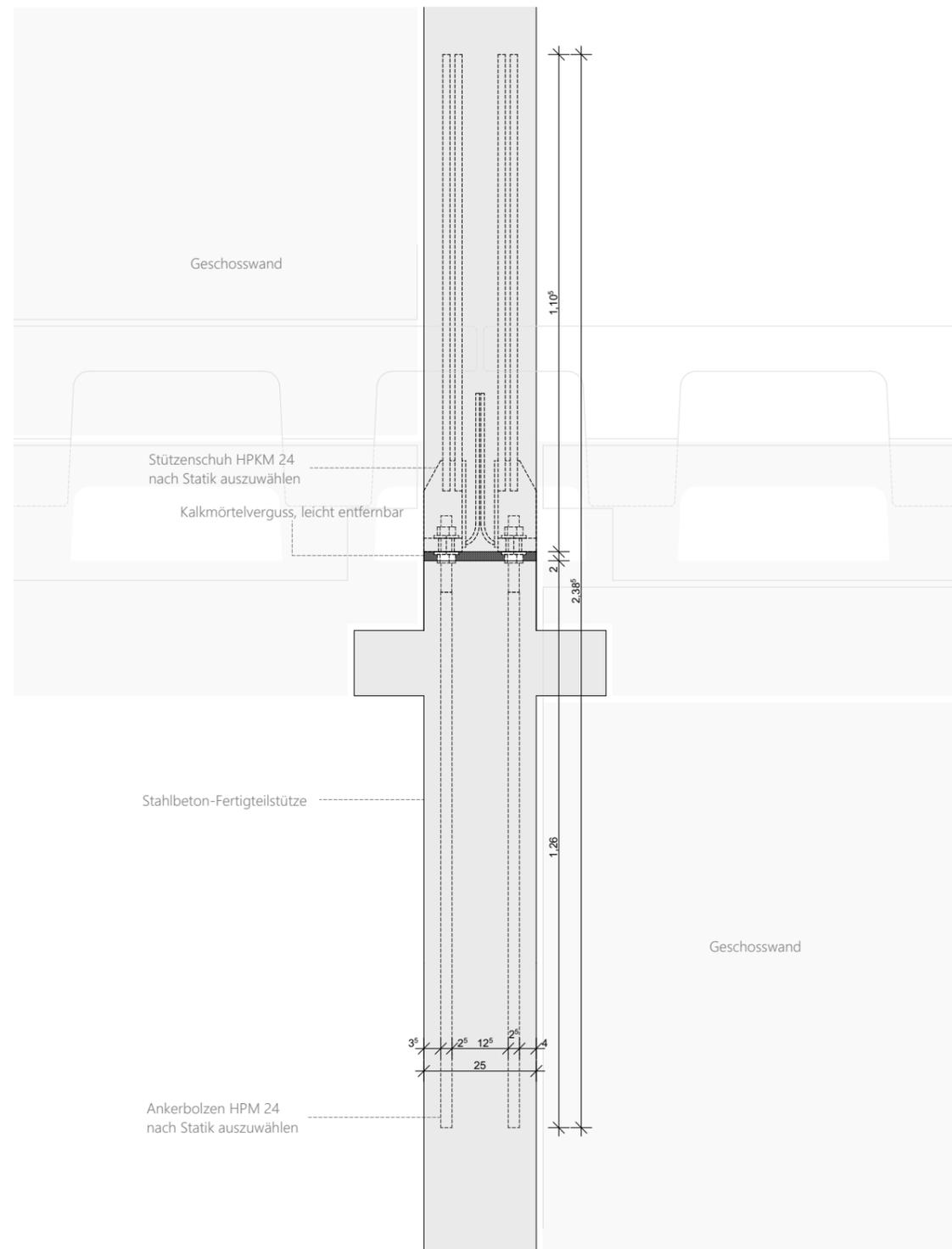


Grundriss

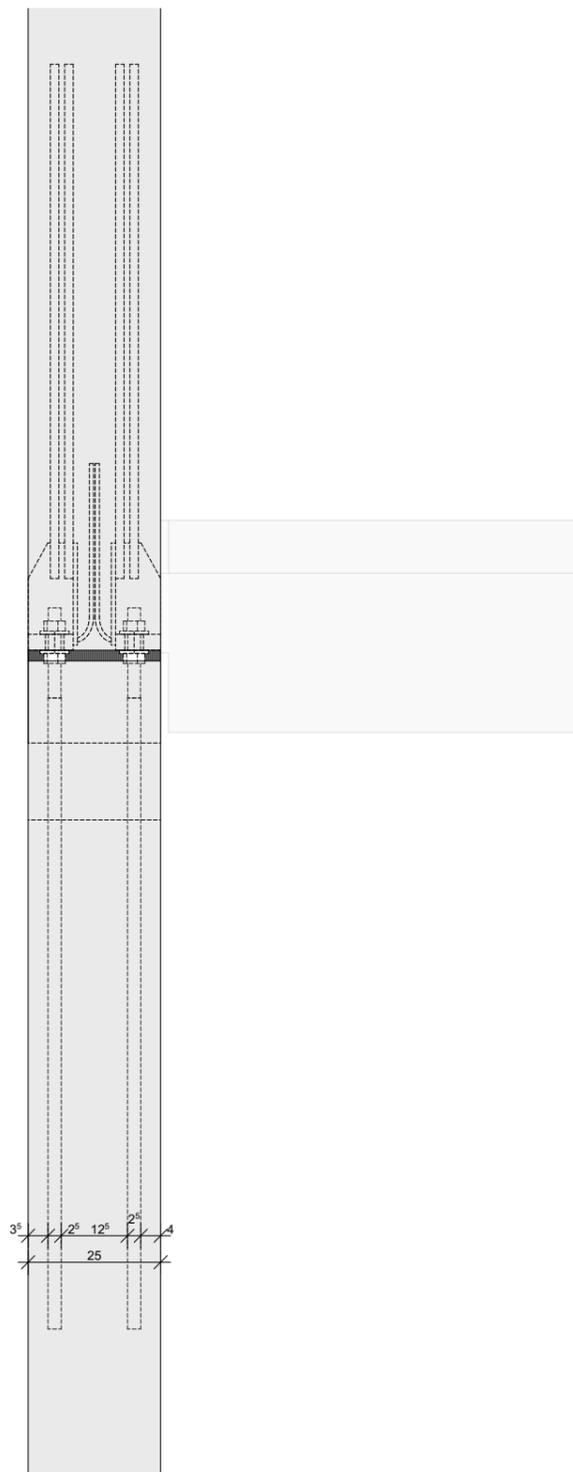


# STÜTZE - STÜTZE DETAIL 08

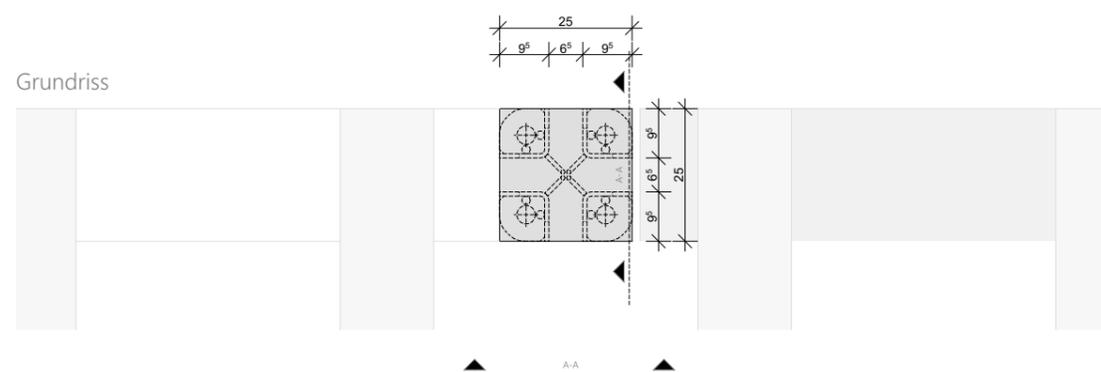
Querschnitt A-A



Längsschnitt B-B



Grundriss



## ANWENDUNG VON CRADLE TO CRADLE AUF DIE BÜROGEBÄUDEUMPLAUNG

- Demontierbare Fügungspunkte von Betonfertigteilen
- Fassadenplanung nach dem Cradle to Cradle Prinzip
- Fassadenschnitte
- Detailplanung



# FASSADENGESTALTUNG

## Ursprüngliches Fassadenkonzept: Beton-Sandwich Fassade

Die Fassade ist durch lösbare Verbindungen vermutlich gut rückbaubar, jedoch ist es fraglich ob die tatsächliche Wiederverwendung bei teilweise hoch individuellen Formgebungen im Erscheinungsbild wirklich gegeben ist. -> deshalb vermutlich nur bedingt wiedereinsatzbar



## Fassadenplanung:

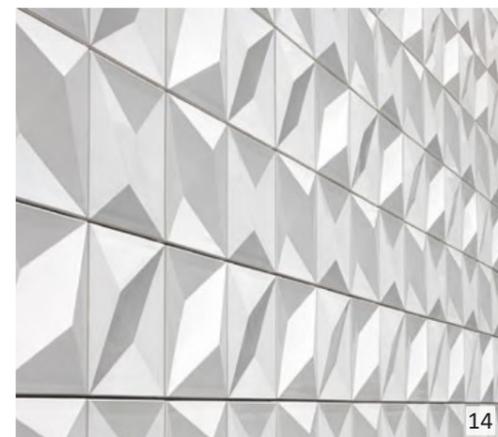
Individualität in der Fassade durch wiederholende Muster oder Plattengeometrien erlaubt eine Wiederverwendung in neuem Kontext mit neuem Erscheinungsbild

Auswahl an Materialmöglichkeiten für eine Fassade nach dem Cradle to Cradle Prinzip:

### Keramikfassaden

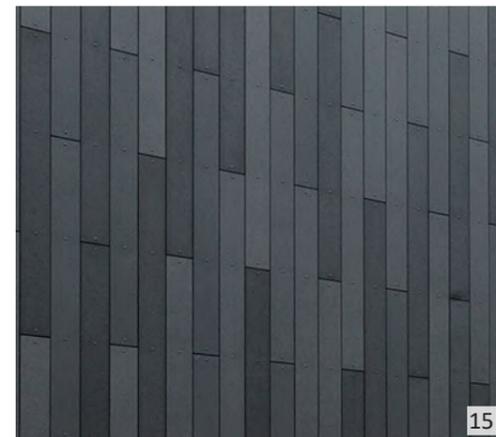
- Keramik an der Fassade mit ausgezeichneter Temperatur-, Witterungs- und Korrosionsbeständigkeit -> jahrzehntelang wertiges Aussehen
- hohe Farb-Flexibilität und Oberflächenindividualität,
- Unterkonstruktion ermöglicht leichten Austausch von Keramikplatten an der Fassade
- Ton und Sand als Hauptausgangsstoffe, ohne Schwermetalle, bedenkliche Zusatzstoffe
- recycel- und wiederverwendbar
- C2C-Gold Zertifikat

➔ Material hier in der Büroplanung verwendet



### Betonfassaden

- Beton in Fertigteilen gut wiederverwendbar, je individueller die Teile werden, desto fraglicher ist eine erneute Nutzung
- durch die Auflösung größerer Fassadenflächen in kleinere (Platten-) Elemente lässt sich eine bessere Wiederverwendbarkeit erzielen
- Beispiel: Rieder Fassadenplatten aus Glasfaserbeton im Lattenformat
- Individualität durch Oberflächengestaltung
- Wiederverwendung der Teile, auch durch Zerschneidung der Platten in neue Formate



### Holzfassaden

- Material Holz als natürlicher, nachwachsender Rohstoff mit einer Vielzahl von Gestaltungsmöglichkeiten in u.a. Oberfläche, Holzart und Geometrie
- insgesamt arbeitsintensiver als eine herkömmliche Fassade
- Holz verändert sich über die Jahre, vor allem an Stellen, die stark der Witterung ausgesetzt sind

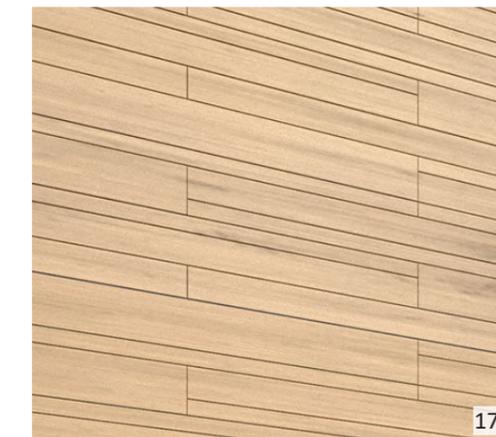


### Mischwerkstofffassaden

Fassaden aus neuem Werkstoff:

- #### Megawood Fassade (Novotech)
- bestehend aus 75% Holzfasern, Steingranulaten, Polymeren und umweltfreundlichen Additiven
  - hochfester Werkstoff mit hoher Wiederverwendbarkeit oder Recyclingfähigkeit auf Materialbasis (C2C-Gold)

- #### Resysta Reisfassade (Gercona)
- Systemprofile bestehend aus Reishülsen, Steinsalz und Mineralöl
  - sehr widerstandsfähiger Werkstoff, ermöglicht 100%ige Wiederverwendung der Profile



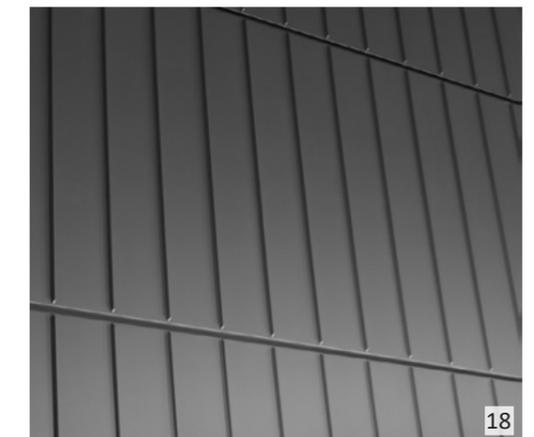
### Metallfassaden

Greencoat Colorful Steel Facade (SSAB):

- Fassadenstehfalzsystem aus organisch beschichtetem Greet-Coat
- äußerst witterungsbeständig, hohe Farbkonstanz und leicht biege- und schneidbar

Zinkfassade (prePatina, Rheinzink)

- gewalzte, massive Zinkbleche für Bedachungen oder Fassadenbekleidung
- Material bildet eine schützende Patina -> extrem wartungsarm während des gesamten Lebenszyklus
- C2C-Bronze zertifiziert



# KERAMIKFLIESENFASSADE

## Produkteigenschaften:



**Nachhaltigkeit**  
 langlebig, austauschbar, recycelbar  
 und zu 100 Prozent rückbaubar



**Hohe Individualität**  
 Hohe Gestaltungsvielfalt in der Farbauswahl  
 und Oberflächenausbildung



**Wartungsarm**  
 hart und kratzfest, pflegeleicht, UV-be-  
 ständig

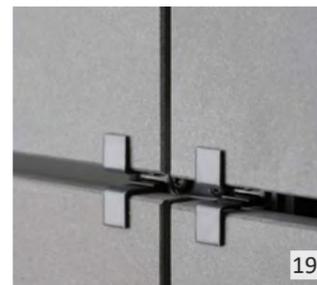


**Witterungsbeständig**  
 witterungsbeständig, farbecht, nicht  
 brennbar, wasserfest

## Nachhaltigkeit:

### Wiederverwendung der Fassadenfliesen

- Keramikfliesen werden im Fassadensystem auf eine Unterkonstruktion gehängt und verschraubt: vorgehängter, hinterlüfteter Fassadenaufbau -> austauschbar und zu 100 Prozent rückbaubar
- standardisierte Plattenformate
- zerstörungsfreie Demontage ermöglicht eine sortenreine Fraktion, sind die Fliesen intakt, ist auch eine Wiederverwendung möglich
- firmeneigenes Rücknahmesystem ermöglicht in Zukunft zielgenaues Wiedereinsetzen



19

und / oder



### Recycling auf Materialebene

- Anteil an recyceltem Material, das aus Produktionsabfällen und Restprodukten der Steinindustrie stammt liegt bei knapp 25%
- Ton und Sand als natürliche Hauptbestandteile der Keramikfliesen, Rohstofftrennung möglich -> Erstellung neuer Keramikfliesen



21

### Cradle to Cradle Gold Zertifikat für Keramikfliesen von Mosa:

- EPEA Einstufung der Fliesen: „Mosa Keramikfliesen sind für den technischen Kreislauf entwickelt, jedoch sicher für den Biokreislauf“



# FASSADENSTUDIEN

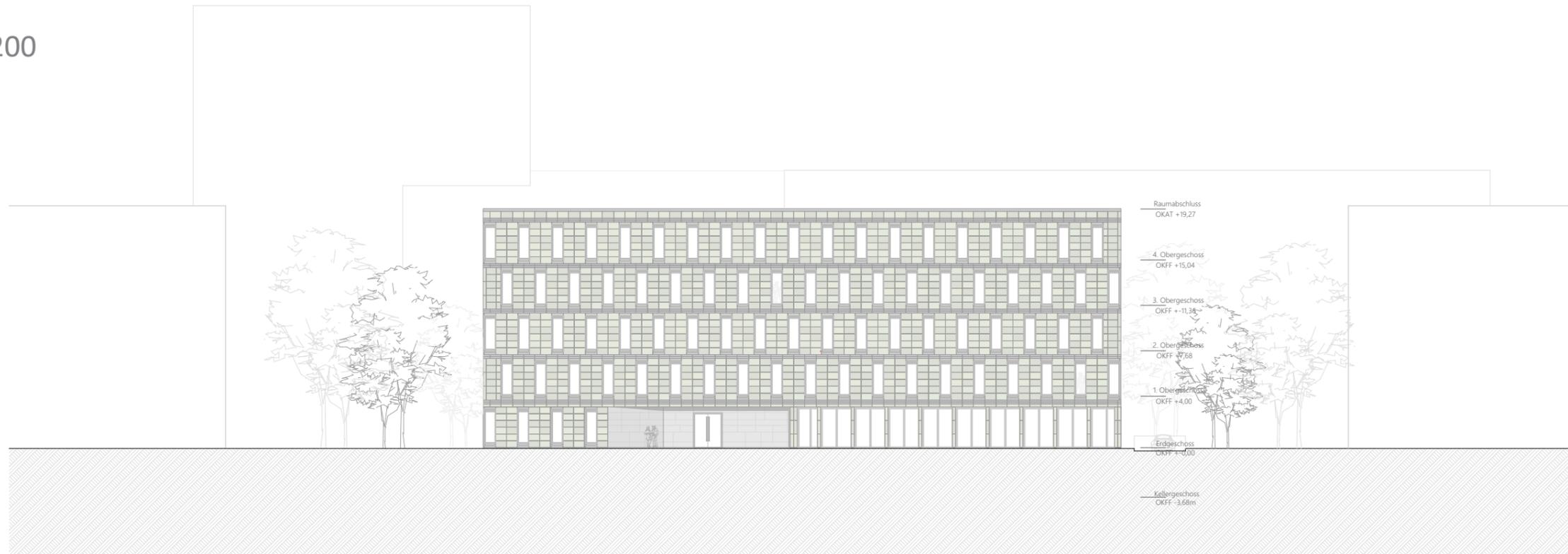
## Formfindung in der Fassade

Die Keramikplatten von Mosaik haben unterschiedlichste Plattenformate, Formen, Farben und Oberflächen. Eine rückbaubare, wiederensetzbare Fassade empfiehlt sich aus leichten geometrischen Formen heraus zu entwickeln. Hier wurden deshalb nur rechteckige Formen eingesetzt, um eine theoretisch leichtere Wiederverwendung zu ermöglichen. Insgesamt lässt sich die Fassade fast vollständig aus 3 Plattenformaten erstellen. Die farbliche Gestaltung der Fassade besteht aus drei ähnlichen Grüntönen, sowie einem Grauton.

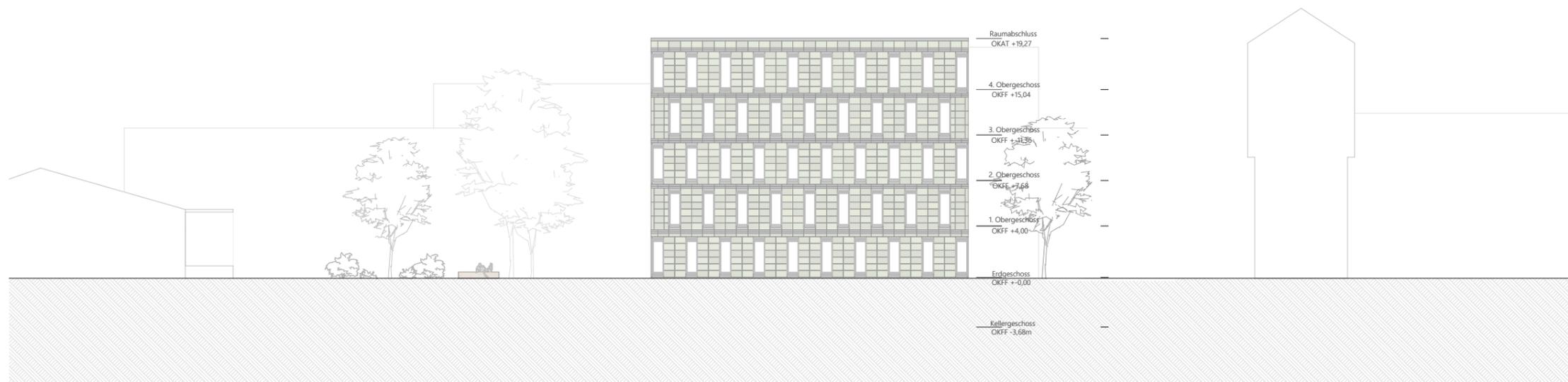
anschließend ausgearbeitete Fassade



ANSICHTEN (1)  
DETAILLIERUNG 1:200



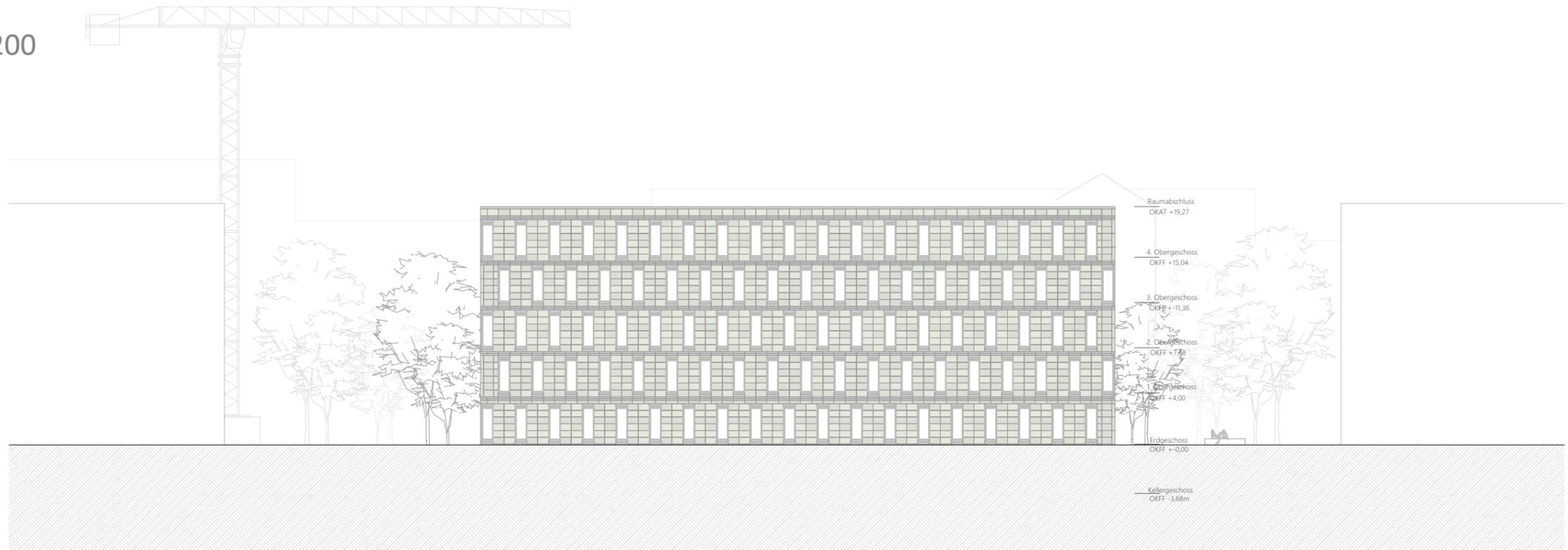
Ansicht Norden



Ansicht Süden



ANSICHTEN (2)  
DETAILLIERUNG 1:200



Ansicht Westen



Ansicht Westen



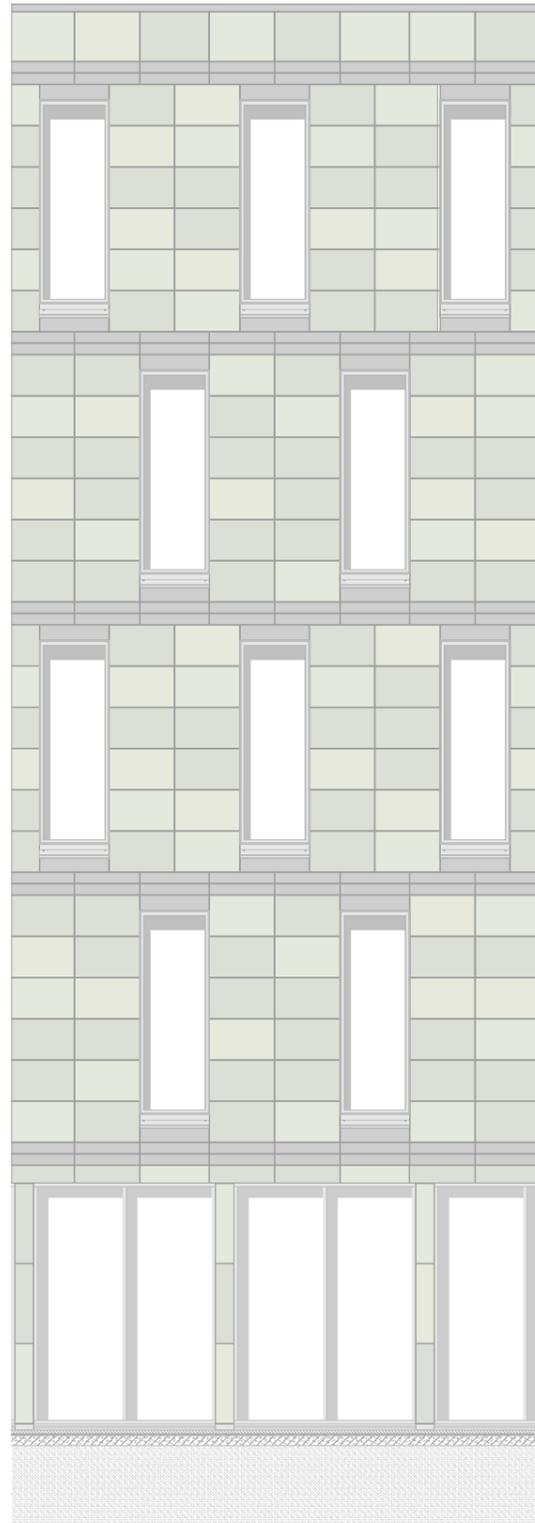


## ANWENDUNG VON CRADLE TO CRADLE AUF DIE BÜROGEBÄUDEUMPLAUNG

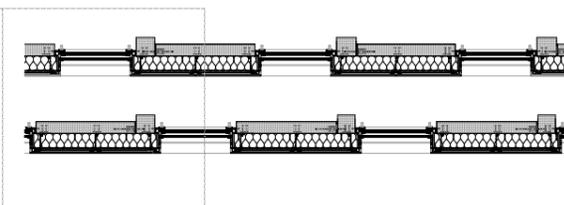
- Demontierbare Fügungspunkte von Betonfertigteilen
- Fassadenplanung nach dem Cradle to Cradle Prinzip
- Fassadenschnitte
- Detailplanung



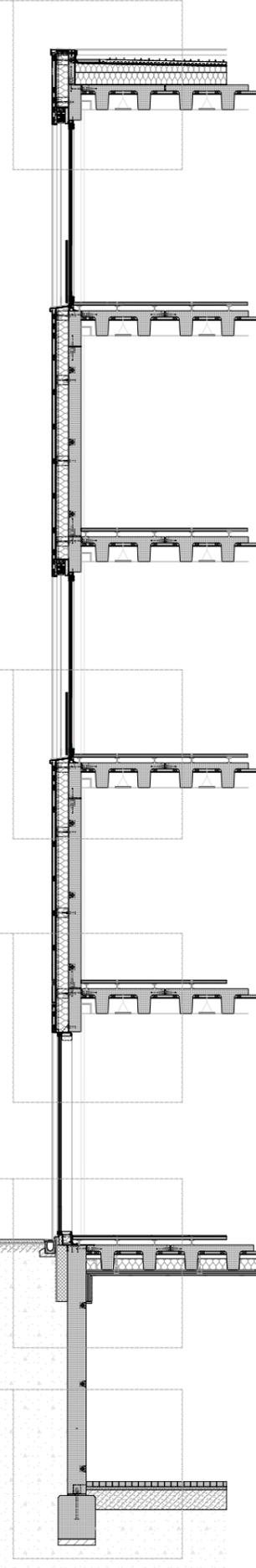
FASSADENSCHNITTE  
ÜBERSICHT



DETAIL 10



DETAIL 05



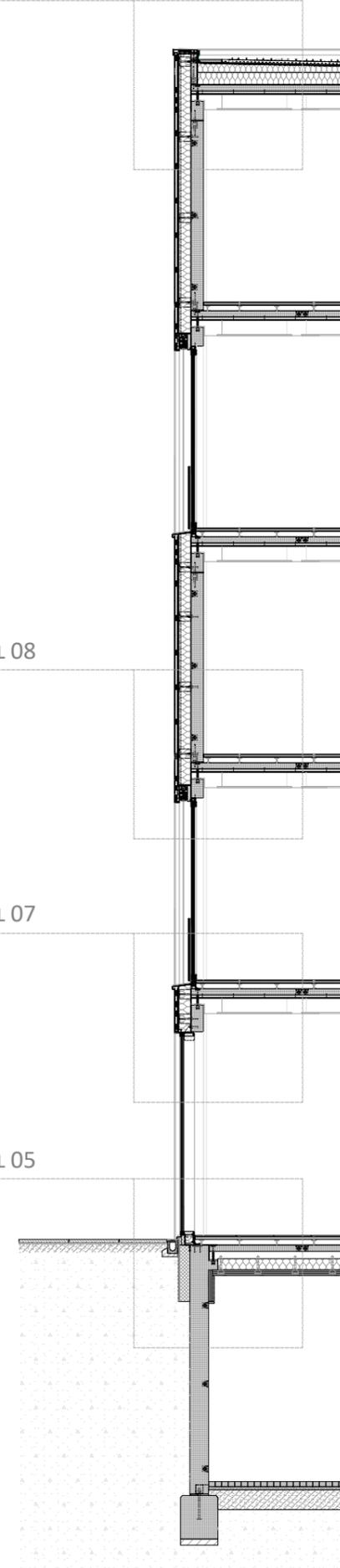
DETAIL 04

DETAIL 03

DETAIL 02

DETAIL 01

DETAIL 09



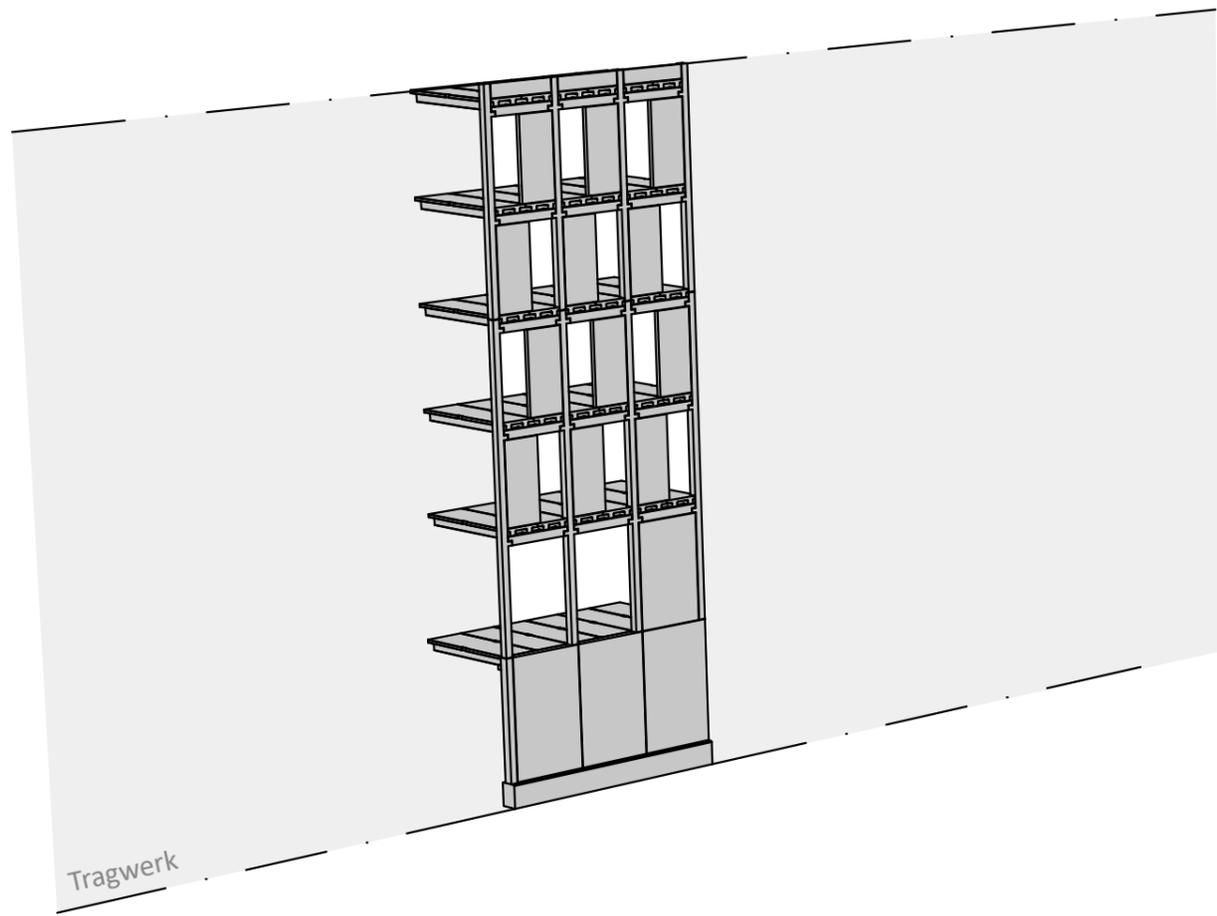
DETAIL 08

DETAIL 07

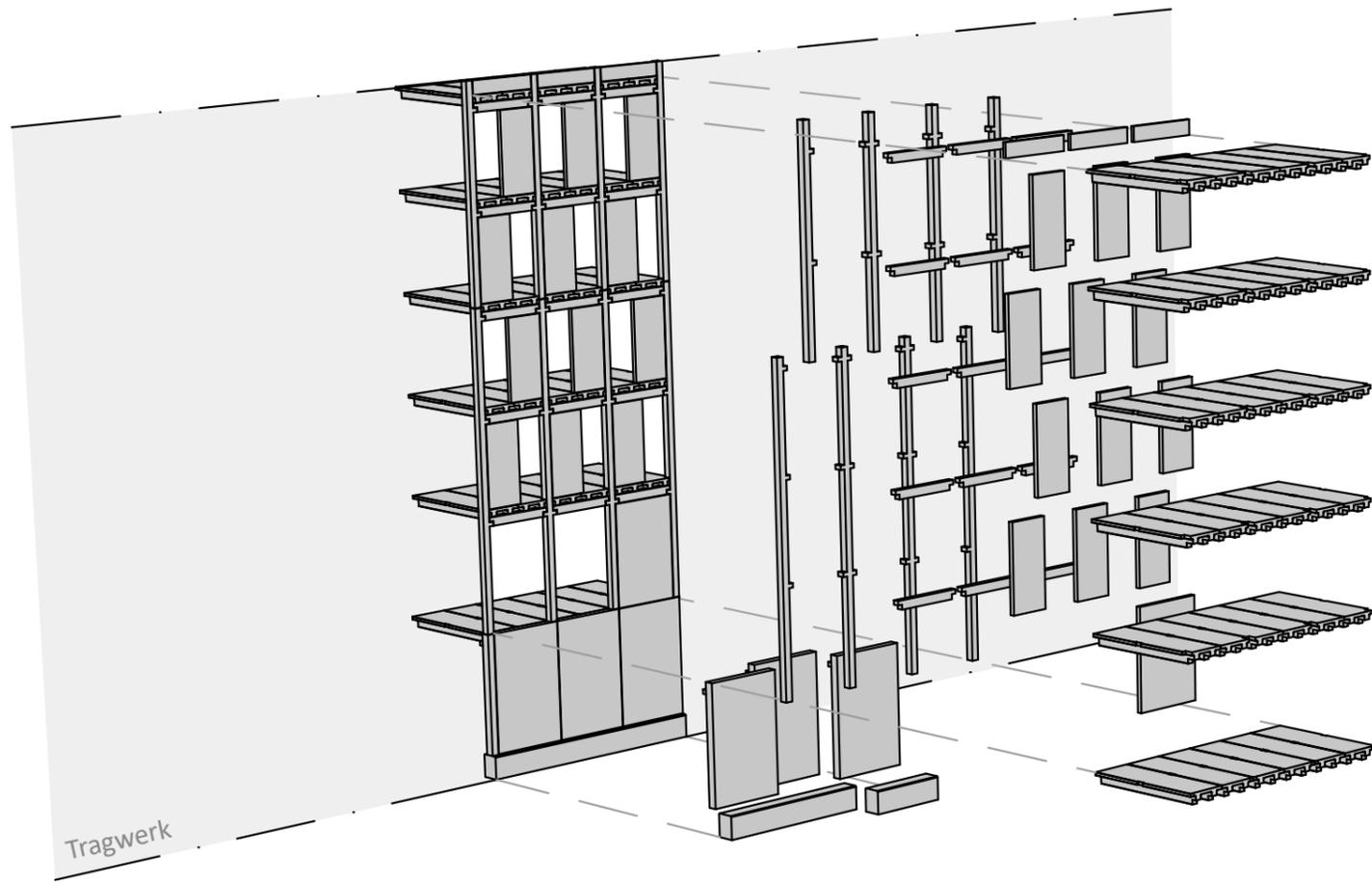
DETAIL 05



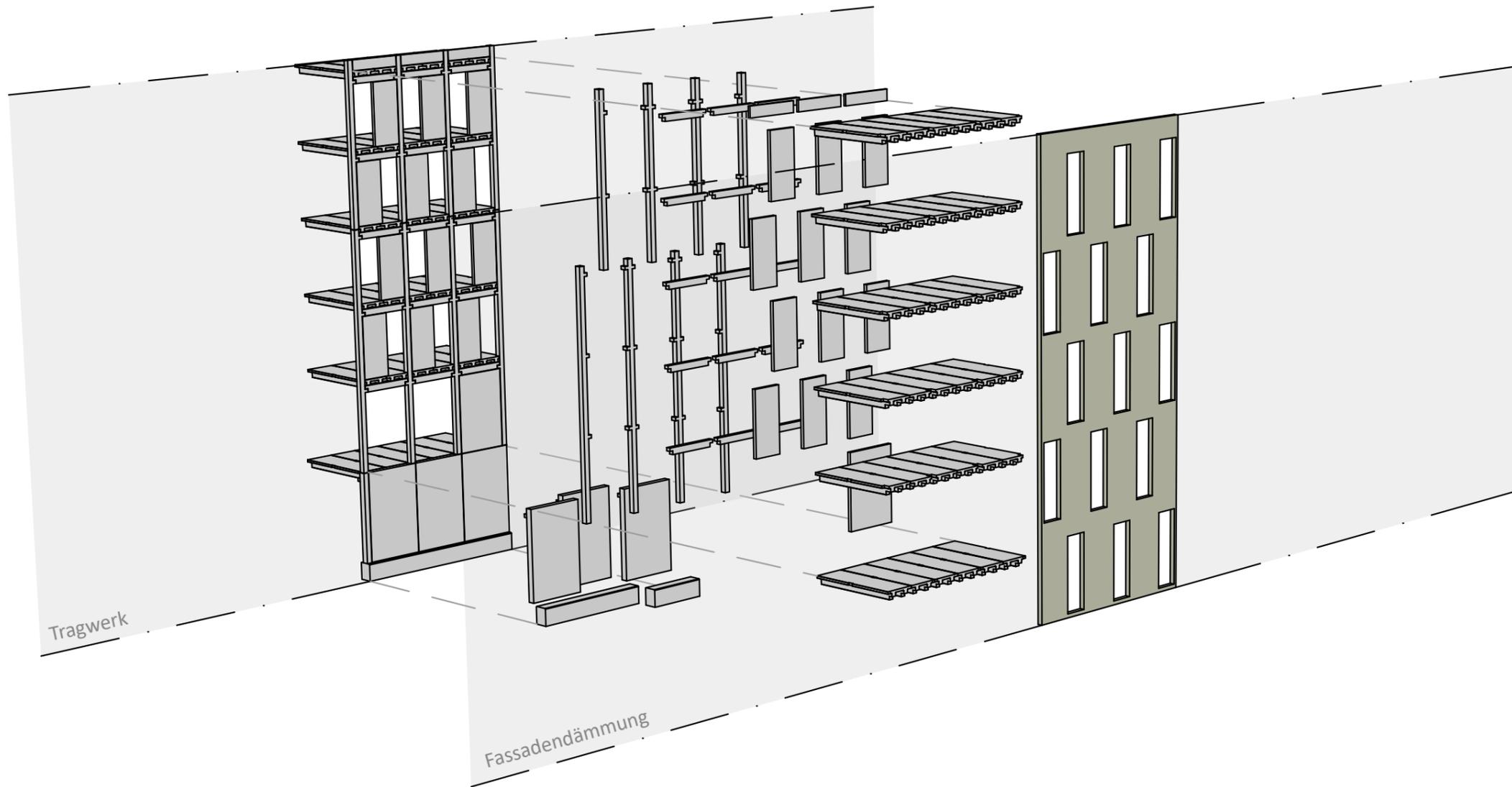
# EXPLOSIONSZEICHNUNG FASSADENEbenen



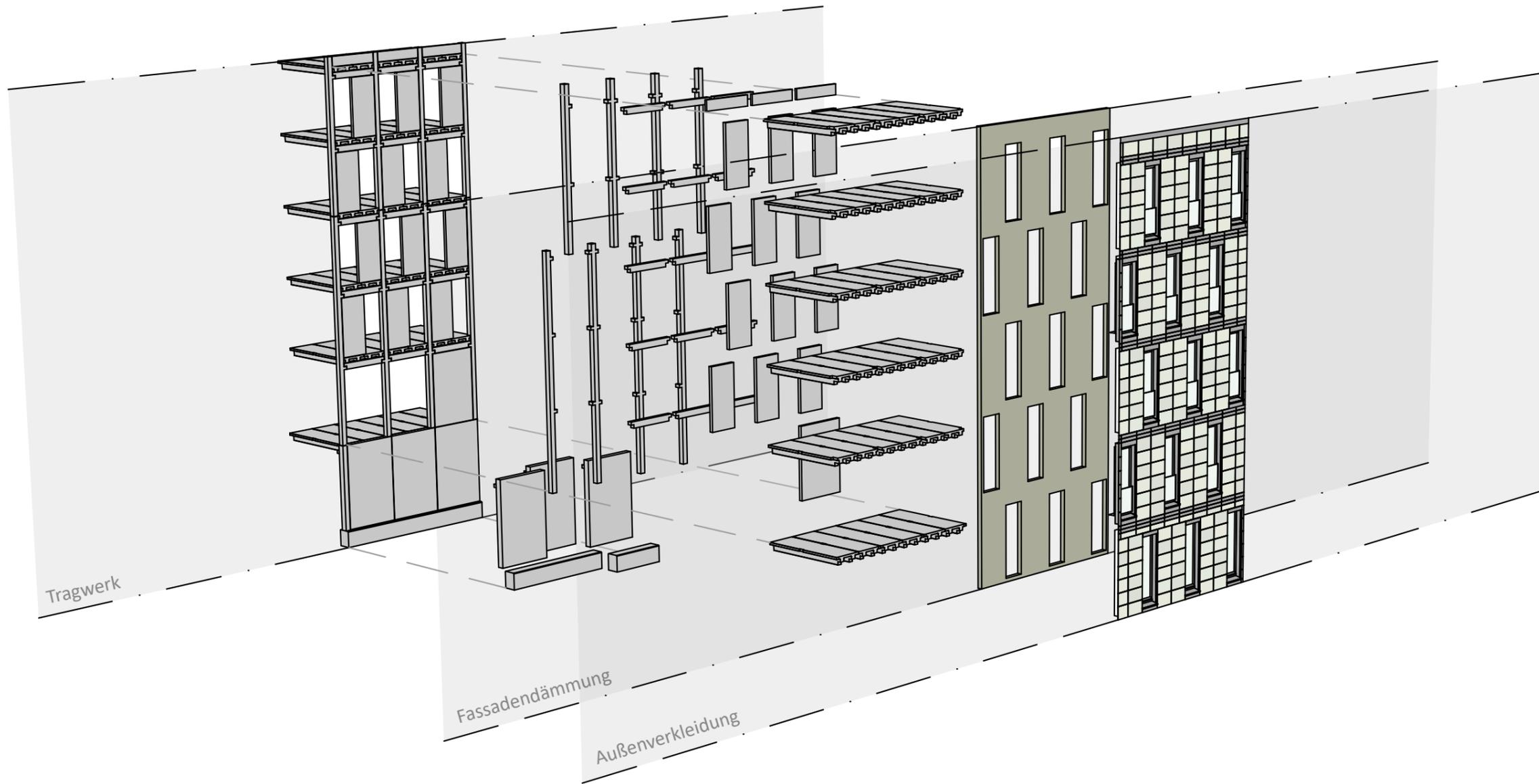
# EXPLOSIONSZEICHNUNG FASSADENEbenen



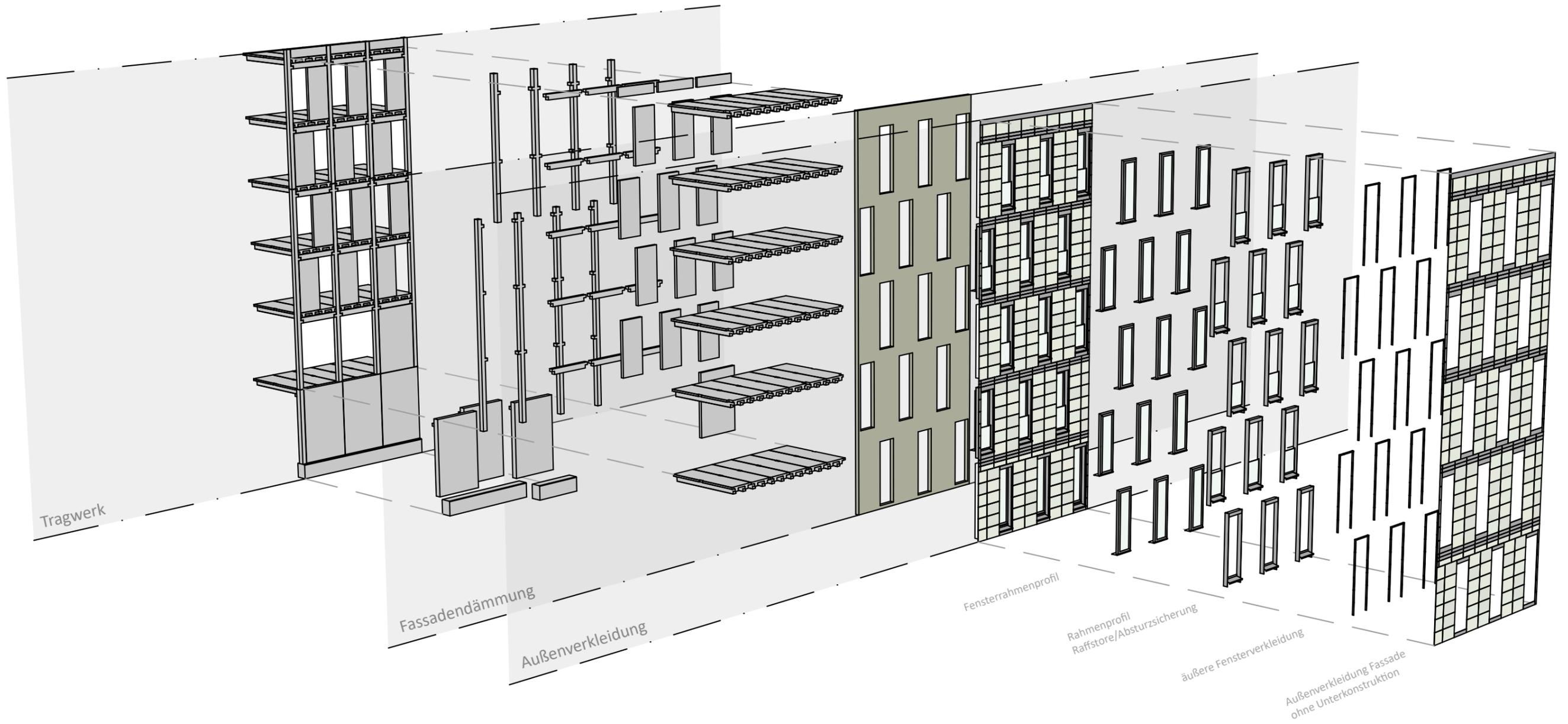
# EXPLOSIONSZEICHNUNG FASSADENEbenen



# EXPLOSIONSZEICHNUNG FASSADENEbenen



# EXPLOSIONSZEICHNUNG FASSADENEbenen



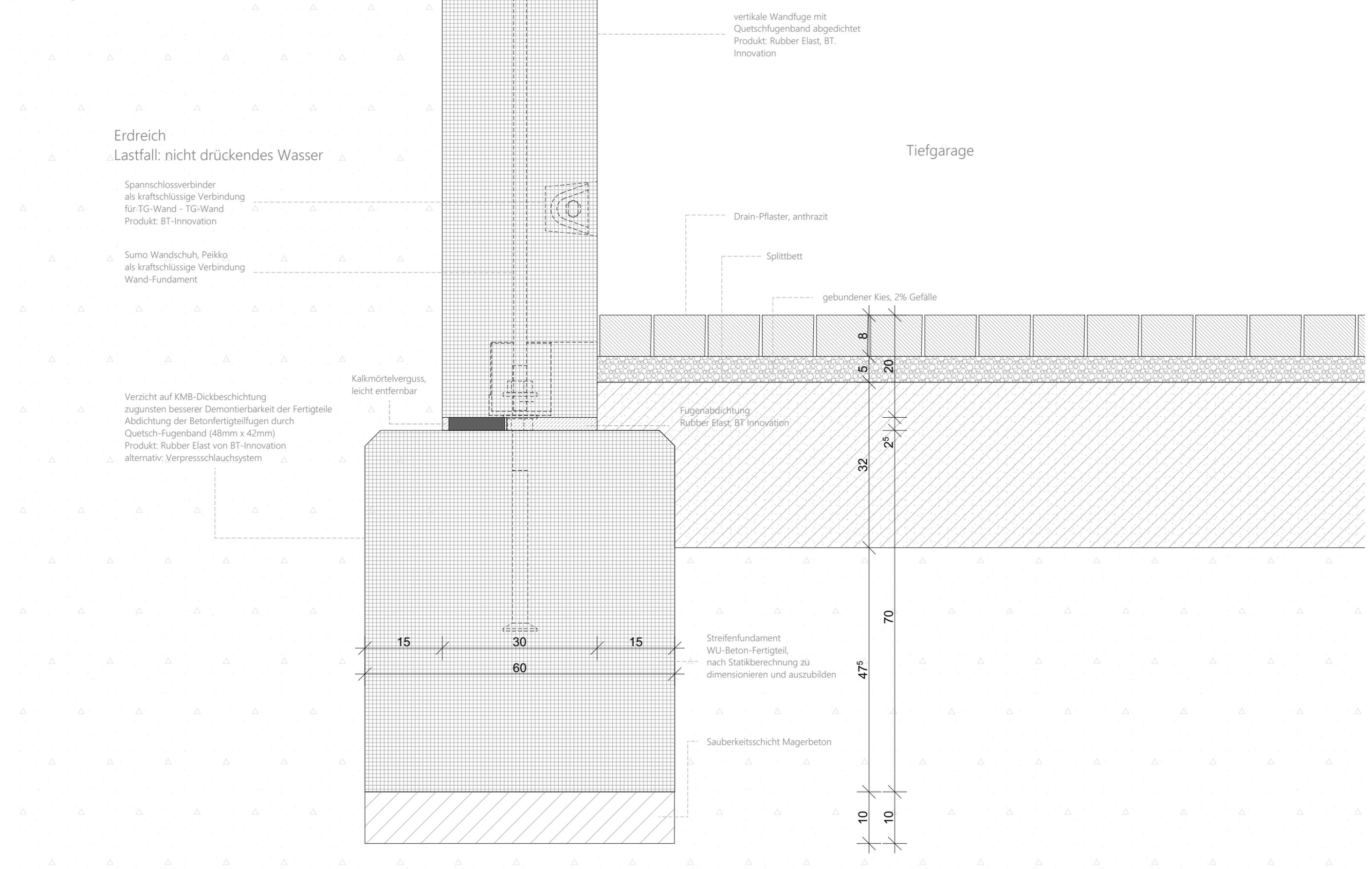
## ANWENDUNG VON CRADLE TO CRADLE AUF DIE BÜROGEBÄUDEUMPLAUNG

- Demontierbare Fügungspunkte von Betonfertigteilen
- Fassadenplanung nach dem Cradle to Cradle Prinzip
- Fassadenschnitte
- Detailplanung

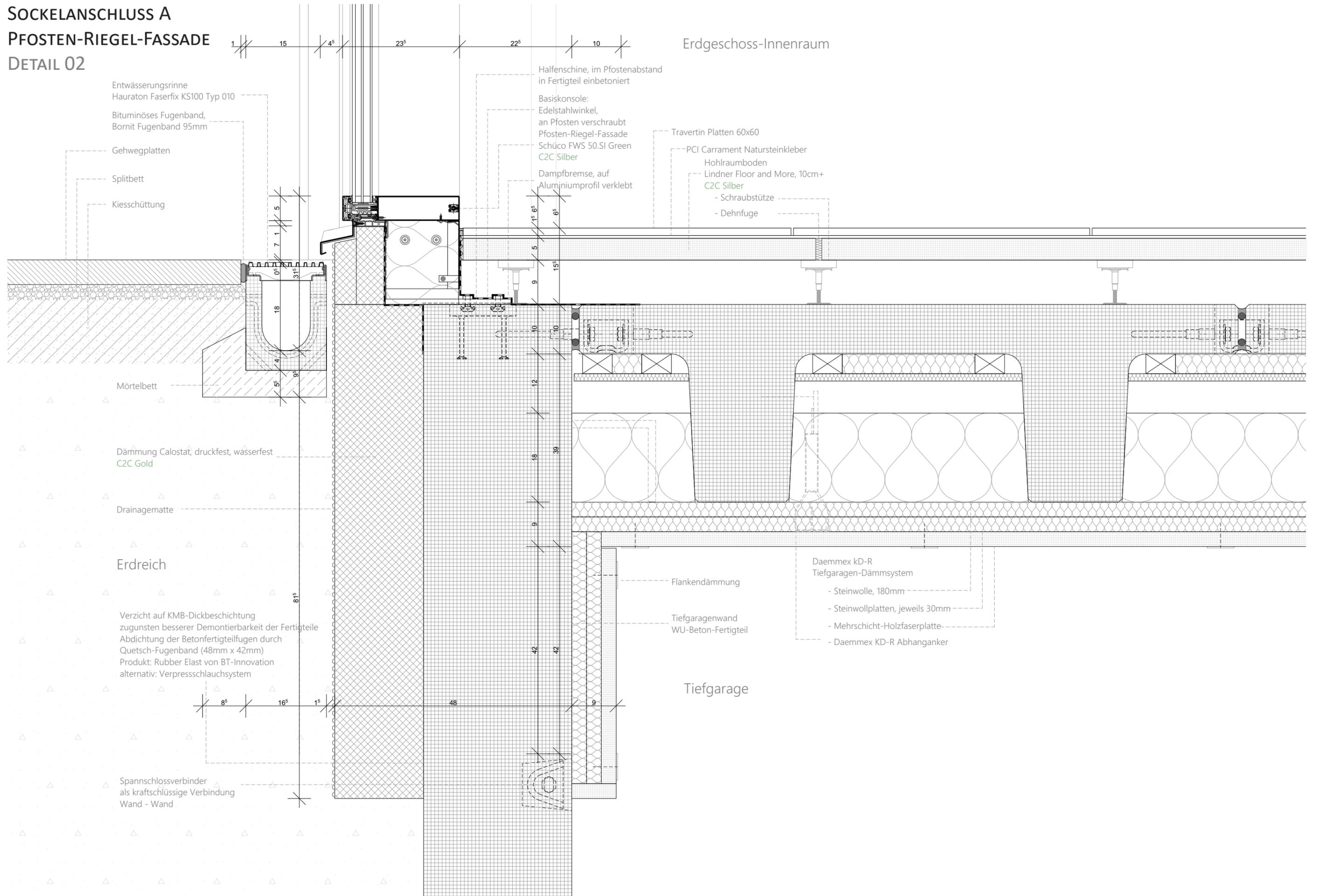


# FUNDAMENT-KELLERWAND

## DETAIL 01



**SOCKELANSCHLUSS A**  
**PFOSTEN-RIEGEL-FASSADE**  
**DETAIL 02**



# DECKENANSCHLUSS A PFOSTEN-RIEGEL-FASSADE DETAIL 03

Spannschlussverbinder  
als kraftschlüssige Verbindung  
Wand - Wand

Spannschlussverbinder  
als kraftschlüssige Verbindung  
Wand - Unterzug

keramische Fassadenverkleidung, Mosa  
horizontal auf Unterkonstruktion verschraubt  
C2C Gold

- keramische Fassadenschalung
- Unterkonstruktion, vertikale Aluminiumleiste
- Unterkonstruktion, horizontal, Aluminium
- Keramikfassadenanker, Fischer
- Wandwinkel, punktuell, Abstand max 100cm

Fassadenbahn, diffusionsoffen

Feinstaubbindende, bitumenfreie Teppichfliesen  
Fa. Desso Almaster Sphere mit Ecobasebacking  
C2C Silber

Hohlraumboden  
Lindner Floor and More, 10cm+  
C2C Silber

- Schraubstütze
- Dehnfuge

Rippendecke als  
Stahlbetonfertigteile

Unterzugkonsole, Stahlbeton

Komriband, Hannoband BG1

Halfenschine

Pfosten-Riegel-Fassade  
Schüco FWS 50.SI Green  
C2C Silber

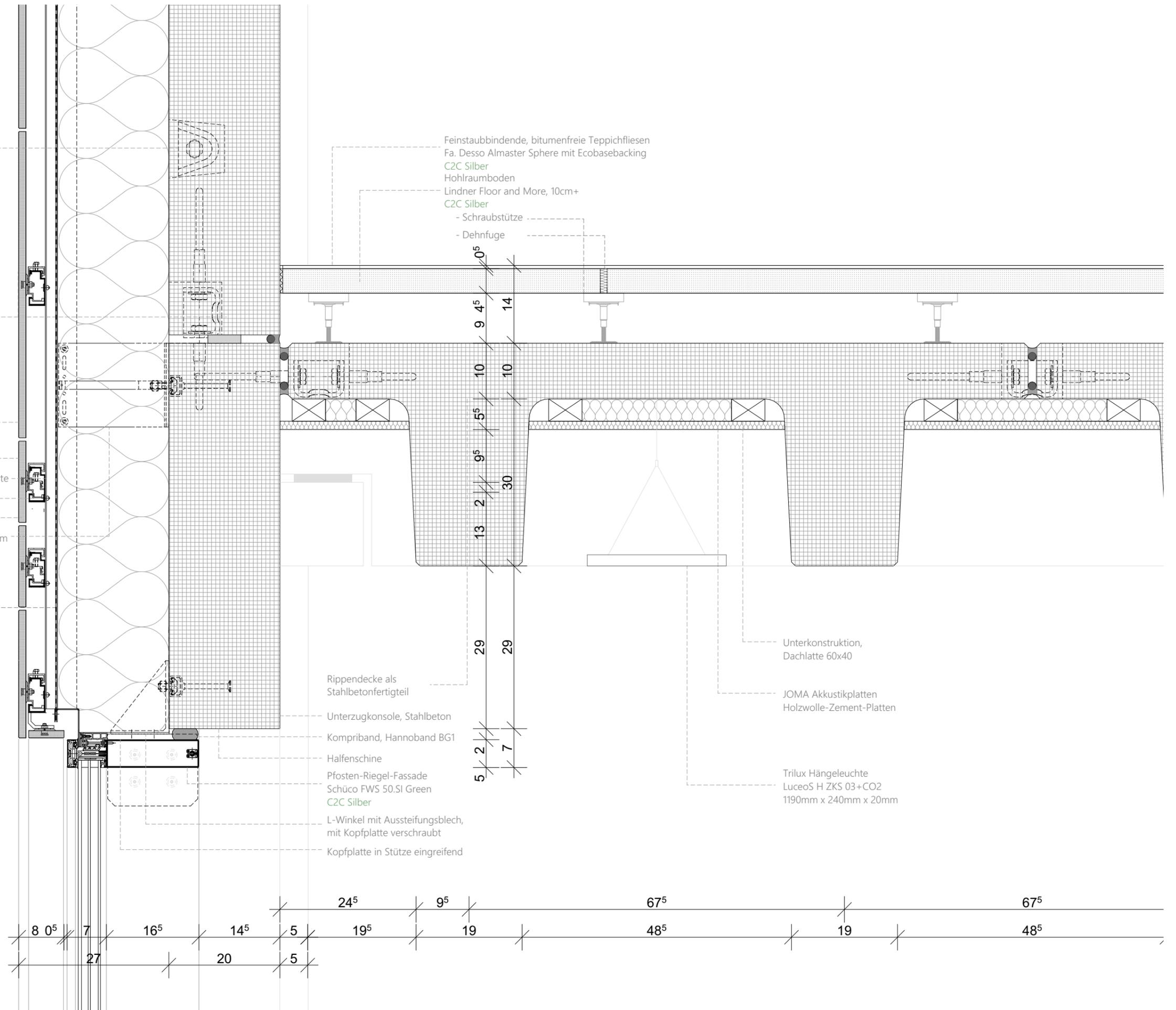
L-Winkel mit Aussteifungsblech,  
mit Kopfplatte verschraubt

Kopfplatte in Stütze eingreifend

Unterkonstruktion,  
Dachlatte 60x40

JOMA Akustikplatten  
Holzwohle-Zement-Platten

Trilux Hängeleuchte  
LuceoS H ZKS 03+CO2  
1190mm x 240mm x 20mm



# FENSTERANSCHLUSS UNTEN A DETAIL 04

Dämmung Calostat, druckfest  
C2C Gold

Aluminium-Fenster, bodentief  
außenliegende Absturzsicherung durch Glasscheibe  
Schüco Fenstersystem AWS 70.HI  
C2C Silber

- Fensterbank Aluminium mit Antidröhnstreifen
- Hafte

zweite wasserführende Schicht  
Fensterbankabdichtung  
EPDM-Bahn nach RAL

keramische Fassadenverkleidung, Mosa  
horizontal auf Unterkonstruktion verschraubt  
C2C Gold

- keramische Fassadenschalung
- Unterkonstruktion, vertikale Aluminiumleiste
- Unterkonstruktion, horizontal, Aluminium
- Keramikfassadenanker, Fischer
- Wandwinkel, punktuell, Abstand max 100cm

Steinwolle WLG 0,35  
Generation FUTURO von Flumroc  
C2C Gold

Fassadenbahn, diffusionsoffen

Dichtvlies, diffusionsdicht  
Integratio Butylband

Feinstaubbindende, bitumenfreie Teppichfliesen  
Fa. Desso Almaster Sphere mit Ecobasebacking  
C2C Silber

Hohlraumboden  
Lindner Floor and More, 10cm+  
C2C Silber

- Schraubstütze

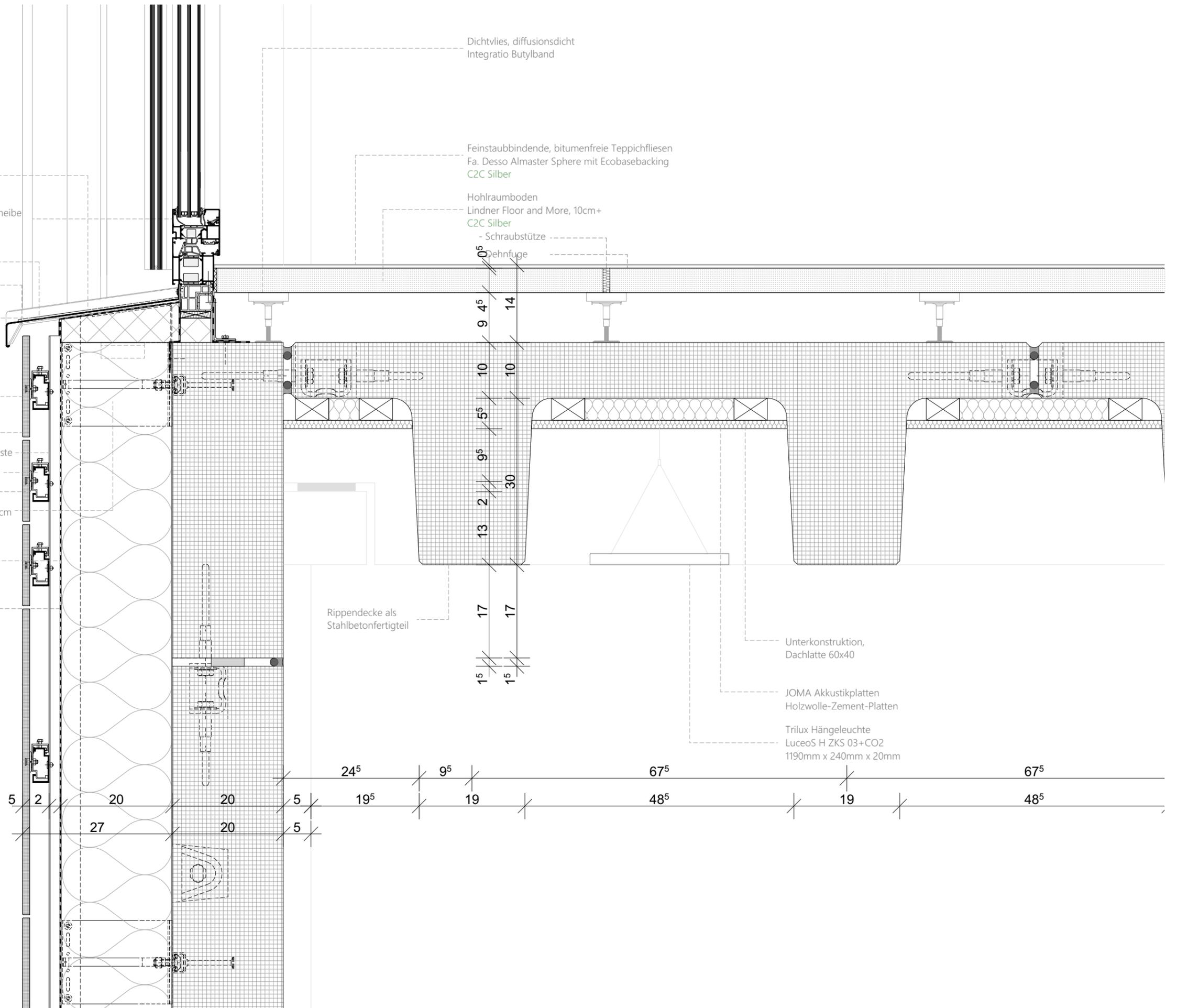
Dehnfuge

Rippendecke als  
Stahlbetonfertigteile

Unterkonstruktion,  
Dachlatte 60x40

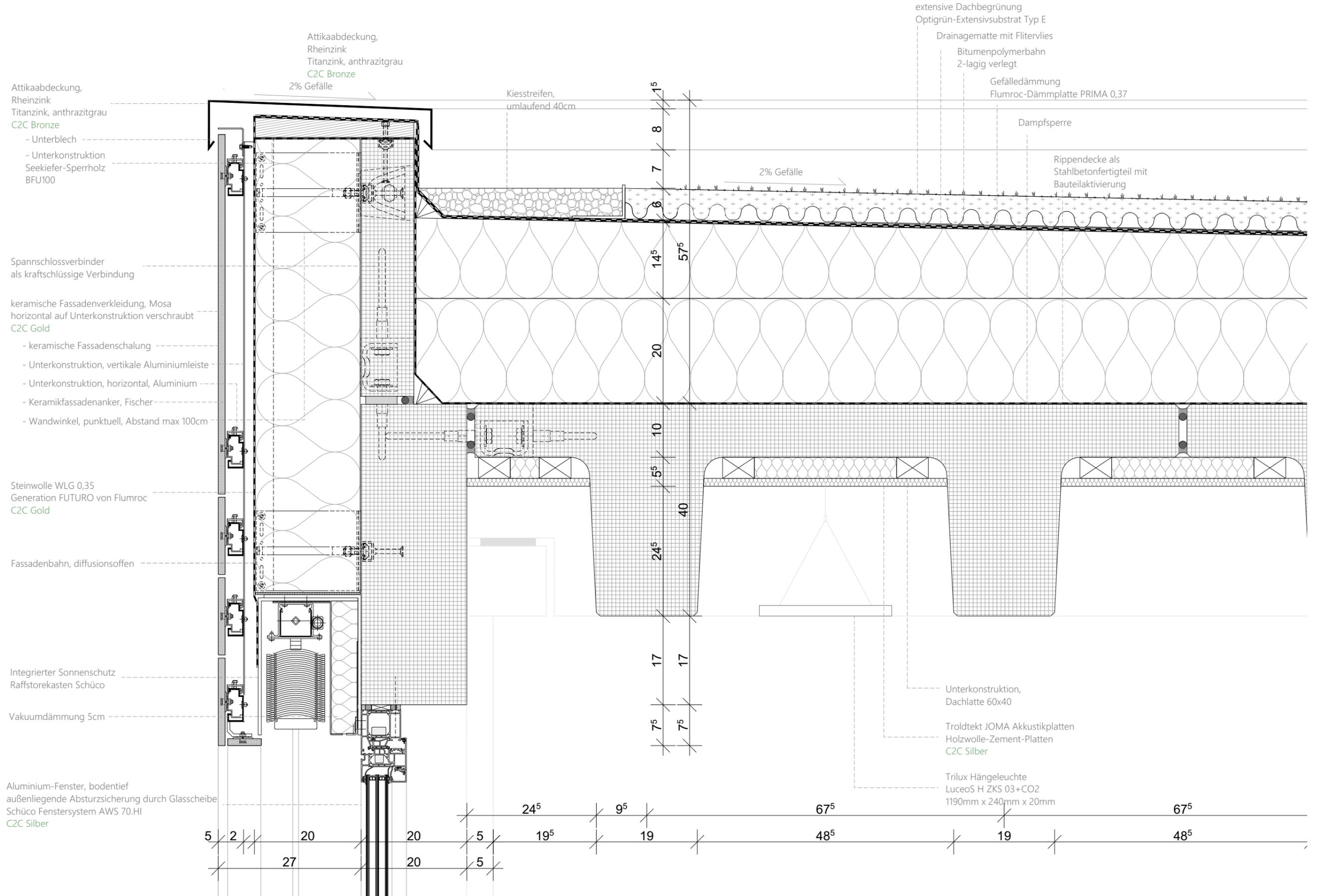
JOMA Akustikplatten  
Holzwolle-Zement-Platten

Trilux Hängeleuchte  
LuceoS H ZKS 03+CO2  
1190mm x 240mm x 20mm

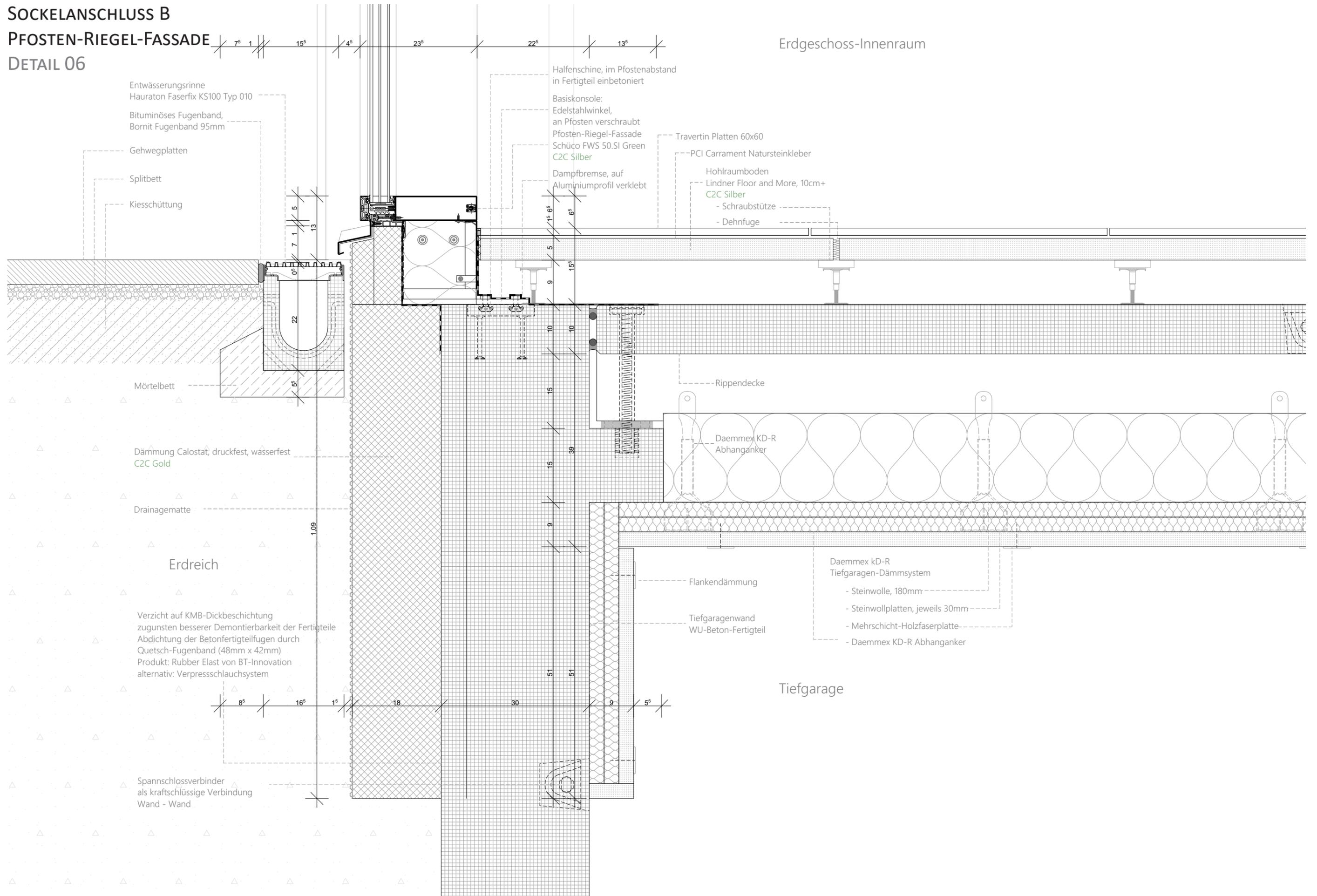


# ATTIKA / FENSTERANSCHLUSS OBEN A

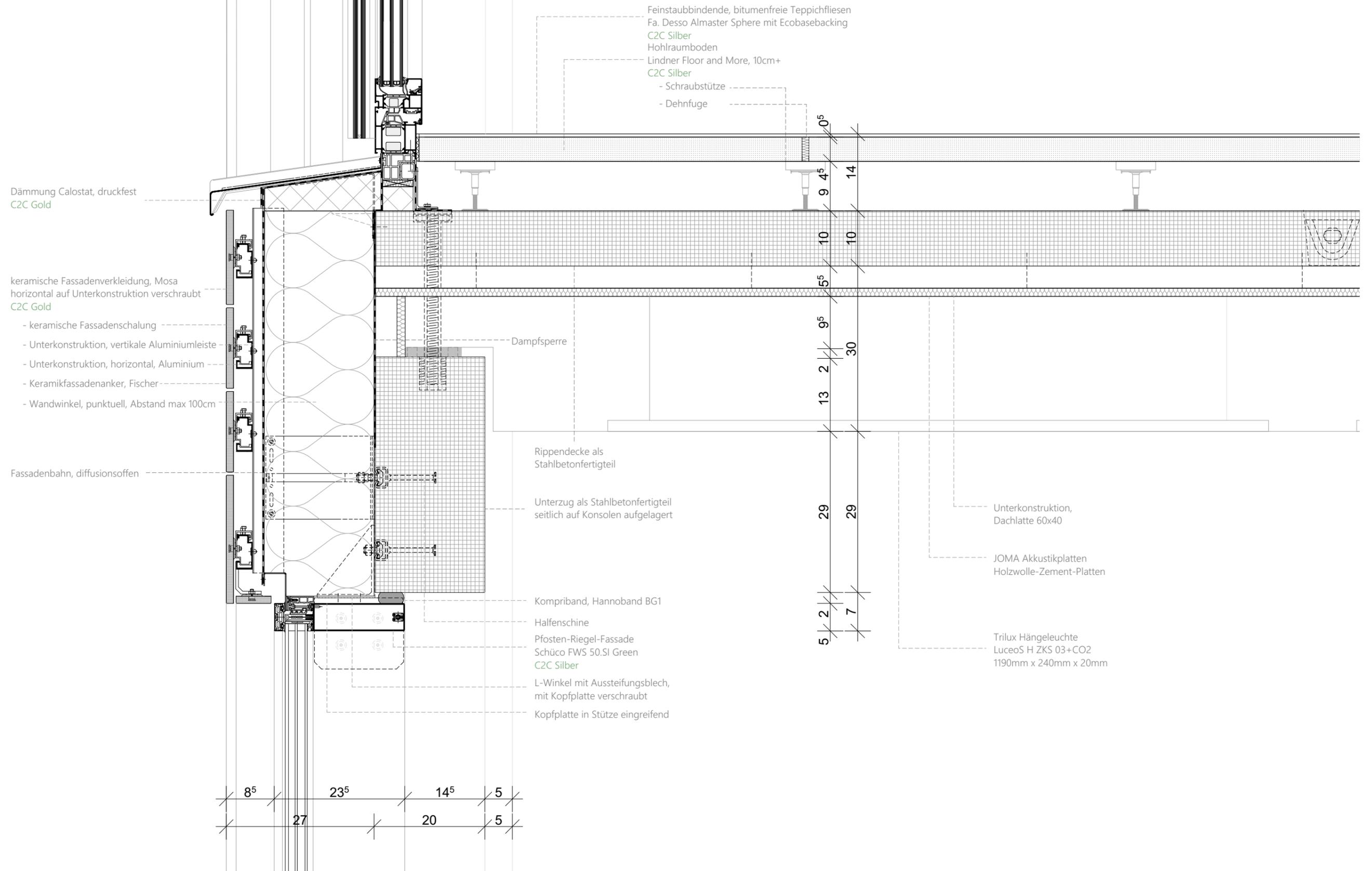
## DETAIL 05



**SOCKELANSCHLUSS B**  
**PFOSTEN-RIEGEL-FASSADE**  
**DETAIL 06**



DECKENANSCHLUSS B  
PFOSTEN-RIEGEL-FASSADE  
DETAIL 07



# FENSTERANSCHLUSS UNTEN B DETAIL 08

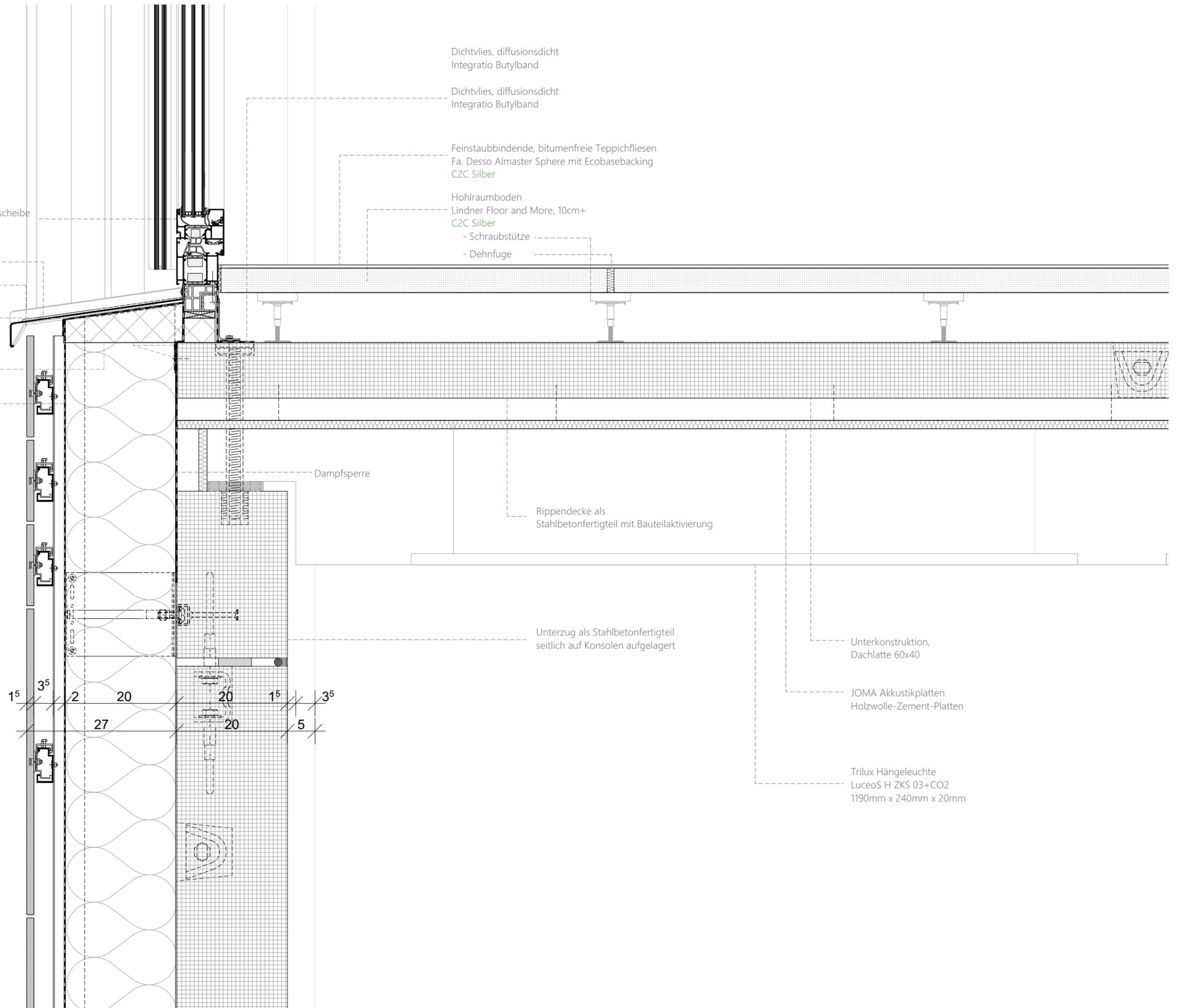
Aluminium-Fenster, bodentief  
außenliegende Absturzicherung durch Glasscheibe  
Schüco Fenstersystem AWS 70.HI  
C2C Silber

- Fensterbank Aluminium mit Antidröhnstreifen
- Haften

zweite wasserführende Schicht  
Fensterbankabdichtung  
EPDM-Bahn nach RAL

Dämmung Calostat, druckfest  
C2C Gold

Fassadenbahn, diffusionsoffen



Dichtvlies, diffusionsdicht  
Integratio Butylband

Dichtvlies, diffusionsdicht  
Integratio Butylband

Feinstaubbindende, bitumenfreie Teppichfliesen  
Fa. Desso Almasteer Sphere mit Ecobasebacking  
C2C Silber

Hohlraumboden  
Lindner Floor and More, 10cm+  
C2C Silber

- Schraubstütze  
- Dehnfuge

Dampfsperre

Rippendecke als  
Stahlbetonfertigteil mit Bauteilaktivierung

Unterzug als Stahlbetonfertigteil  
seitlich auf Konsolen aufgelagert

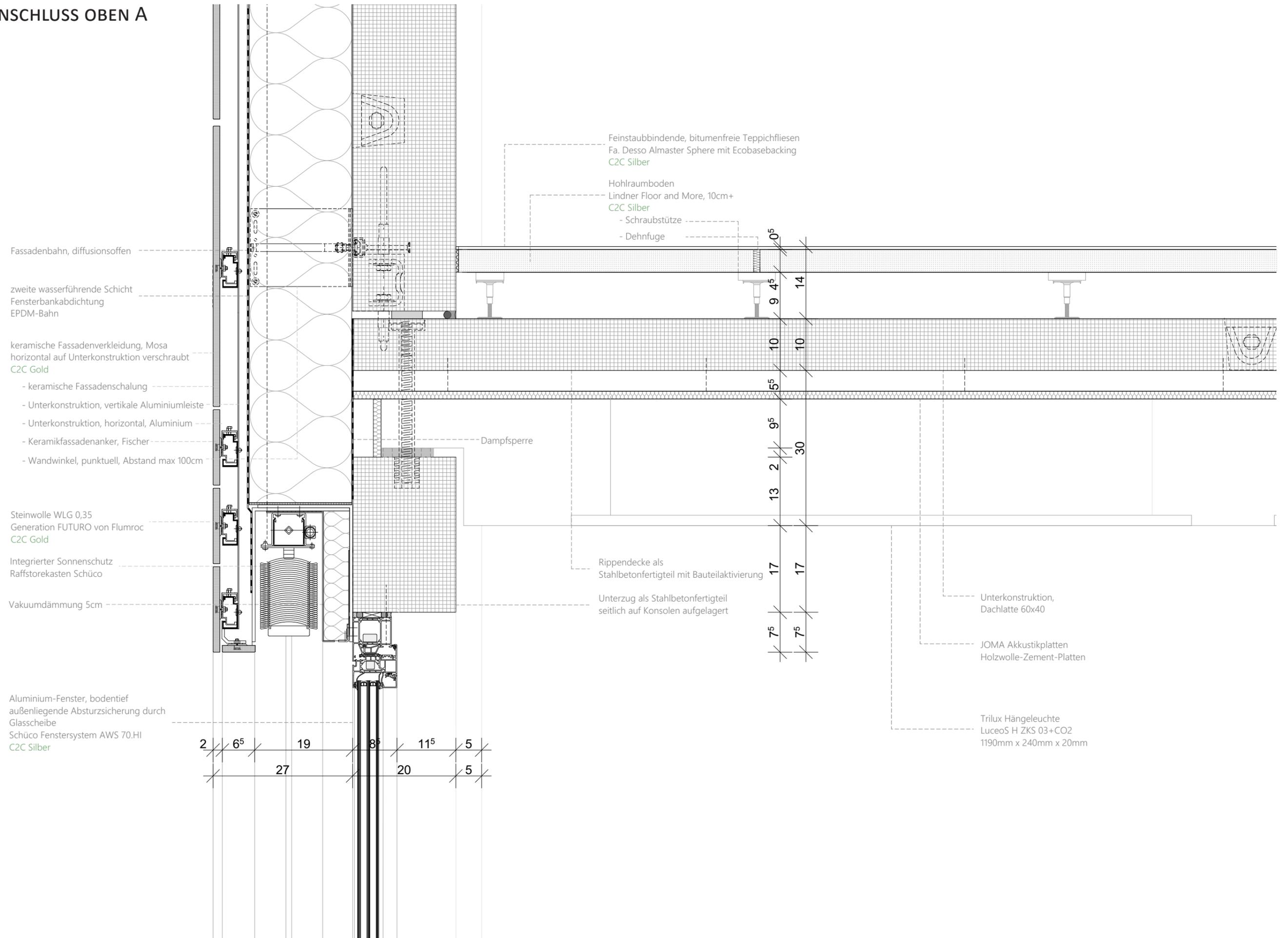
Unterkonstruktion,  
Dachlatte 60x40

JOMA Akkustikplatten  
Holzwolle-Zement-Platten

Trilux Hängeleuchte  
LuceoS H ZKS 03+CO2  
1190mm x 240mm x 20mm

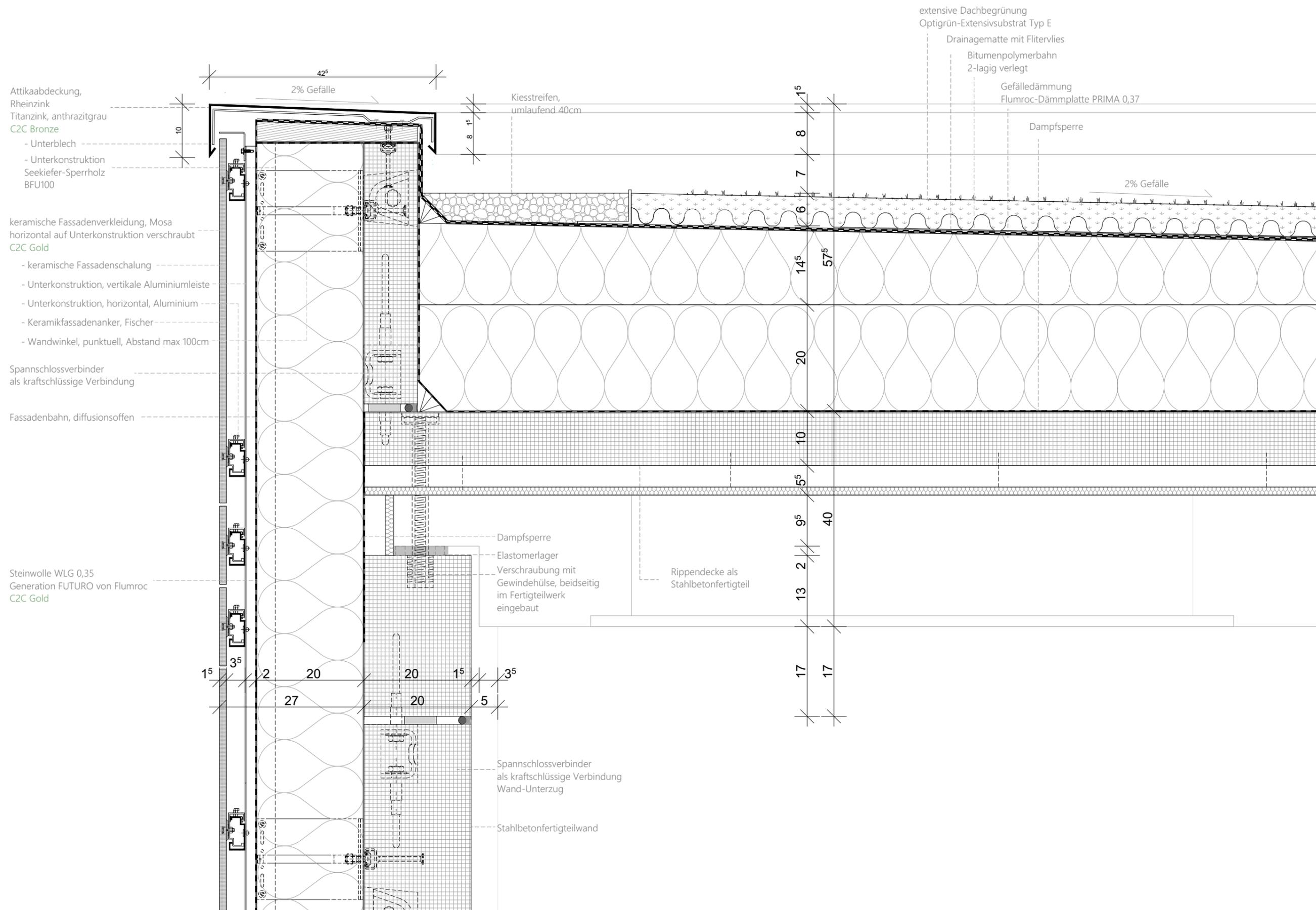


# FENSTERANSCHLUSS OBEN A DETAIL 09

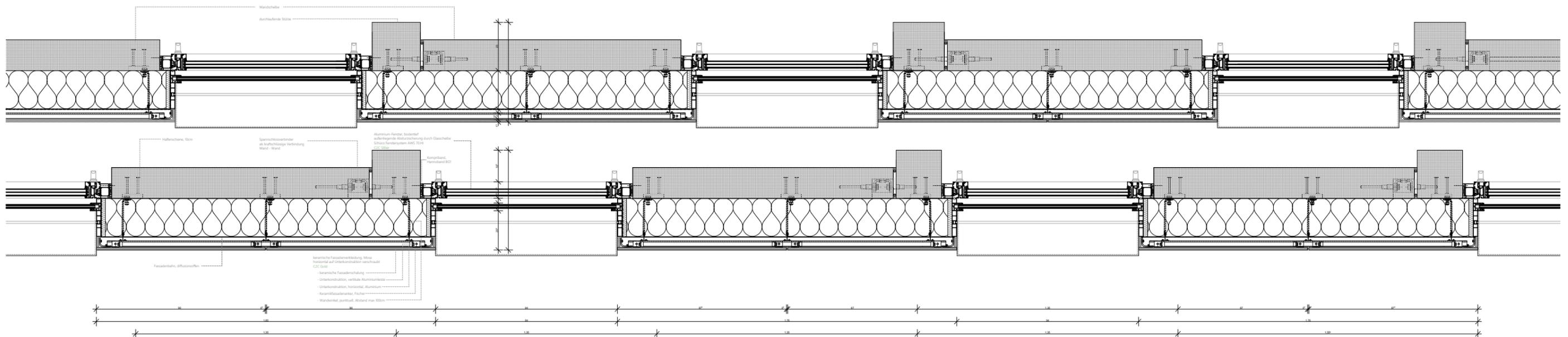
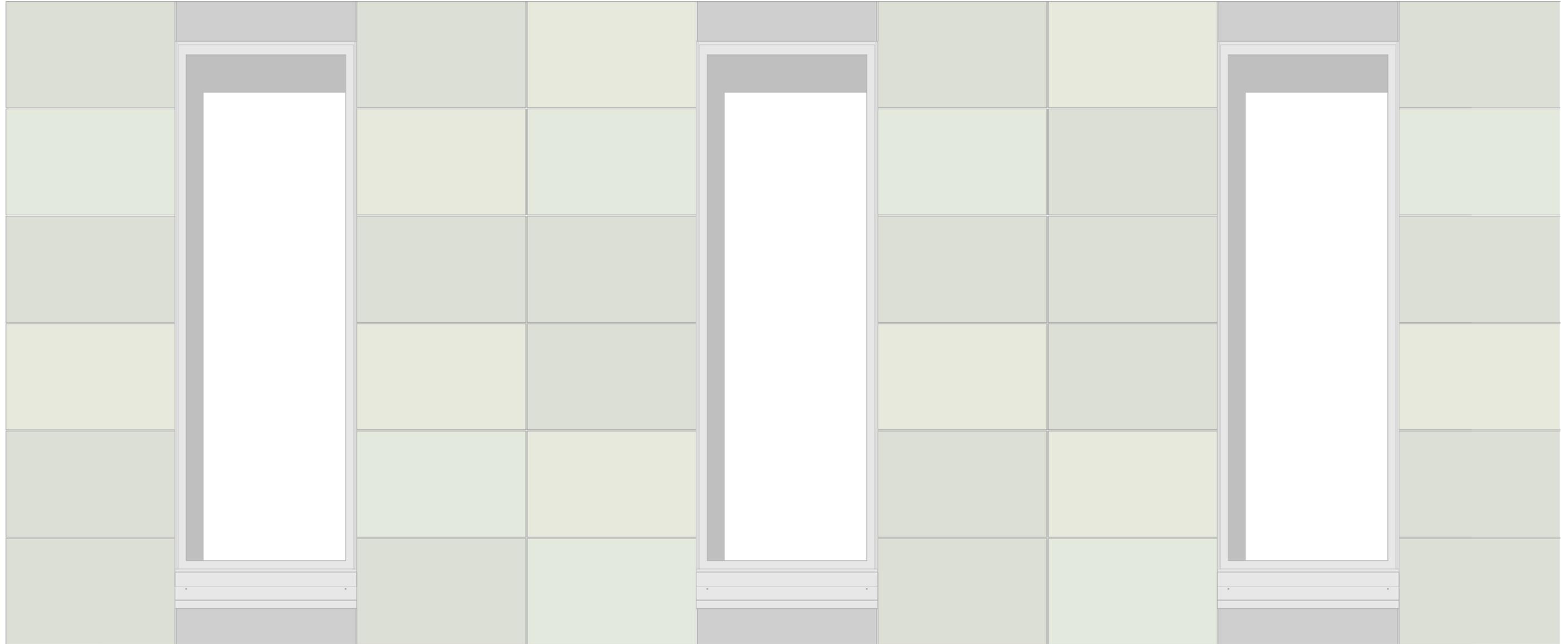


# ATTIKA / WANDANSCHLUSS OBEN B

## DETAIL 10

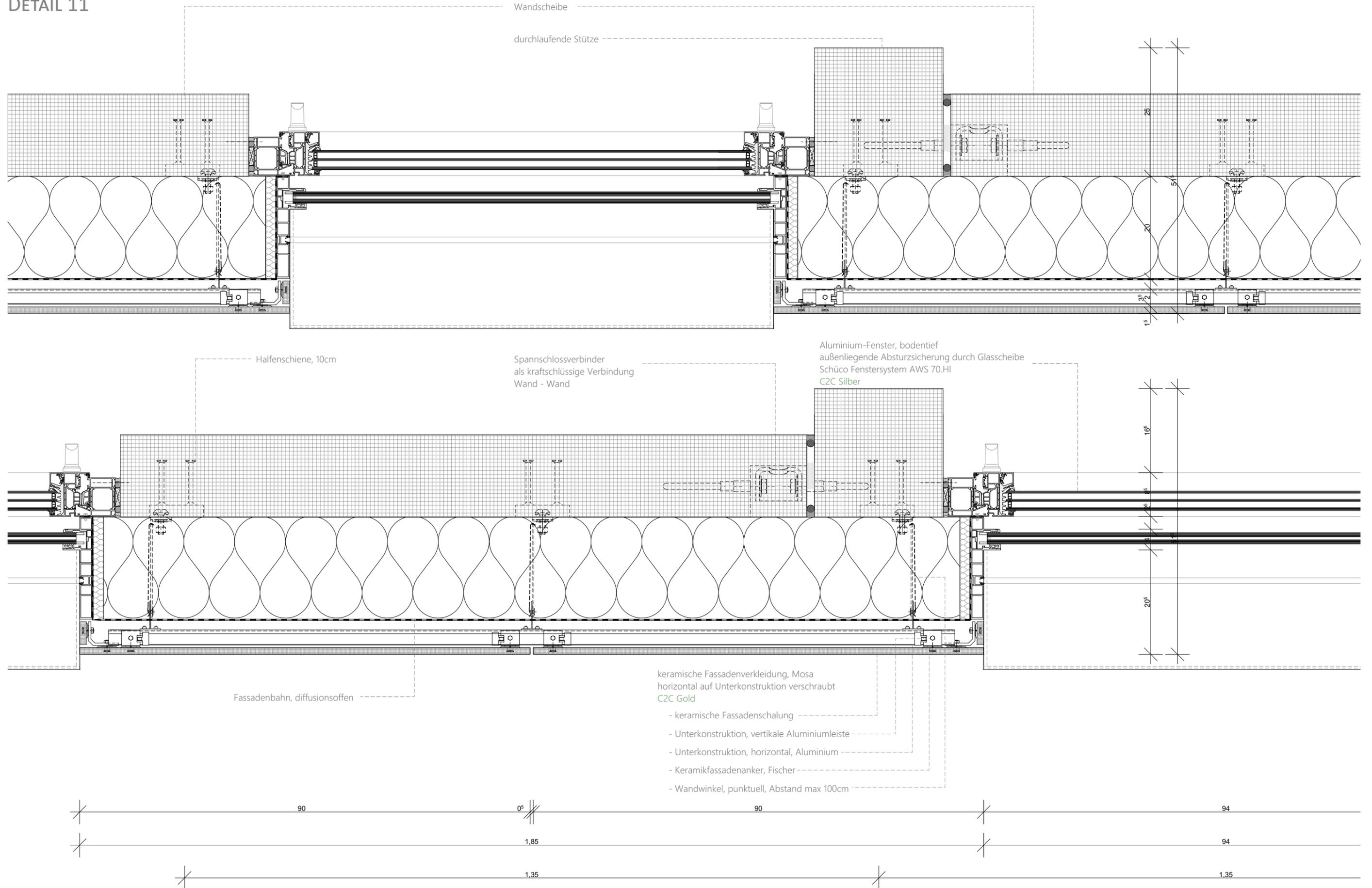


GRUNDRISS / FASSADE  
ÜBERSICHT

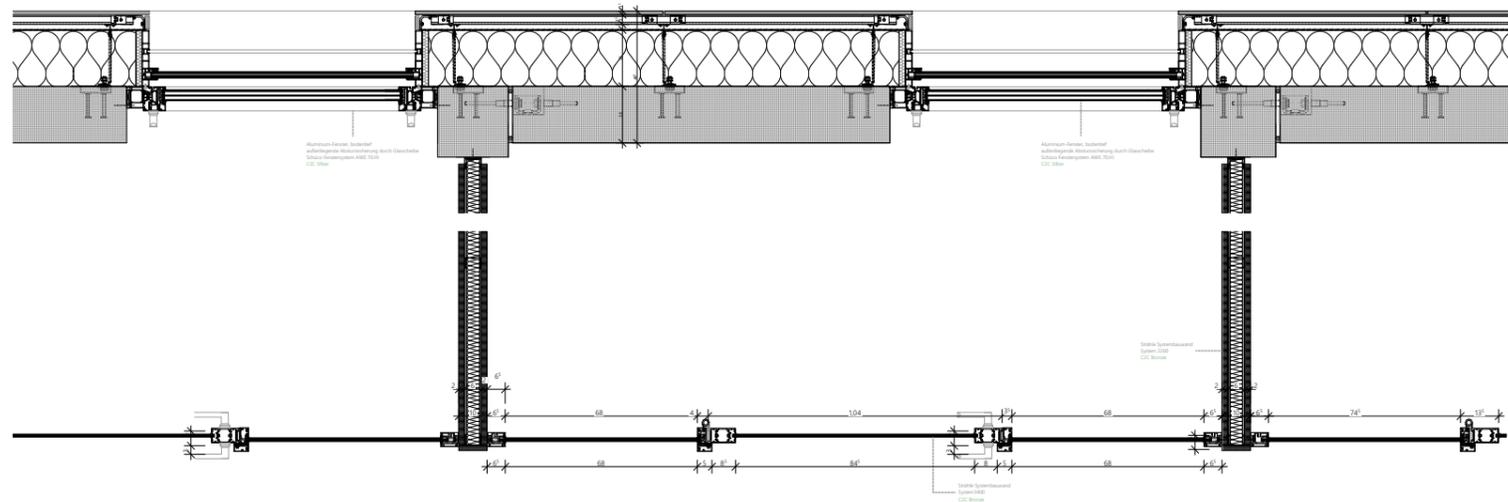
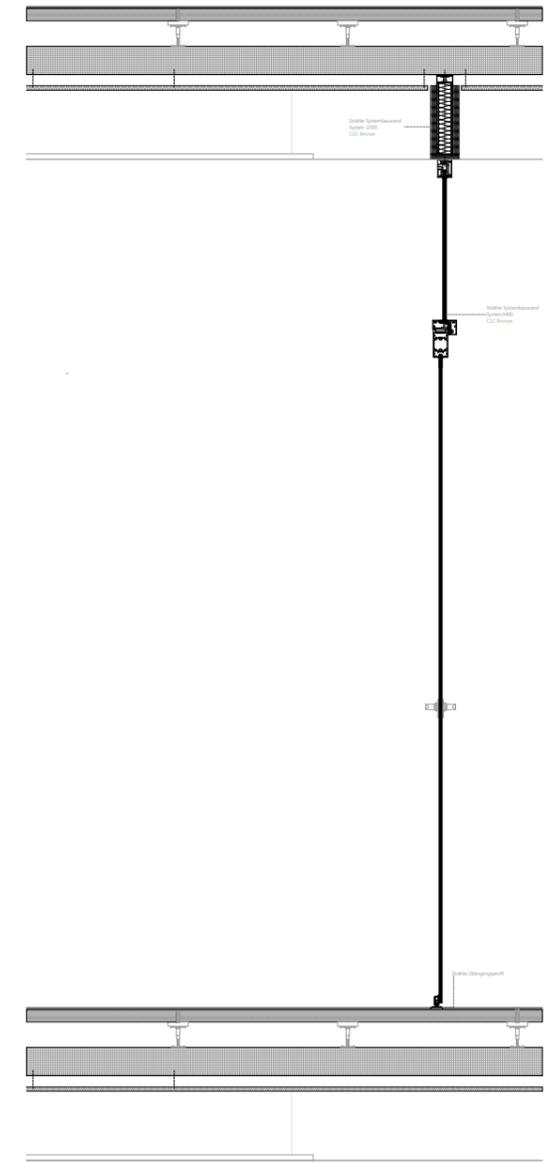
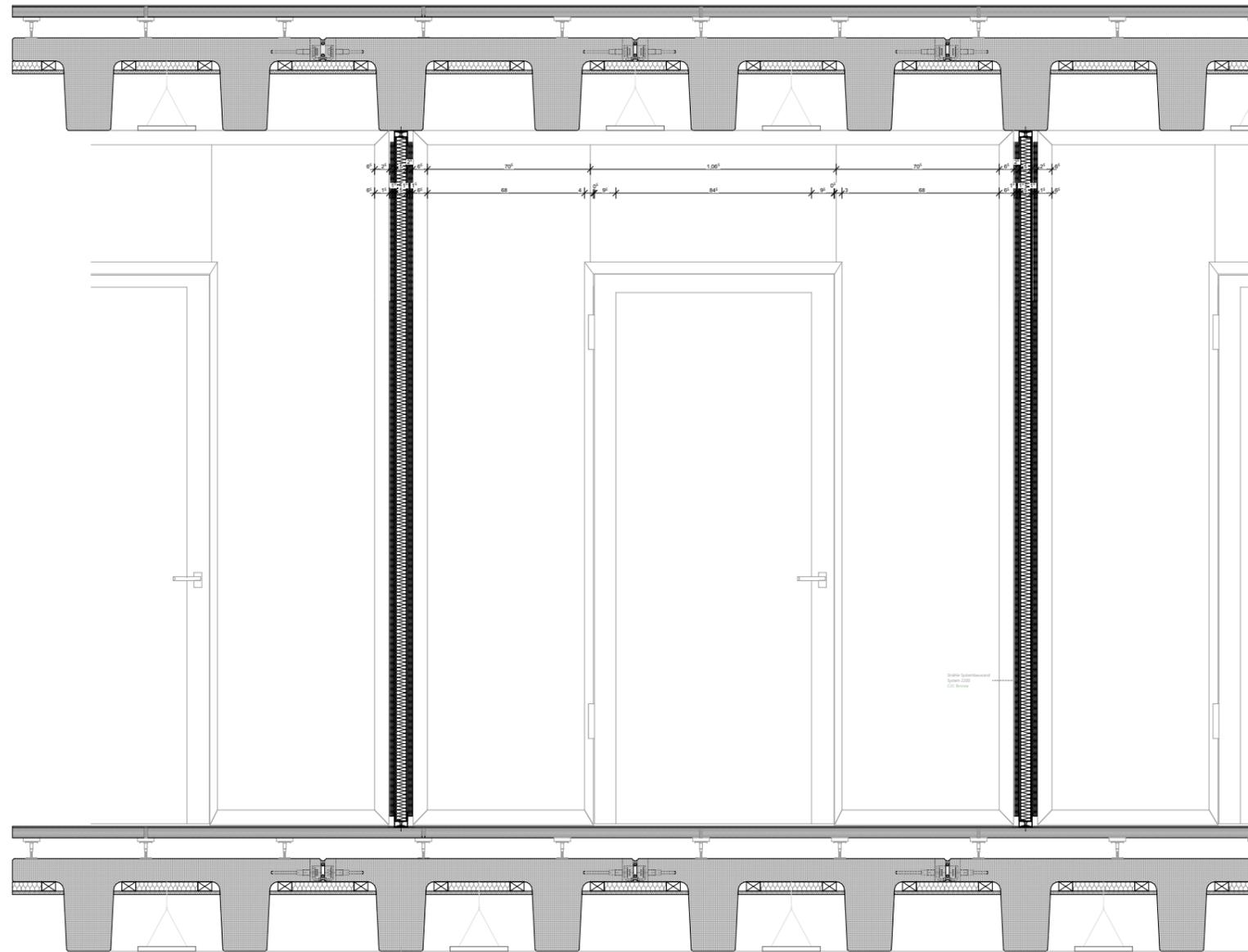


# GRUNDRISS

## DETAIL 11

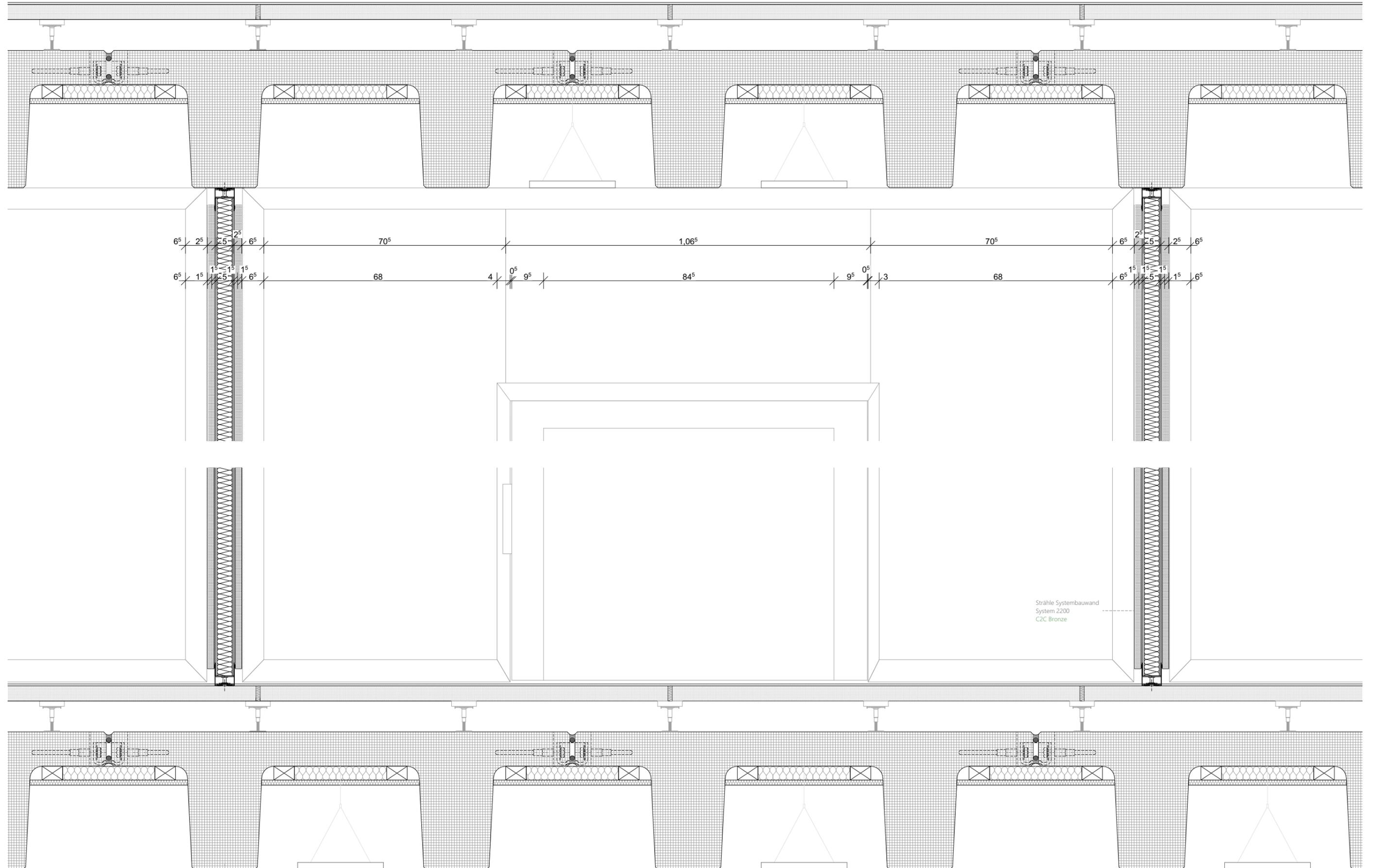


# INNENAUSBAU ÜBERSICHT



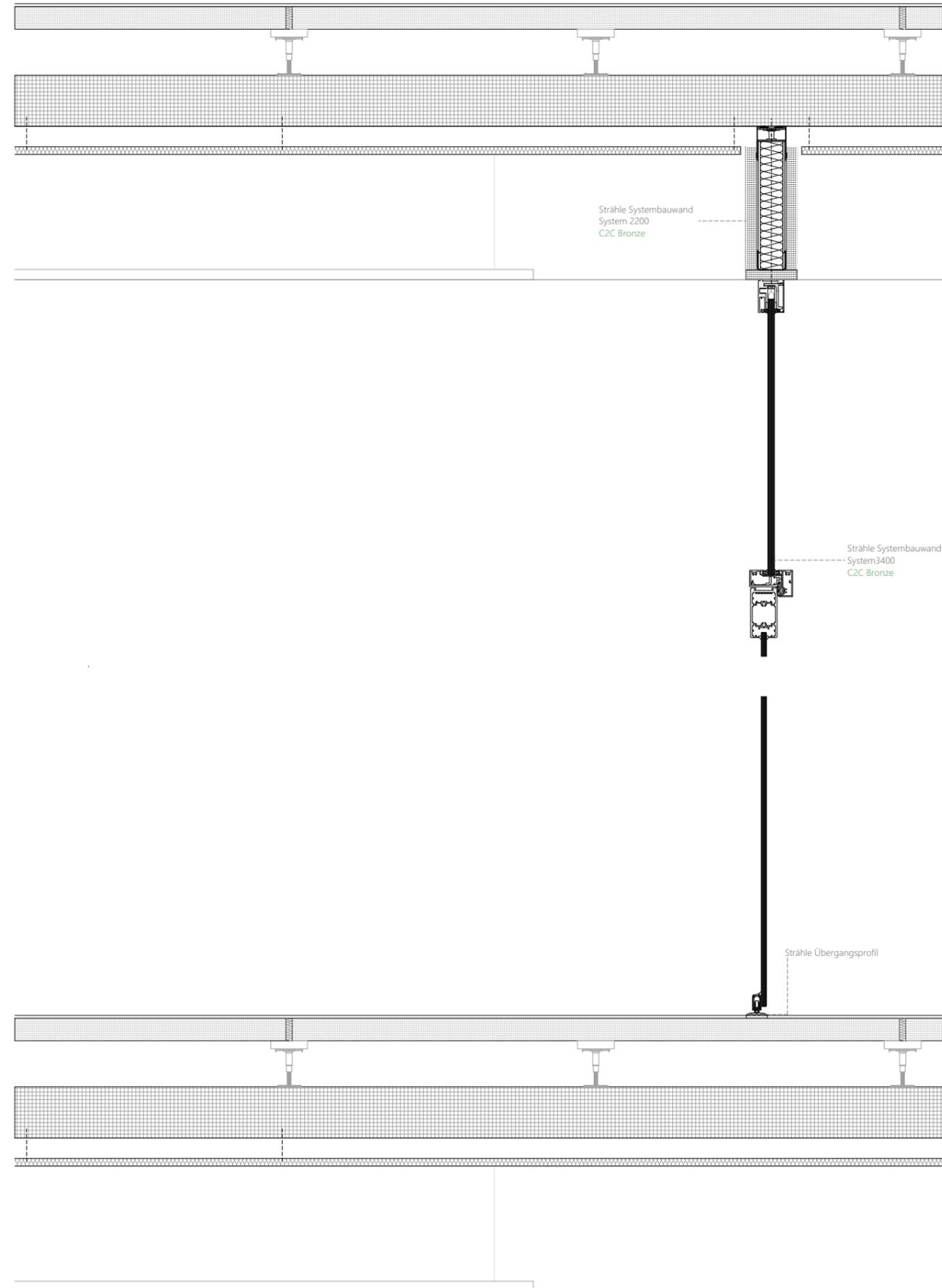
# INNENAUSBAU, SCHNITT A

## DETAIL 12



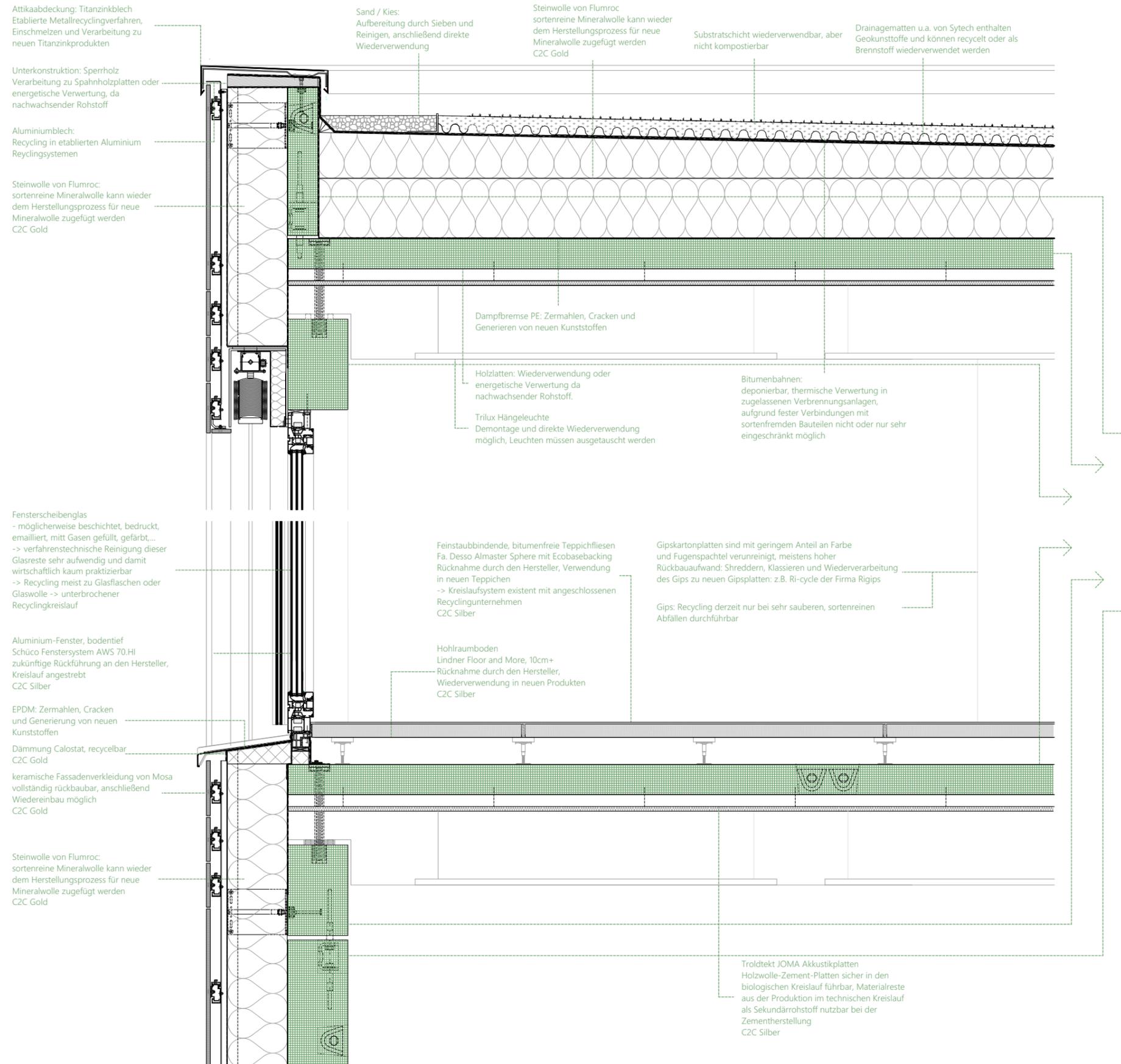


INNENAUSBAU, SCHNITT B  
DETAIL 14



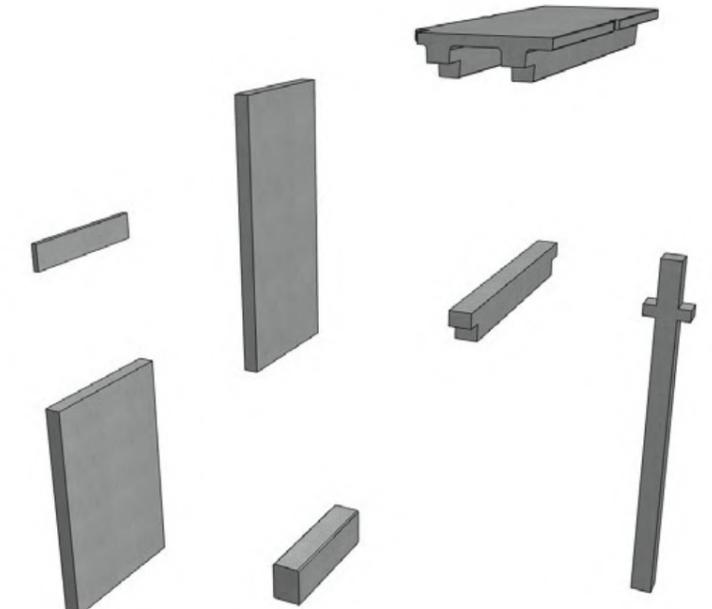
# DETAILANALYSE

## RECYCLINGFÄHIGKEIT VON EINZELBAUTEILEN



### Betonfertigteile:

- Einzelteilwiederverwendung in der Gebäudeplanung:**
- Gebäude mit nahezu identischer Bauteilnachfrage  
-> erfordert stärkere Typisierung, Standardisierung, Neutralisierung (z.B. Innenraumwände oder Decken als sehr neutrale Elemente, auch DDR-Plattensiedlungen )
  - Verwendung als Mietsystem -> Rückführung an den Eigentümer
  - Verkauf an Unternehmen, Internetbörsen, Bauelementbörsen oder die IHK
  - Einsatz der Bauelemente für einen sekundären Verwendungszweck (meistens downcycling)
    - Lärmschutzwände, Kletterfelsen, Platzbefestigung
    - Freiflächen-, Landschafts- und Parkgestaltung
    - Wegebau, Deichbau, verlorene Schalung



## FAZIT

FAZIT UND VERGLEICH  
BEWERTUNG VON CRADLE TO CRADLE



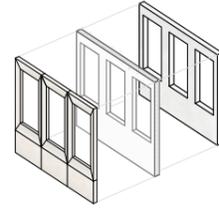
## FAZIT UND VERGLEICH

### Umplanung eines Bürogebäudeentwurfs in eine demontierbare Beton-Fertigteil-Konstruktion im Sinne des Cradle-to-Cradle Prinzips

#### Bürogebäude in Beton-Sandwich Konstruktion

##### Fassadenaufbau als tragende Beton-Sandwich-Konstruktion

- Beton-Fertigteilfassade mit hochindividueller Ausbildung im Erscheinungsbild
- klar strukturiertes Fassadenraster mit geschossweise übereinander liegenden Bürofenstern



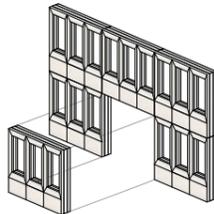
##### Deckenkonstruktion als Stahlbetonrippendecke

- Stegbreite im Achsmaß 67,5cm als klassisches Büroausbauraster
- Sonderbauteil bei Fassadenanschluss, um 1,35m-Raster zu erfüllen



##### Knotenpunktdetails

- hauptsächlich Dollenverbindungen -> statisch wirksam, aber schwierig rückbaubar
- weitestgehender Verguss von Fügungspunktdetails -> schwierig lösbare Gebäudekonstruktion



##### Produktauswahl

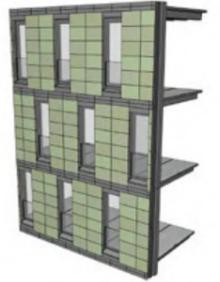
- hauptsächlich nach Funktion, z.T. auch nach Recyclingfähigkeit und Nachhaltigkeitseigenschaften ausgewählt



#### Bürogebäude in Beton-Fertigteil-Konstruktion nach C2C

##### Fassadenaufbau als Stützen-Skelettkonstruktion mit vorgehängter Fassade

- Keramikfliesenfassade mit standartisierten, wiederverwendbaren Keramikplatten
- spannendere, klar strukturiertes Fassadenraster mit übereinander verspringenden Bürofenstern



##### Deckenkonstruktion als Stahlbetonrippendecke

- Neudimensionierung der TT-Platten
- Fertigteilplatten mit 67,5cm Achsmaß zwischen den Stegen
- punktuell Abweichen vom Fassadenraster am Fassadenanschluss



##### Knotenpunktdetails

- umfassend demontierbare Fügungspunkte von Beton-Fertigteilen
- Gebäude erlaubt schätzungsweise eine 80-90%ige Rückbaubarkeit



##### Produktauswahl

- Produkte sowohl nach Einsatzfunktion, als auch Nachhaltigkeit durch u.a. C2C-Zertifizierung ausgewählt



##### Gebäudeentwurf in seiner Gesamtheit nach Cradle to Cradle geplant

- Umsetzung des Grundgedankens: Neutralität im Tragwerk, Individualität in der Fassade, Flexibilität im Grundriss
- Rückbaubarkeit und Wiederverwendbarkeit von Einzelteilen als angestrebtes Ziel
- hoher Vorfertigungsgrad durch Fertigteilkonstruktion erspart Zeit und erlaubt nahezu witterungsunabhängige Planung



# BEWERTUNG VON CRADLE TO CRADLE

## Bedeutung

Eine konventionelle Gebäudeplanung geht meistens zwar von einer langen Standzeit eines Gebäudes aus, beschäftigt sich jedoch meistens nicht mit dem späteren Abriss oder der Möglichkeit eines Umbaus. Daraus resultieren z.T. Probleme bei der Entsorgung bzw. dem Recycling der verbauten Materialien und Rohstoffe.

Der Cradle to Cradle Ansatz betrachtet die Gebäudeplanung als Erstellung eines Materialdepots mit Rohstoffen, welche in der Zukunft nach dem Ableben eines Hauses zurückgebaut und wiederverwendet werden können, um dem schnellen Aufbrauchen endlicher Rohstoffe entgegenzuwirken. Dabei ist die reversible Fügung von Bauelementen von essentieller Bedeutung, um eine sortenreine Trennung von Elementen und die anschließende Verarbeitung zu neuen Produkten zu ermöglichen.

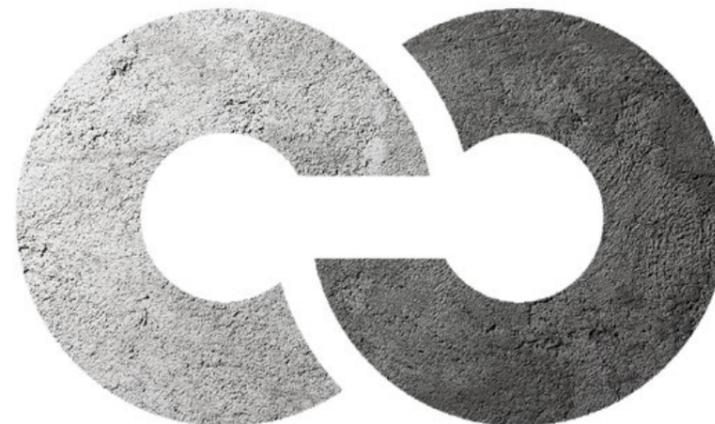
## Kritik

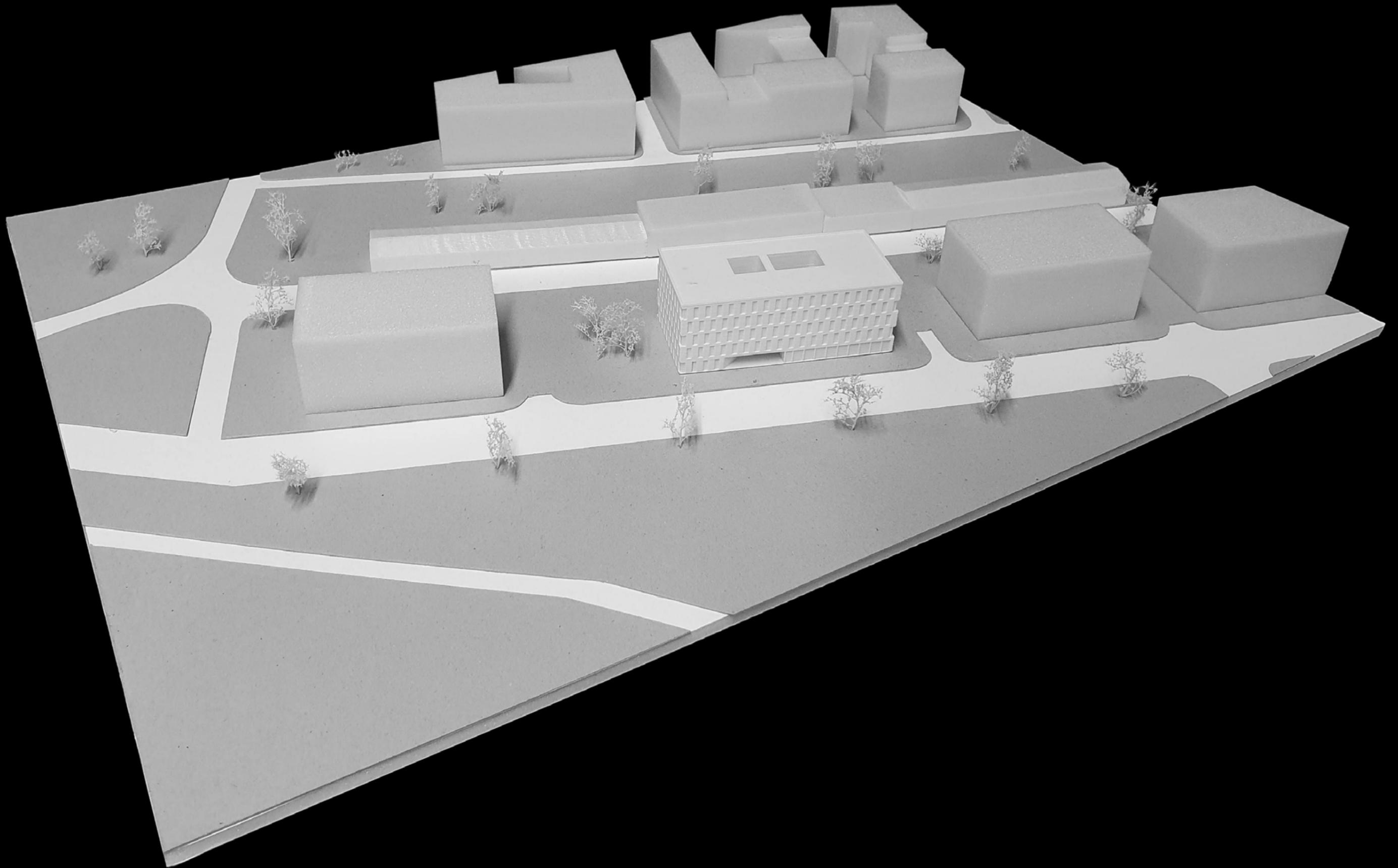
Insgesamt scheint Cradle to Cradle nicht für alle Produktionsketten machbar, da es immer Produktionszweige gibt, die Ressourcen investieren müssen, ohne diese wiederzubekommen. Um die versprochene Effektivität zu garantieren - eine Welt frei von Müll - müssten alle Zyklen geschlossen sein, was wiederum ein unabsehbarer Aufwand sein dürfte und auch grundsätzlich in Teilen hinterfragt werden sollte. Darüber hinaus ist es aktuell oftmals, wirtschaftlich betrachtet, günstiger, neue Produkte herzustellen, anstatt eine aufwendige Aufbereitung von Materialien zu realisieren.

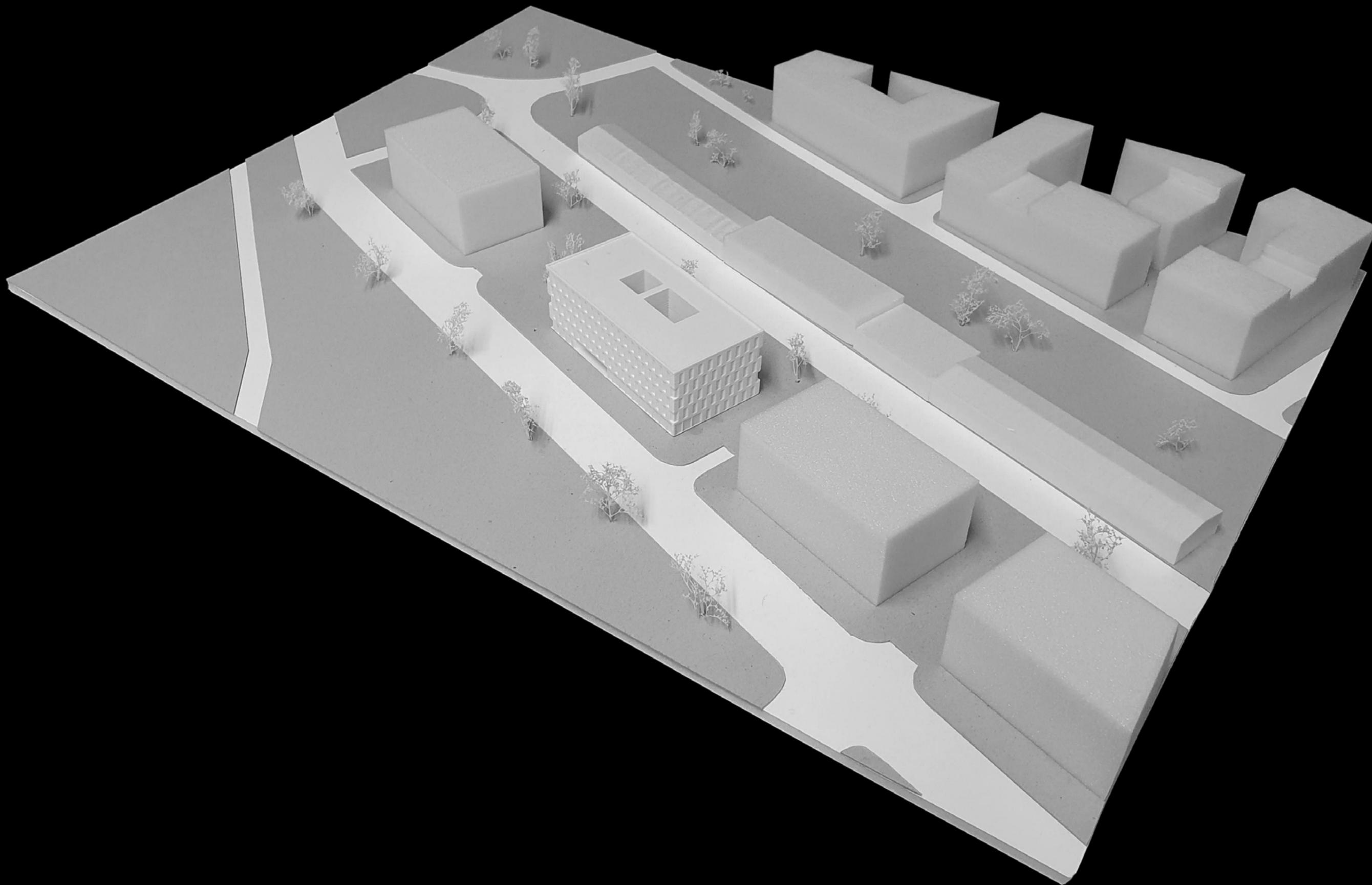
## Blick in die Zukunft

Die tatsächliche Idee der Kreislaufwirtschaft ist mit rund 15 Jahren nach Aufkommen der Vision noch deutlich mehr Ideal als Realität. Während die Cradle-to-Cradle-Idee in einigen Branchen bereits deutlich zugenommen hat, ist der Bausektor, speziell die Konstruktion und der Stahlbetonbau, noch relativ zögerlich in der Umsetzung. Während einerseits zahlreiche Beispiele von Greenwashing existieren, gibt es andererseits auch einige Unternehmen, welche bereits seit längerem hohe Ziele beim Thema Nachhaltigkeit anstreben und der C2C-Philosophie folgen.

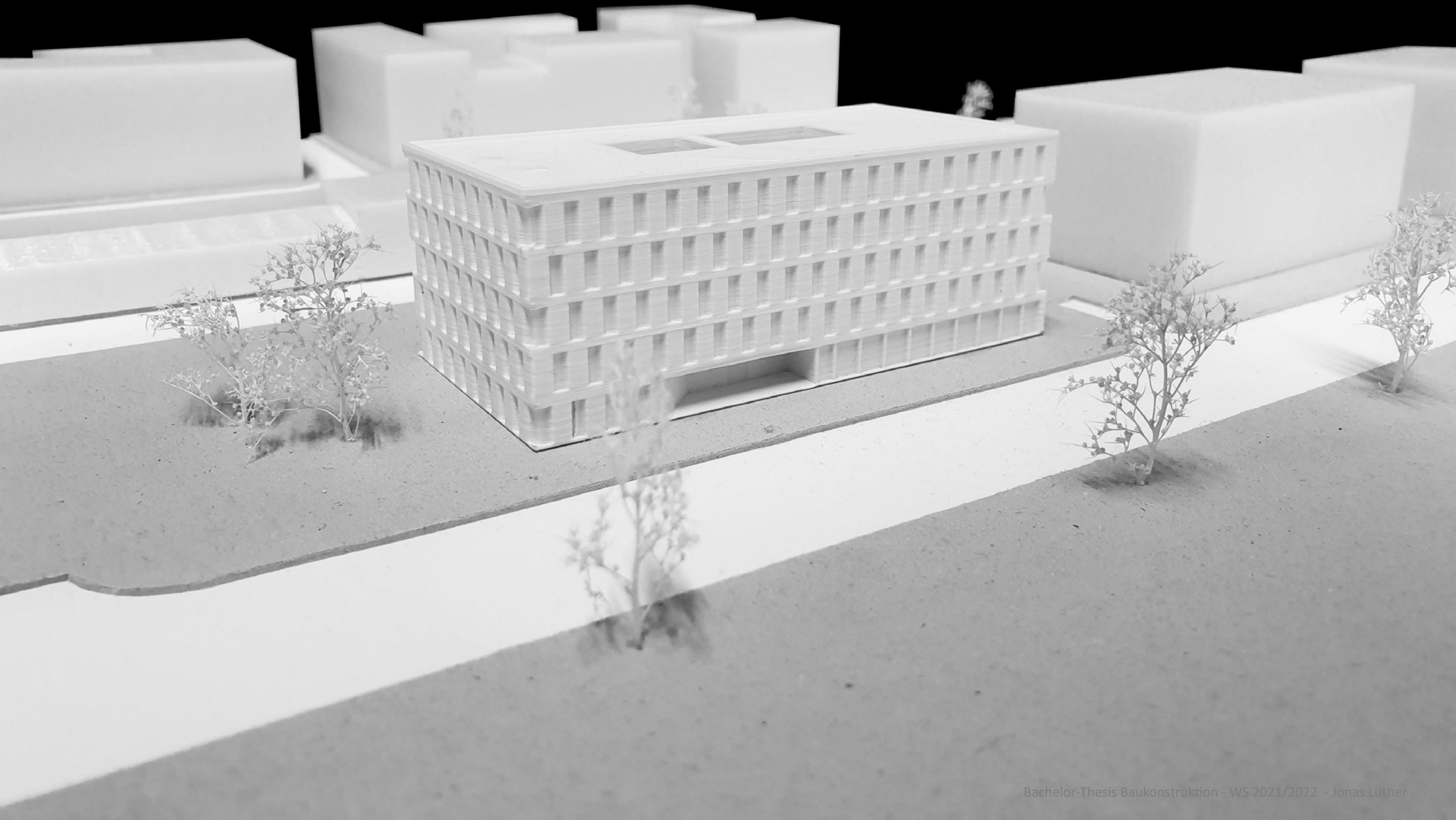
Michael Braungart erkennt selber, dass die besten ökologischen Intentionen oft ungeheure Irrtümer hervorbringen können. Deshalb darf Cradle to Cradle nicht als unmittelbare Lösung aller ökologischer Probleme betrachtet werden, um nicht später als Irrtum an den eigenen Maßstäben zu scheitern. Insgesamt ist Cradle to Cradle jedoch ein großartiger Ansatz, der im Kerngedanken auch so einfach wie genial ist, indem er die Nachhaltigkeit, auch bezogen auf die Nutzung von Gebäuden, neu definiert.







ENTWURFSPLANUNG  
MODELLFOTO 1:500

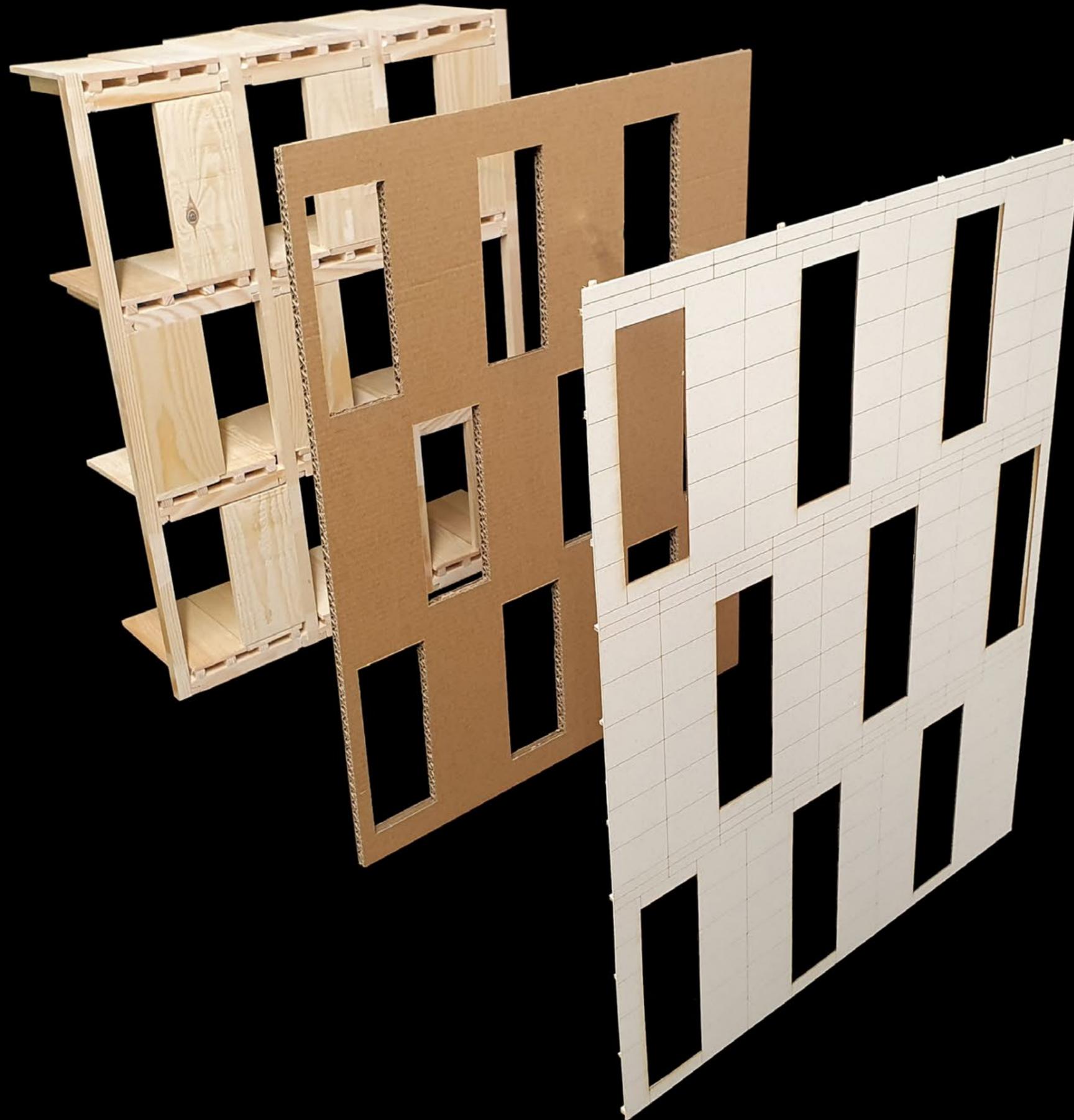


TRAGWERK UND FASSADENPLANUNG  
MODELLFOTO 1:25



TRAGWERK UND FASSADENPLANUNG  
MODELLFOTO 1:25









## QUELENNACHWEISE UND ANHANG

LITERATUR- UND INTERNETQUELLEN

BILDQUELLEN



## LITERATUR UND INTERNETQUELENNACHWEISE (1)

### Cradle to Cradle:

- Grundlagen Cradle to Cradle: <https://c2c-bau.org/3-grundlagen-c2c-bau/3-2-instrumente/> (abgerufen 20.12.2021)
- Kreislaufkonzept am Baubeispiel: Verwaltungsgebäude der RAG: [https://media.essen.de/media/wwwessende/aemter/61/dokumente\\_7/aktionen/nachrichten/architekturpreis\\_2020/beitraege/15\\_kadawittfeld.pdf](https://media.essen.de/media/wwwessende/aemter/61/dokumente_7/aktionen/nachrichten/architekturpreis_2020/beitraege/15_kadawittfeld.pdf) (abgerufen 04.01.2022)
- <https://www.c2cexpolab.eu/> (abgerufen 24.01.2022)
- <https://www.baunetzwissen.de/nachhaltig-bauen/fachwissen/baustoffe--teile/cradle-to-cradle-prinzip-748225> (abgerufen 06.01.2022)
- <https://www.dabonline.de/2020/04/28/cradle-to-cradle-ist-machbar-beispiele-architektur-baustoffe-c2c-infos/> (abgerufen 07.01.2022)
- Thomas Rau: Nachhaltigkeit: <https://www.brandeins.de/magazine/brand-eins-wirtschaftsmagazin/2010/auf-sicht/i-have-a-strategy-dream>
- Cradle to Cradle weltweit: <https://www.c2ccertified.org/> (abgerufen 23.01.2022)
- <https://c2c-bau.org/1-cradle-to-cradle-kommunales-bauen-mit-mehrwert/> (abgerufen 24.01.2022)

### Rückführung einzelner Bauteile in den Stoffkreislauf:

- Mettke, Angelika: Material- und Produktrecycling am Beispiel von Plattenbauten. Habilitationsschrift (2009), Brandenburgische Technische Universität Cottbus, Cottbus
- Entwicklung der Grundprinzipien für voll rezyklierbare, modulare, massive Bauweisen in Breitenanwendung: <https://www.irbnet.de/daten/rswb/13089005695.pdf> (abgerufen 07.01.2022)
- Wiederverwendung von Fertigteilen aus Beton, Stahl- und Spannbeton: [https://lbv.brandenburg.de/dateien/bautechnik\\_Merkblatt\\_Fertigteile.pdf](https://lbv.brandenburg.de/dateien/bautechnik_Merkblatt_Fertigteile.pdf) (abgerufen 03.01.2022)
- Bericht zum Aufkommen und zum Verbleib mineralischer Bauabfälle im Jahr 2018 <https://kreislaufwirtschaft-bau.de/Download/Bericht-12.pdf>
- Probleme und Hemmnisse bei der Zulassung und Wiederverwendung von Stb-Fertigteilen: [https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/378/publikationen/texte\\_93\\_2015\\_wiederverwertung\\_von\\_bauteilen\\_0.pdf](https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/378/publikationen/texte_93_2015_wiederverwertung_von_bauteilen_0.pdf) (abgerufen 23.01.2022)
- Fachvereinigung Deutscher Betonfertigteilbau (FDB) e.V.: <https://www.fdb-fertigteilbau.de/planungshilfen/fdb-merkblaetter/fdb-infoblaetter>
- Informationsblatt des Instituts für Erhaltung und Modernisierung von Bauwerken e.V. (IEMB): Die Wiederverwendung von Betonfertigteilen als Beitrag zum nachhaltigen Bauen: [https://www.bbsr.bund.de/BBSR/DE/veroeffentlichungen/abgeschlossen/infoblaetter-iemb/1993\\_2007/DL\\_2\\_2007.pdf;jsessionid=C1BD5865061EFE507C598A3ABF7EA468.live11314?\\_\\_blob=publicationFile&v=1](https://www.bbsr.bund.de/BBSR/DE/veroeffentlichungen/abgeschlossen/infoblaetter-iemb/1993_2007/DL_2_2007.pdf;jsessionid=C1BD5865061EFE507C598A3ABF7EA468.live11314?__blob=publicationFile&v=1) (abgerufen 23.01.2022)
- Einsatz von mineralischen Recycling-Baustoffen im Hoch- und Tiefbau, [Mettke, A.; Meetz, M.; Jacob, S.]: [https://www.bvse.de/images/news/Mineralik/2017/04-11\\_Brosch%C3%BCre\\_Einsatz\\_von\\_mineralischen\\_Recycling-Baustoffen\\_im\\_Hoch-\\_und\\_Tiefbau.pdf](https://www.bvse.de/images/news/Mineralik/2017/04-11_Brosch%C3%BCre_Einsatz_von_mineralischen_Recycling-Baustoffen_im_Hoch-_und_Tiefbau.pdf) (abgerufen 22.01.2022)

### Systemmöglichkeiten zur trockenen, demontierbaren Verbindung von Betonfertigteilen:

- Peikko Schraubsysteme: <https://www.peikko.de/produkte/schraubverbindungen-fur-betonfertigteile/ubersicht/> (abgerufen 15.01.2022)
- BT Innovation Spannschlösser und Fugenbänder: <https://www.bt-innovation.de/en/> (abgerufen 15.01.2022)
- Munitec Unicon Typ Powercon: <https://www.munitec-international.com/unicon-connecting-system> (abgerufen 15.01.2022)
- Halfen HEK Fertigteilverbinder und Halfenschienen: <https://m.halfen.com/ch/> (abgerufen 16.01.2022)



## LITERATUR UND INTERNETQUELENNACHWEISE (2)

### Demontierbare Fügungspunkte von Betonfertigteilen:

- Fachvereinigung Deutscher Betonfertigteilebau e.V./Mathias Tillmann: Knotenverbindungen für Betonfertigteile - Hinweise für Bemessung, und Konstruktion (2019), Bonn, 2. überarbeitete Auflage
- Beton-Verlag: Kraftschlüssige Verbindungen im Fertigteilbau (1987), 2.Auflage
- Alfred Steinle, Hubert Bachmann, Mathias Tillmann: BetonKalender - Bauen mit Betonfertigteilen im Hochbau (2016), in Ernst und Sohn Verlag, Bonn
- Recyclingfähig Konstruieren Subprojekt 3 zum Leitprojekt „gugler! build & print triple zero“: [https://www.nachhaltigwirtschaften.at/resources/hdz\\_pdf/endbericht\\_1121\\_recyclingfaehig\\_konstruieren.pdf](https://www.nachhaltigwirtschaften.at/resources/hdz_pdf/endbericht_1121_recyclingfaehig_konstruieren.pdf) (abgerufen 16.01.2022)

### TT-Deckenausbildung:

- Deckensysteme für flexible Nutzung als Beitrag zur Nachhaltigkeit von Gebäudestrukturen: <http://publications.rwth-aachen.de/record/64380/files/3768.pdf> (abgerufen 16.01.2022)
- Fachvereinigung Deutscher Betonfertigteilebau e.V.: <https://www.fdb-fertigteilebau.de/planungshilfen/typenprogramm> (abgerufen 20.01.2022)
- Fachvereinigung Deutscher Betonfertigteilebau e.V./Mathias Tillmann: Knotenverbindungen für Betonfertigteile - Hinweise für Bemessung, und Konstruktion (2019), Bonn, 2. überarbeitete Auflage (abgerufen 03.01.2022)

### Fassadenkonstruktion:

- Rieder Öko-Skin Fassade: <https://www.rieder.cc/de/architektur/produkte/oeko-skin/> (abgerufen 10.01.2022)
- Megawood Fassadensystem: <https://www.megawood.com/en/product-world/facade-system> (abgerufen 10.01.2022)
- Lindner Fassadensysteme: [https://www.lindner-group.com/de\\_DE/gebäudehülle/fassade/](https://www.lindner-group.com/de_DE/gebäudehülle/fassade/) (abgerufen 10.01.2022)
- Mosa Fassadensystem: <https://www.mosa.com/de-de> (abgerufen 11.01.2022)
- Fassadenarten: <https://www.baunetzwissen.de/fassade/fachwissen/fassadenarten/arten-von-fassaden-leichte-konstruktionen-1457549> (abgerufen 11.01.2022)
- Betonfassade: <https://www.baunetzwissen.de/fassade/fachwissen/materialien/beton-154489> (abgerufen 11.01.2022)

### Produktrecherche nach C2C:

- Produktliste: <http://www.c2c-centre.com/products> (abgerufen 10.01.2022)



## BILDQUELLENNACHWEISE

Abbildungen in chronologischer Reihenfolge, ohne Piktogrammsymbole

- Abb.1: Kreislaufmodell, Cradle to Cradle: <https://www.baunetzwissen.de/nachhaltig-bauen/fachwissen/baustoffe--teile/cradle-to-cradle-prinzip-748225> (abgerufen 19.01.2022)
- Abb.2: RAG Verwaltungsgebäude: <https://www.baunetzwissen.de/imgs/2/5/2/9/0/1/5/e2cbd6f89536388c.jpg> (abgerufen 19.01.2022)
- Abb.3: Venloer Rathaus: [https://www.krefeld.de/c1257cbd001fc61b/files/stadthaus\\_venlo.jpg/\\$file/stadthaus\\_venlo.jpg?openelement](https://www.krefeld.de/c1257cbd001fc61b/files/stadthaus_venlo.jpg/$file/stadthaus_venlo.jpg?openelement) (abgerufen 25.01.2022)
- Abb.4: The Cradle, Düsseldorf: [https://www.hpp.com/fileadmin/users/redakteur/Projekte/217024\\_The-Cradle/Projektbilder/the\\_cradle\\_update\\_002\\_small.jpg](https://www.hpp.com/fileadmin/users/redakteur/Projekte/217024_The-Cradle/Projektbilder/the_cradle_update_002_small.jpg) (abgerufen 25.01.2022)
- Abb.5: C2C Lab in Berlin: [https://www.straehle.de/media/c2clab\\_straehle006.jpg](https://www.straehle.de/media/c2clab_straehle006.jpg) (abgerufen 19.01.2022)
- Abb.6: Übersichtsgrafik Rückführung einzelner Bauteile in den Stoffkreislauf: Mettke, Angelika: Material- und Produktrecycling am Beispiel von Plattenbauten. Habilitationsschrift (2009), Brandenburgische Technische Universität Cottbus, Cottbus (abgerufen 19.01.2022)
- Abb.7: Schadensfälle bei Betonteilen: [https://www.bbsr.bund.de/BBSR/DE/veroeffentlichungen/abgeschlossen/infoblaetter-iemb/1993\\_2007/DL\\_2\\_2007.pdf?\\_\\_blob=publicationFile&v=1](https://www.bbsr.bund.de/BBSR/DE/veroeffentlichungen/abgeschlossen/infoblaetter-iemb/1993_2007/DL_2_2007.pdf?__blob=publicationFile&v=1)
- Abb.8: Peikko Stützenschuhe <https://www.peikko.de/produkte/schraubverbindungen-fur-betonfertigteile/ubersicht/> (abgerufen 15.01.2022)
- Abb.9: Peikko Wandschuhe: <https://www.peikko.de/produkte/schraubverbindungen-fur-betonfertigteile/ubersicht/> (abgerufen 15.01.2022)
- Abb.10: BT Innovation Spannschlösser und Fugenbänder: <https://www.bt-innovation.de/en/> (abgerufen 15.01.2022)
- Abb.11: Munitech Unicon Typ Powercon: <https://www.munitec-international.com/unicon-connecting-system> (abgerufen 15.01.2022)
- Abb.12: Halfen HEK Fertigteilverbinder: <https://m.halfen.com/ch/> (abgerufen 16.01.2022)
- Abb.13: Halfenschienen: <https://m.halfen.com/ch/> (abgerufen 16.01.2022)
- Abb.14: Keramikfassade: <https://i0.wp.com/www.mrmanufaktur.de/wp-content/uploads/2020/04/Keramikfassade-Ceramic-Facade.jpg?fit=1920%2C1280&ssl=1> (abgerufen 25.01.2022)
- Abb.15: Rieder Glasfaserbetonfassade: [https://www.rieder.cc/wp-content/uploads/2018/10/architektur\\_produktoekoskin.jpg](https://www.rieder.cc/wp-content/uploads/2018/10/architektur_produktoekoskin.jpg) (abgerufen 25.01.2022)
- Abb.16: Holzfassade als Horizontalschalung: <https://www.riedesser-bau.de/img/holzbau/fassadenverkleidung.jpg> (abgerufen 29.12.2021)
- Abb.17: Megawood Fassade: <https://www.megawood.com/de/> (abgerufen 19.01.2022)
- Abb.18: Stehpfalz Metallfassade: <https://i.pinimg.com/originals/e1/8a/3b/e18a3bf6038248cd0dec4bd231580dc3.jpg> (abgerufen 29.12.2021)
- Abb.19: Wandbefestigung Fassadenfliesen: <https://www.mosa.com/de-de/produkte/fassadenfliesen> (abgerufen 25.01.2022)
- Abb.20: Recycling von Mosa Keramikfliesen: <https://www.mosa.com/application/files/1016/4328/4599/Mosa-Ceramic-facades-brochure.pdf> (abgerufen 29.12.2021)
- Abb.21: Recycling von Mosa Keramikfliesen: <https://www.mosa.com/application/files/1016/4328/4599/Mosa-Ceramic-facades-brochure.pdf> (abgerufen 29.12.2021)
- Abb.22: Cradle to Cradle Symbol Gold [https://www.c2ccertified.org/get-certified/levels/gold/v3\\_0](https://www.c2ccertified.org/get-certified/levels/gold/v3_0) (abgerufen 19.01.2022)
- Abb.23: Betonteilrückbau einer Plattenbausiedlung: [https://mar.prod.image.rndtech.de/var/storage/images/maz/lokales/havelland/rathenow/eine-platte-wird-zerlegt/692148713-2-ger-DE/So-wird-eine-alte-DDR-Platte-zerlegt\\_reference\\_4\\_3.jpg](https://mar.prod.image.rndtech.de/var/storage/images/maz/lokales/havelland/rathenow/eine-platte-wird-zerlegt/692148713-2-ger-DE/So-wird-eine-alte-DDR-Platte-zerlegt_reference_4_3.jpg)
- Abb.24: Rückbau mit angestrebter Wiederverwendung: <https://www.insuedthueringen.de/media/media.8dedcbb8-e40e-4865-be66-4f7b25d92fd4.original1024.jpg>

