



Masterthesis Tim Vogel
Herbstsemester 2021
Prof. Mike Guyer / Prof. Philippe Block
Assistierende: Cornel Stäheli, Andrea Menardo



Hohlstrasse 402, 8048 Zürich

Situationsplan



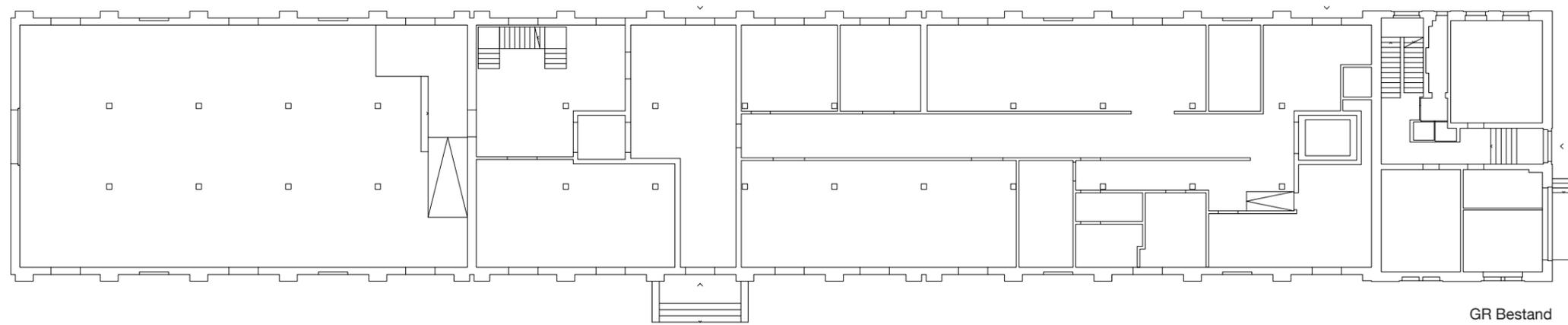


Quelle: Google Streetview (abgerufen: 10.01.22)

Ansicht Hohlstrasse

Bestand

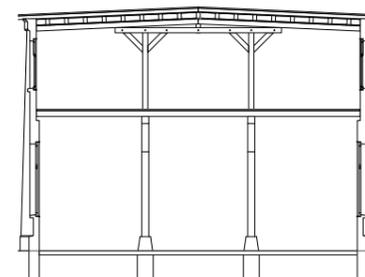
Das Magazingebäude der SBB Werkstätten in Zürich Altstetten wurde 1905 im Zuge der ersten Bauetappe des gesamten Areals gebaut. Es liegt direkt an der Hohlstrasse und grenzt somit an die umliegenden Quartiere im Süden. Zusammen mit dem benachbarten Verwaltungsgebäude trägt es seit je entscheidend zur Identität und Adressbildung des Areals bei. Architektonisch ist das zweigeschossige Gebäude durch den Gegensatz der massiven Aussenwände aus Mauerwerk und der filigranen, inneren Holzstruktur gekennzeichnet.



GR Bestand

Städtebauliche Situation (nächstfolgende Seite)

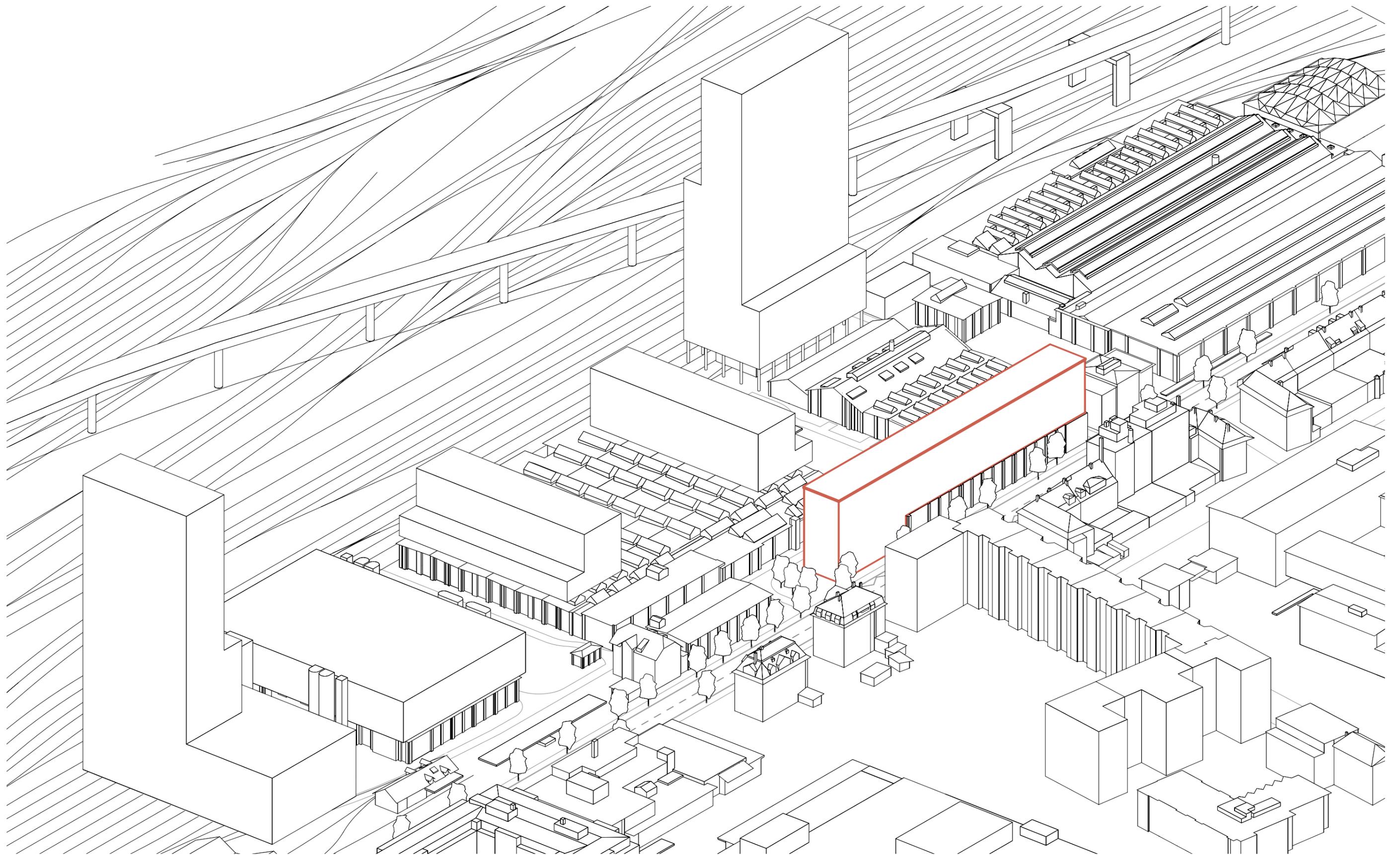
Um der städtebaulich wichtigen Situation weiter Rechnung zu tragen, sehe ich im Zusammenspiel von Bestand und Erweiterung einen kompakten und kräftigen Baukörper vor, der sich mit seinen knapp 29 Metern Höhe an den neueren Wohn- und Geschäftshäusern entlang der Hohlstrasse orientiert. Zudem ist die Gebäudehöhe den projektierten Aufstockungen meiner MitstudentInnen der benachbarten Halle Q angeglichen.

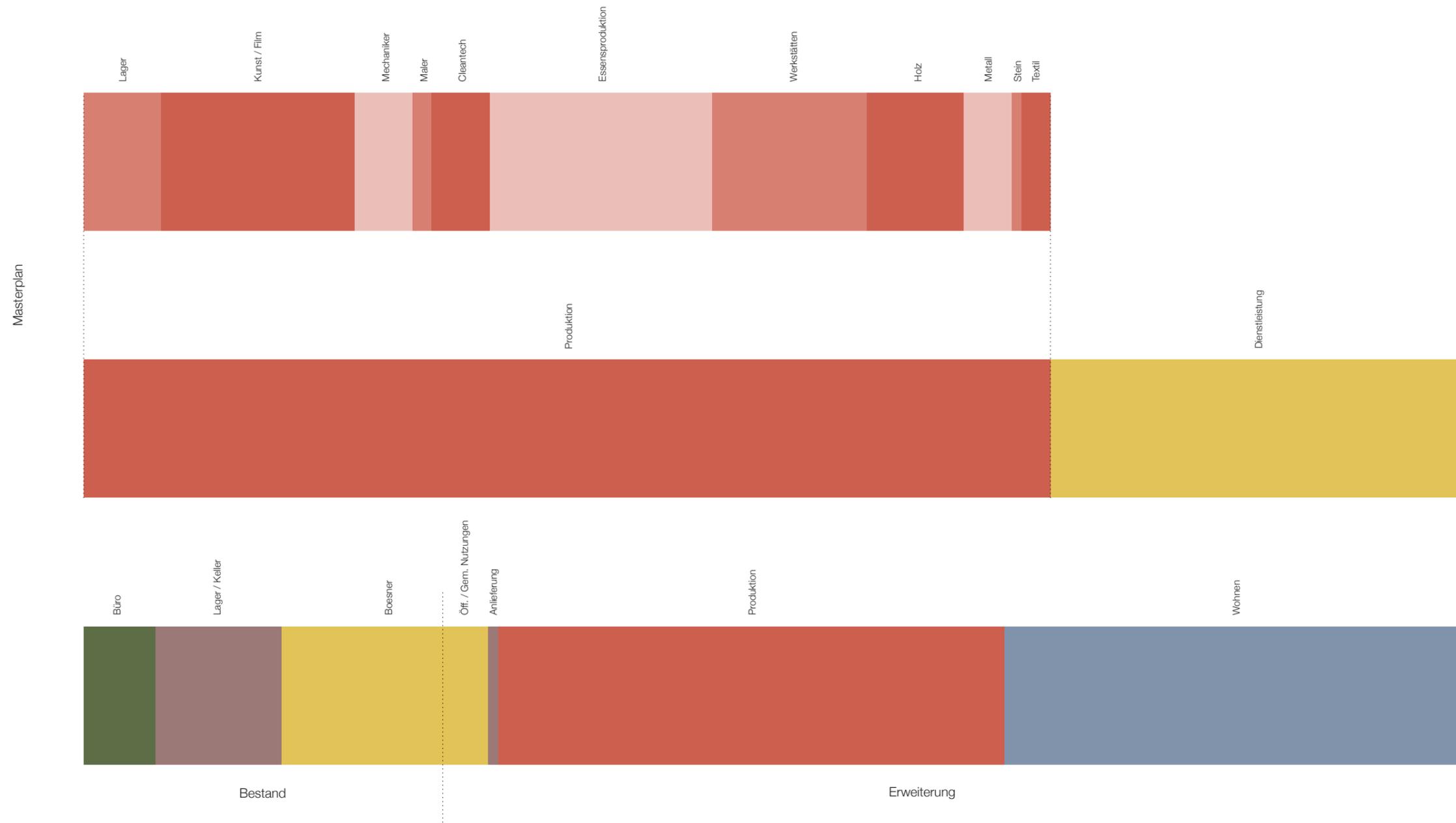


links: Schnitt Bestand
rechts: Innenansichten Bestand (Quelle: Baubüro in situ AG, www.insitu.ch/projekte/323-gebäude-a-werkstadt-areal-gesamtsanierung, abgerufen: 10.01.22)



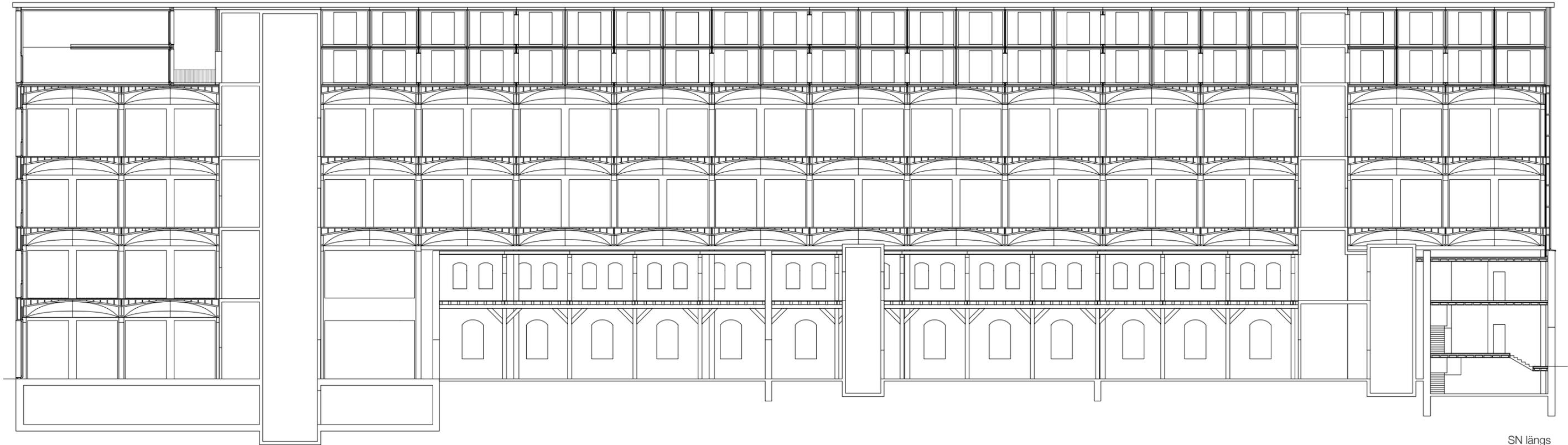
[m]





Programm

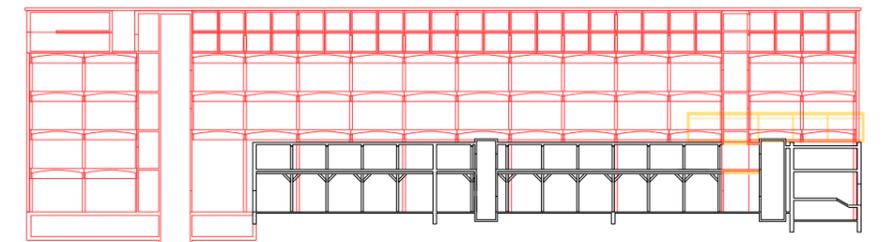
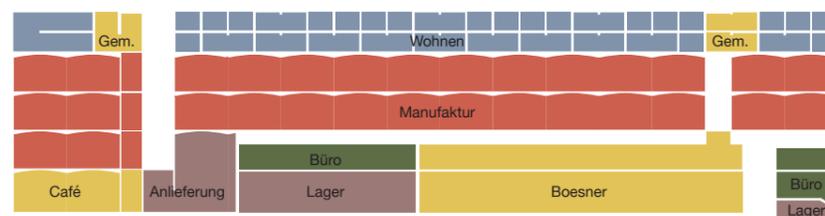
Das Industriearreal der ehemaligen SBB-Werkstätten befindet sich seit geraumer Zeit in der Zwischen- und Umnutzung. Es ist nicht nur zum Standort für Kreativbüros, sondern auch zur urbanen Produktionsstätte herangewachsen. Eine Entwicklung, die laut der SBB in Zukunft weiter bestehen soll. Um den Produktionsstandort zu stärken, schlage ich als Programm meiner baulichen Erweiterung zwei Produktionshallen vor. Es ist denkbar, dass sich kleine Manufakturen darin einmieten oder die Halle als offene Werkstatt genutzt wird. Ergänzt wird die gewerbliche Nutzung durch kleine Wohneinheiten in den beiden Attikageschossen meiner Erweiterung.



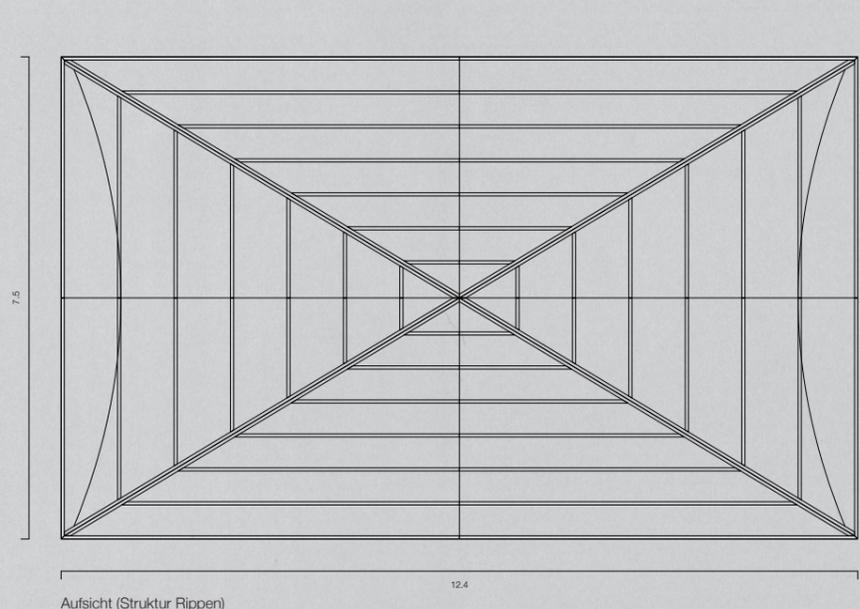
Struktur in der Struktur

Da die bestehende Holzstruktur statisch nicht weiter belastet werden kann, bin ich gezwungen, für die bauliche Erweiterung eine neue und unabhängige Struktur zu entwickeln. Um die bestehende Struktur und Nutzung dabei nicht zu beeinträchtigen, habe ich die Anzahl Stützen, die ich in den Bestand setze, auf ein Minimum reduziert. Insgesamt tragen 10 Betonstützen, fünf entlang beider Fassaden, sowie ein Treppen- und Liftkern die Aufstockung. Der Abstand zwischen den Stützen beträgt 15 Meter. Zwischen diesen 15 Metern spannt über der Mauerkrone des bestehenden Gebäudes ein massiver Betonträger, der es mir ermöglicht, die Spannweite zwischen den Stützen der Aufstockung auf 7.5 Meter zu reduzieren.

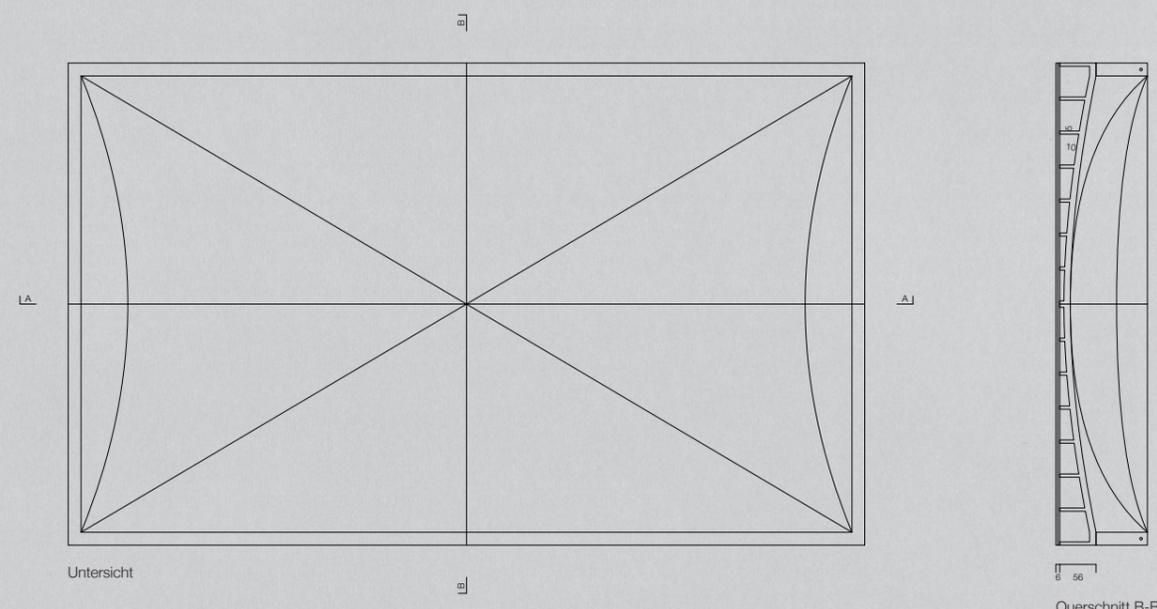
links: Nutzungen im Schnitt
rechts: Abbruch-Neubau Schema Längsschnitt



[m]

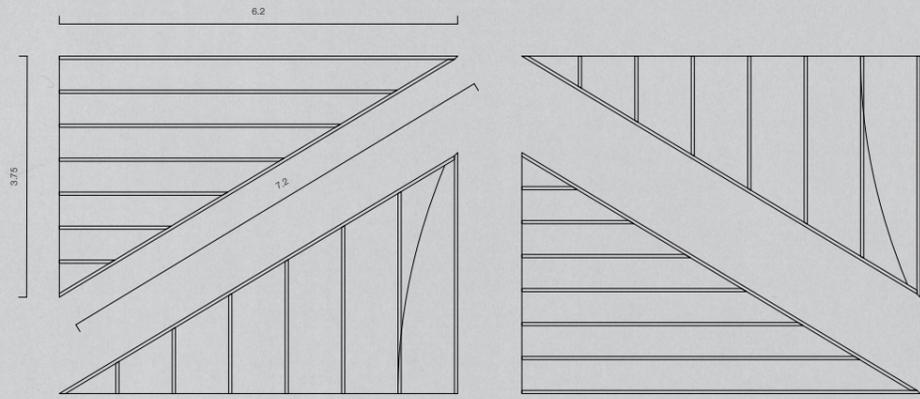


Aufsicht (Struktur Rippen)

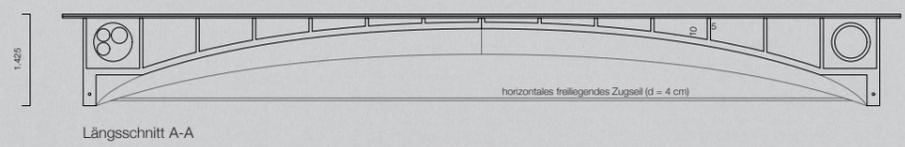


Untersicht

Querschnitt B-B

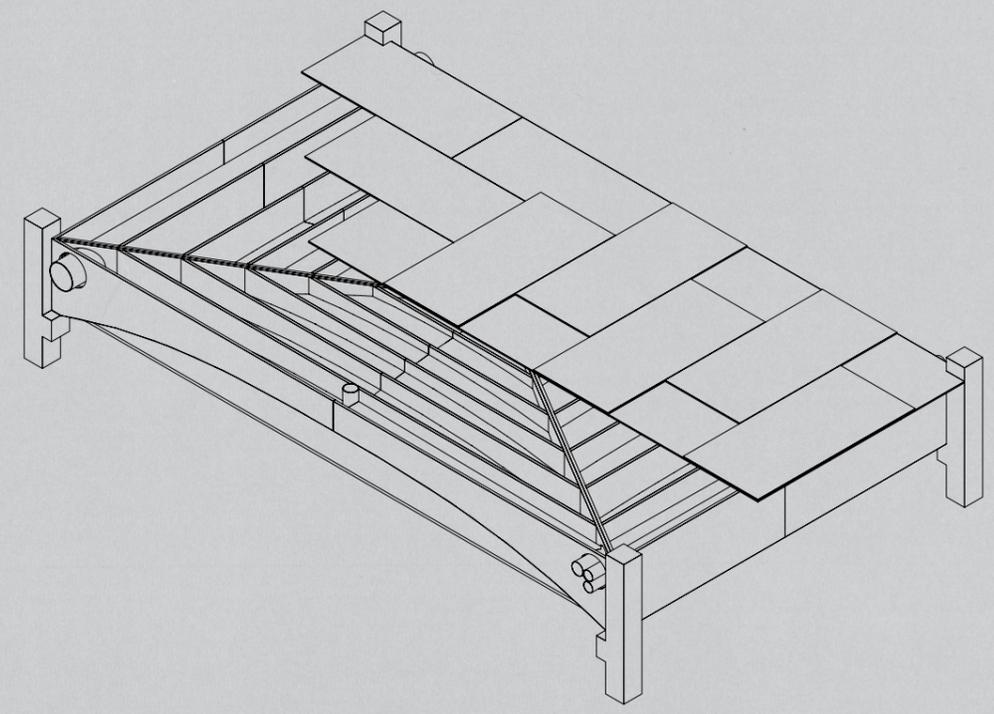


Vorfabrizierte Elemente einer Betonschale



Längsschnitt A-A

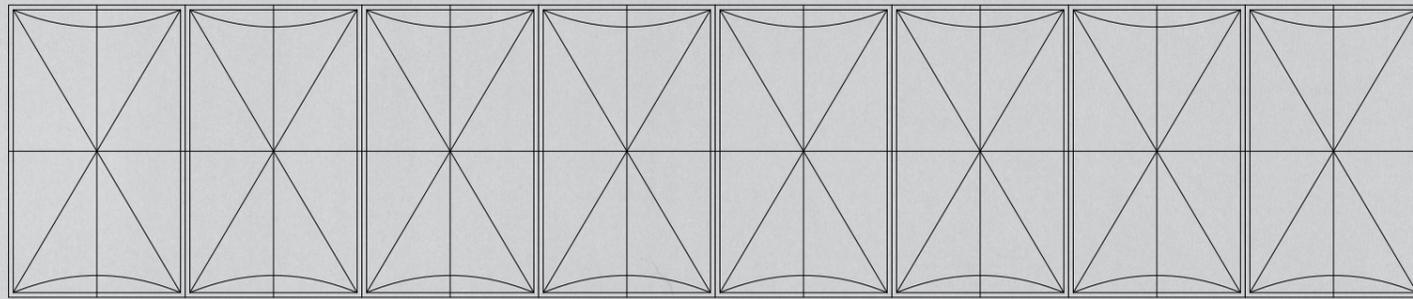
Bodenbelag: Kreuzweise verlegte Sperrholzplatten (2 x 3 cm)
 Rippen: Verteilen Last auf Schale. Möglichkeit, Leitungen zu führen.
 Horizontales Zugelement, in einbetonierten Kanal eingelegt.



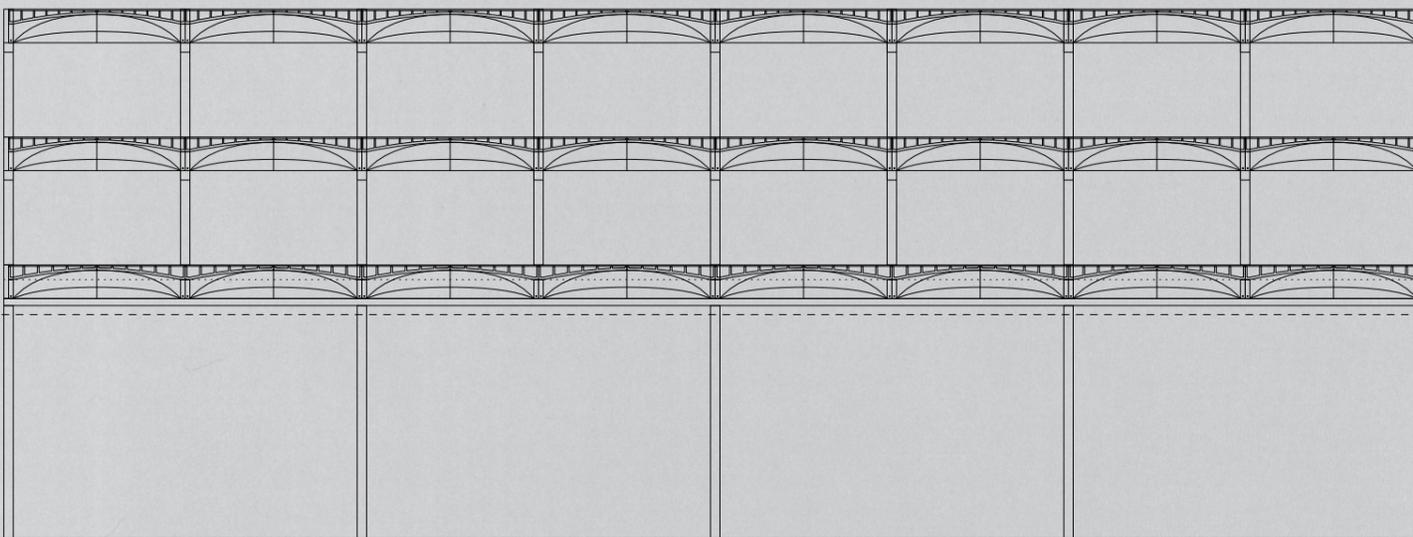
Axonometrie Betonschale

Vorfabrizierte Betonschalen als Deckensystem

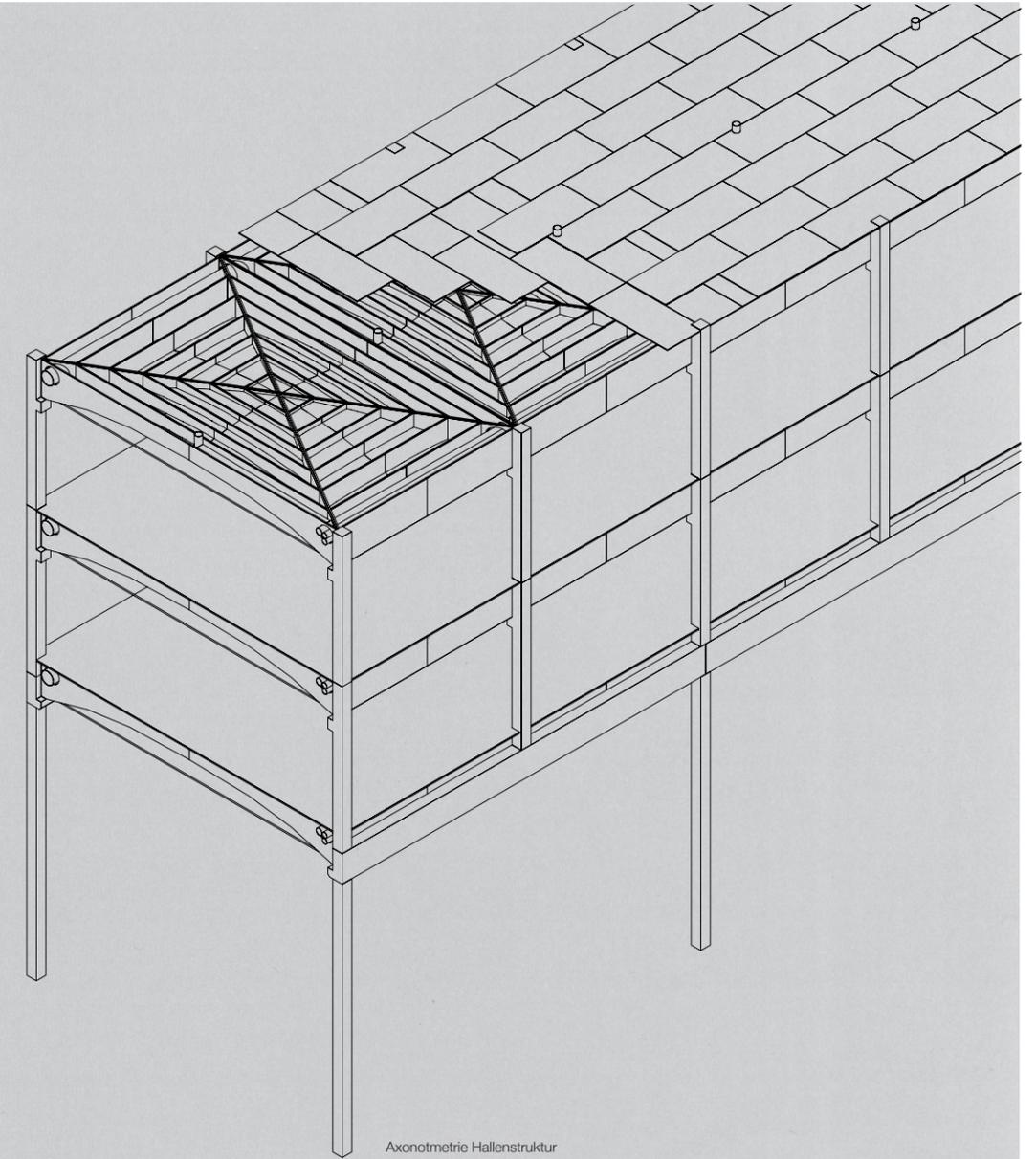
Die Deckenstruktur der Produktionshalle wird durch sequenziell angeordnete und vorfabrizierte Betonschalen gebildet, die jeweils von vier vorfabrizierten Betonstützen getragen werden. Eine Betonschale besteht aus acht Elementen und spannt 12.4 x 7.5 Meter. Mittels temporärer Abstützung werden die einzelnen Elemente in Position gehoben. Die Elemente werden dabei trocken gefügt. Im Stossbereich sorgen dreidimensionale Fügegeometrien für die Übertragung der Druckkräfte, die in der Schale herrschen. Sind die Elemente richtig positioniert, werden allseitig die Zugkabel eingeführt und gespannt. Ab diesem Zeitpunkt ist die achteilige Betonschale tragfähig. An ihrer Oberseite verfügt die Schale über eine Rippenstruktur, die es erlaubt, einen Boden aus kreuzweise verlegten, drei Zentimeter dicken Sperrholzplatten zu verlegen. Durch die Gesamthöhe des Bodenaufbaus von 1.40 Meter ist es möglich, zwischen den Rippen Leitungen zu führen.



Untersicht Halle



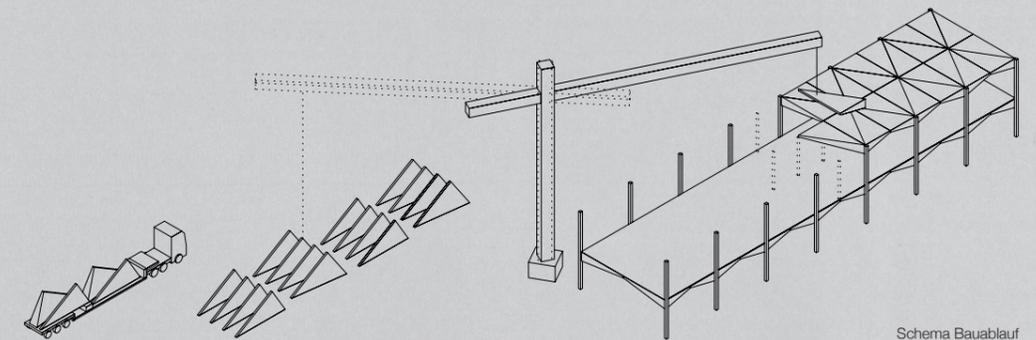
Längsschnitt Hallenstruktur



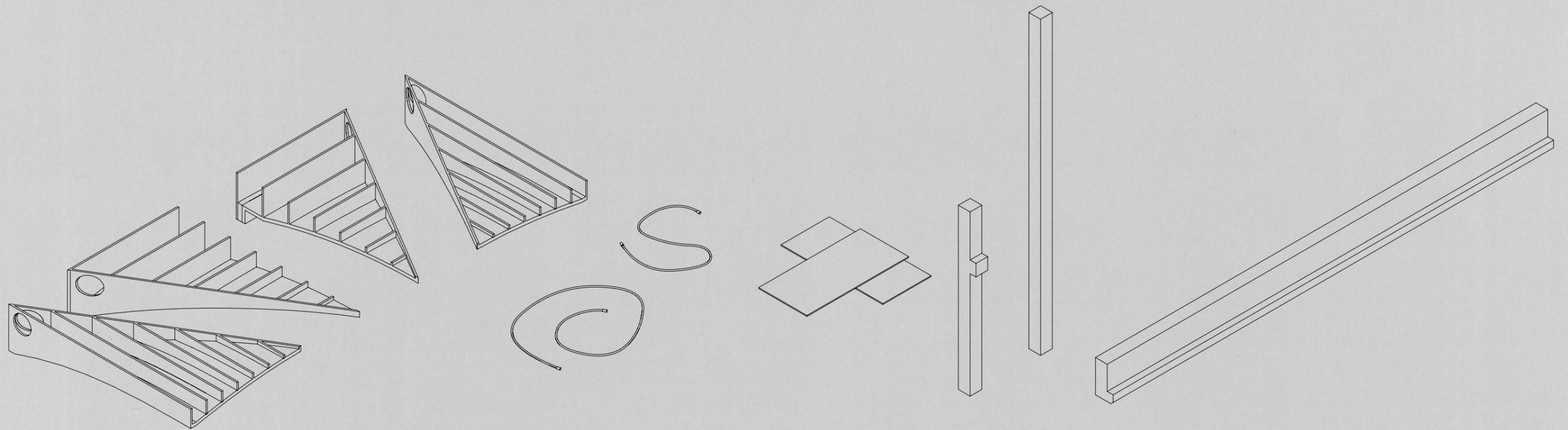
Axonometrie Hallenstruktur

Expressivität der Struktur

Die filigrane Holzstruktur des Bestandes ist aufgrund ihrer Y-förmigen Stützen durch eine expressive Formsprache gekennzeichnet, die die räumliche Qualität des Magazingebäudes entscheidend prägt. Davon inspiriert habe ich für meine Produktionshallen nach einer strukturellen Lösung gesucht, die raumbildend wirkt und gleichzeitig einen kompetitiven Gegenpart zur Struktur des Bestandes darstellt.



Schema Bauablauf



Elemente Betonschale

Zugkabel

Sperrholzplatten

Stütze Halle / Bestand

Stahlbetonträger

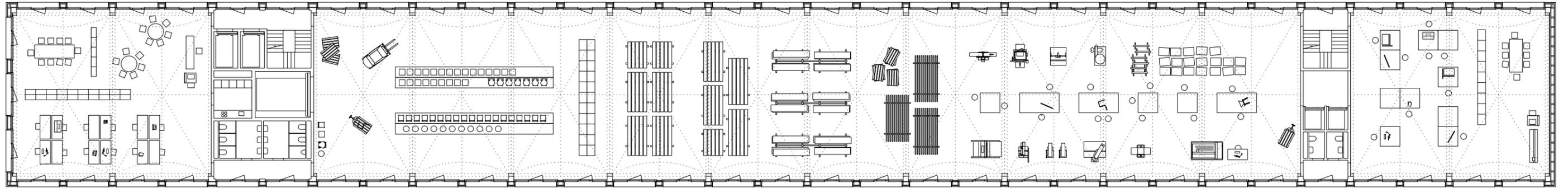


1 Anlieferung 2 Empfang 3 Café 4 Platz (offene Belagsstruktur) 5 Veloabstellplätze 6 Passage 7 Parkplätze 8 Foyer Wohneinheiten

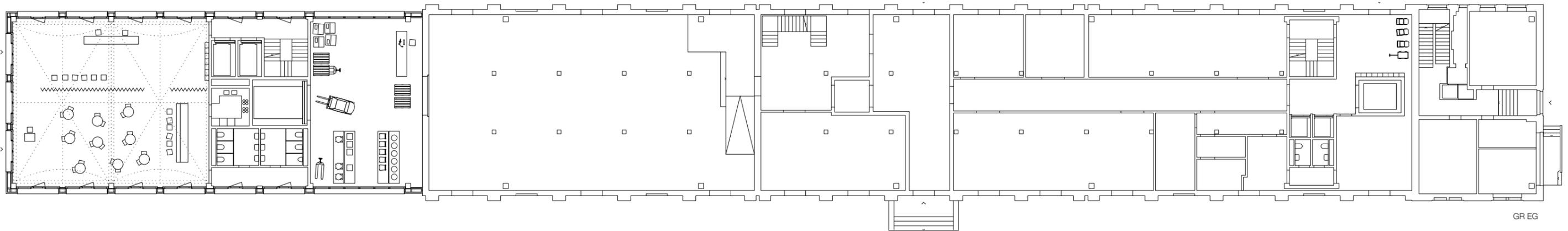
Situation EG



[m]



GR 2./3.OG

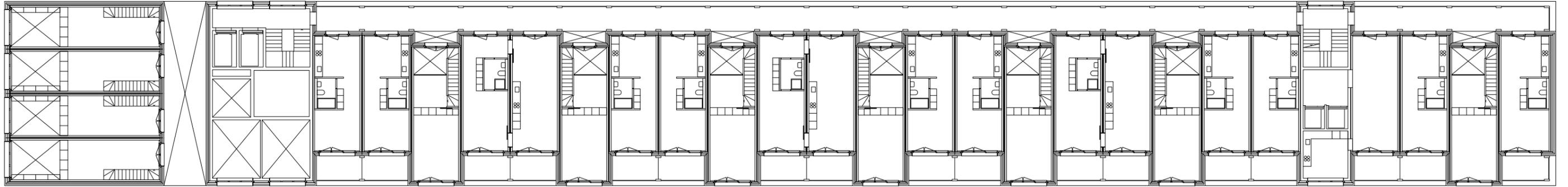


GR EG

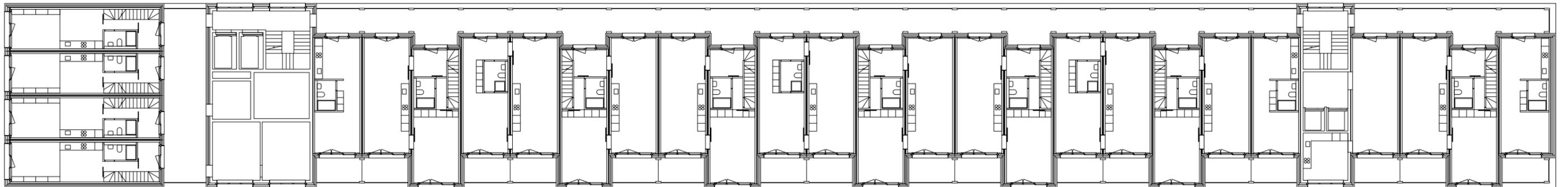
oben: Abbruch-Neubau Schema 2./3.OG
unten: Abbruch-Neubau Schema EG





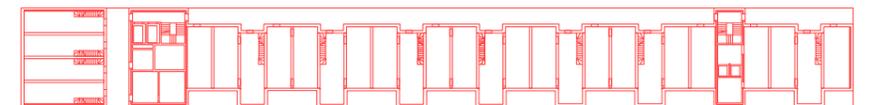
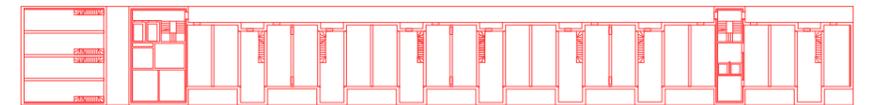


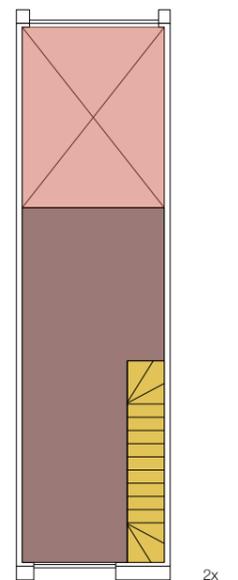
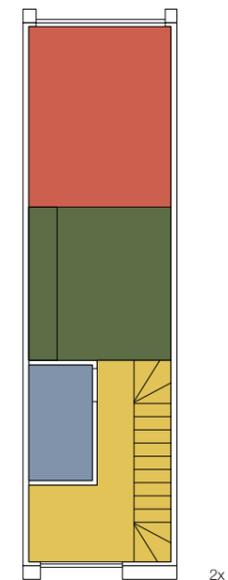
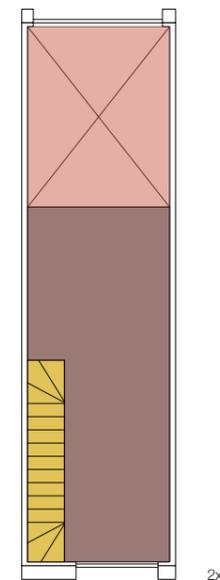
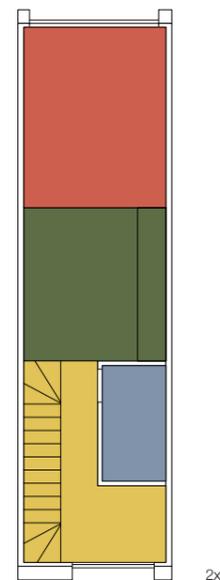
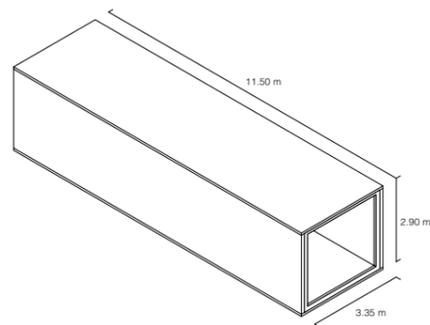
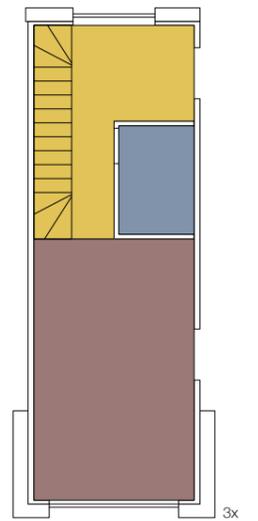
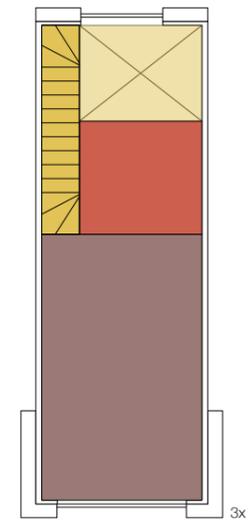
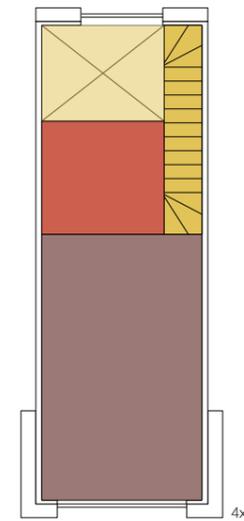
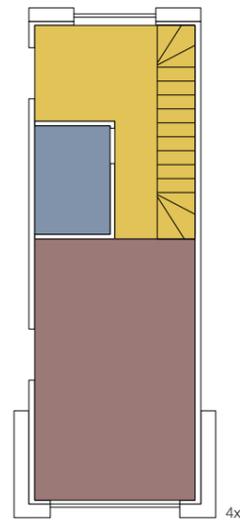
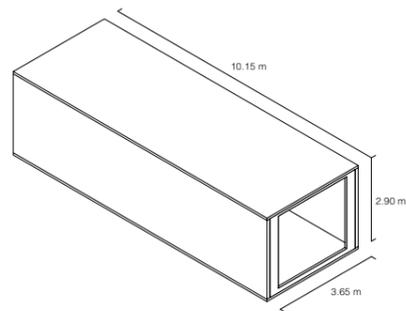
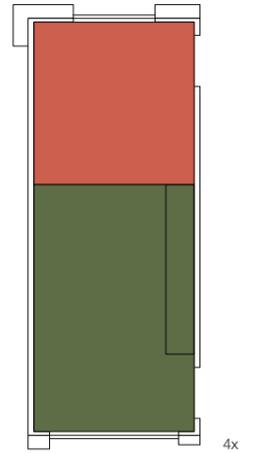
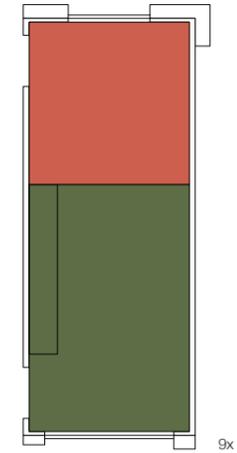
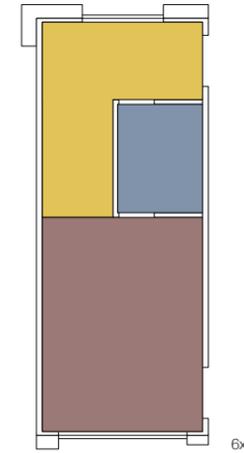
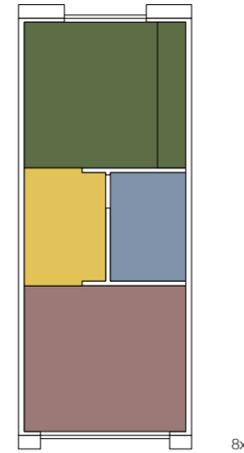
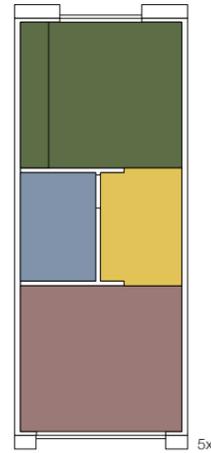
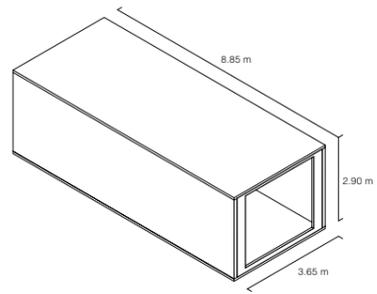
GR 5.OG



GR 4.OG

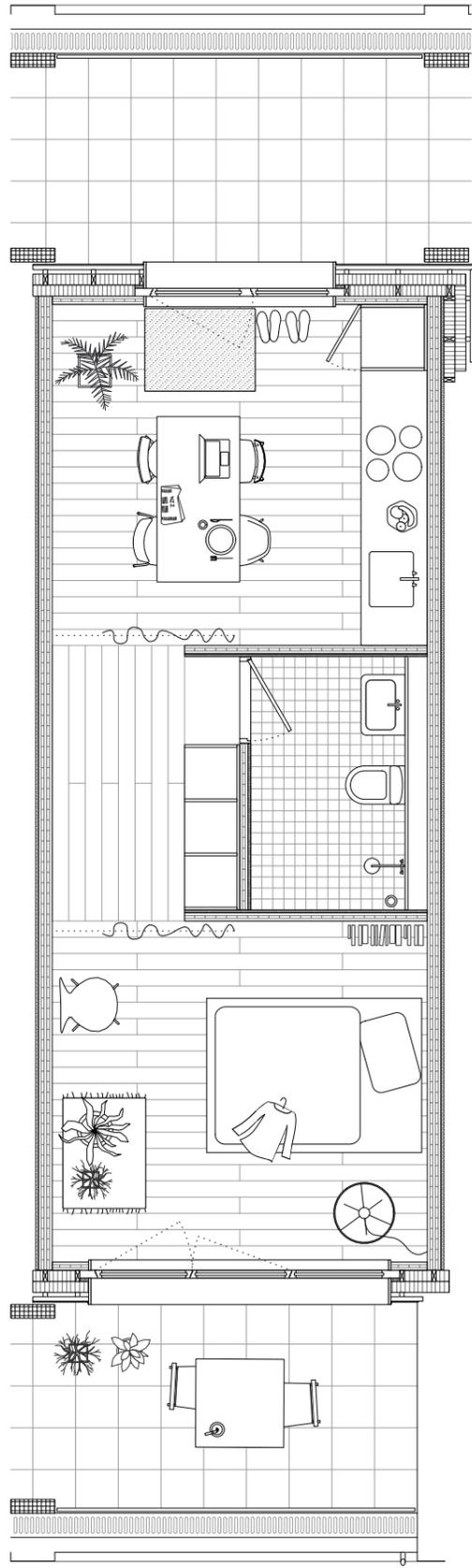
oben: Abbruch-Neubau Schema 5.OG
unten: Abbruch-Neubau Schema 4.OG



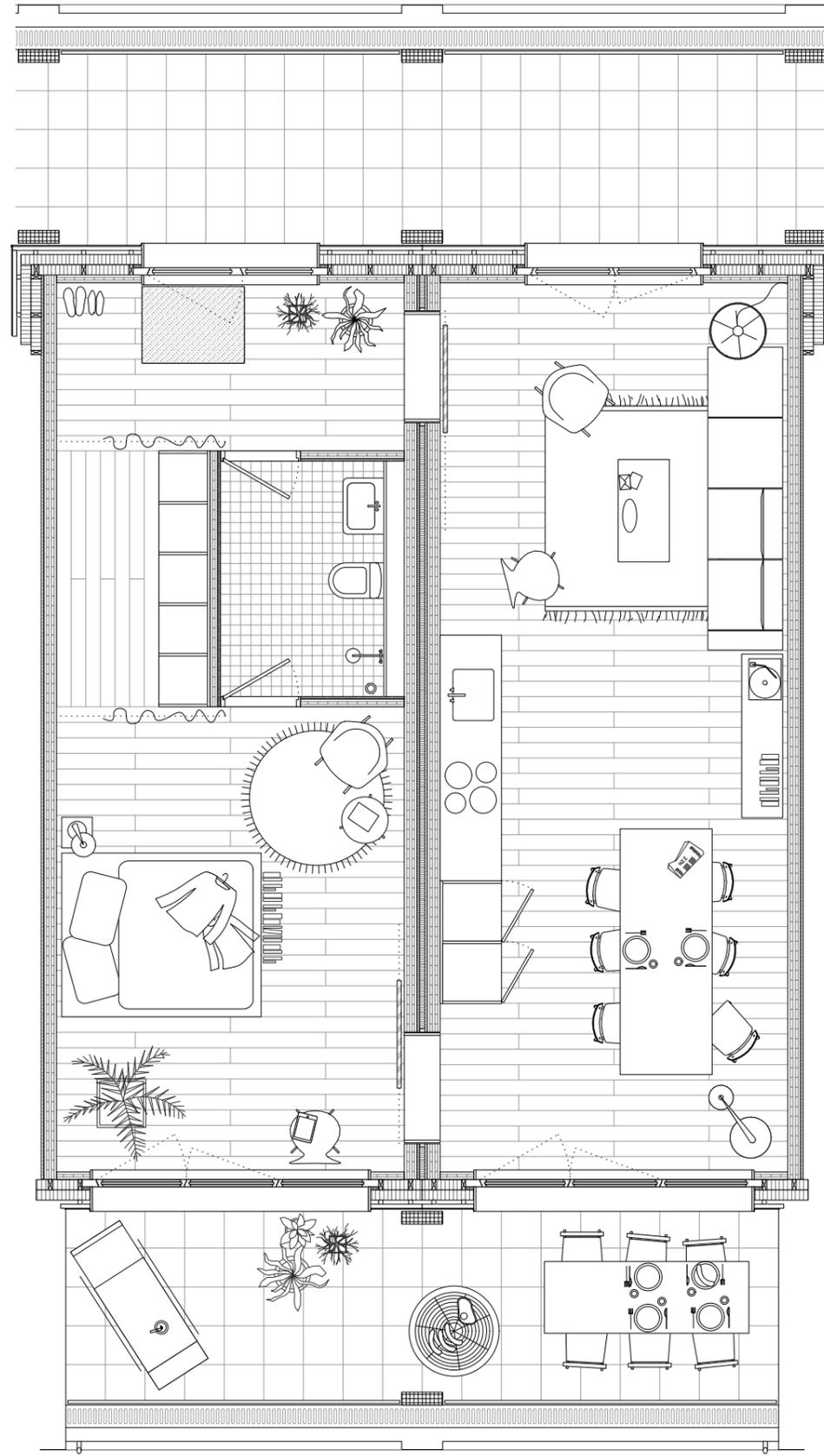


Vielfalt des Moduls

Die Wohneinheiten in den beiden Attikageschossen bestehen aus gänzlich vorfabrizierten Modulen aus Brettsperrholz mit einer Bodenfläche von 30 Quadratmetern. Mein Ziel war es, mit dem Modul als Baustein eine Vielfalt an unterschiedlichen Wohnungstypen zu generieren. Dies wird möglich, indem man zwei bis drei Module durch horizontale und vertikale Verbindungen zusammenschaltet. Insgesamt gibt es vier verschiedene Wohnungstypen: Die 1er-, 2er-, 3er- und Maisonettewohnung.



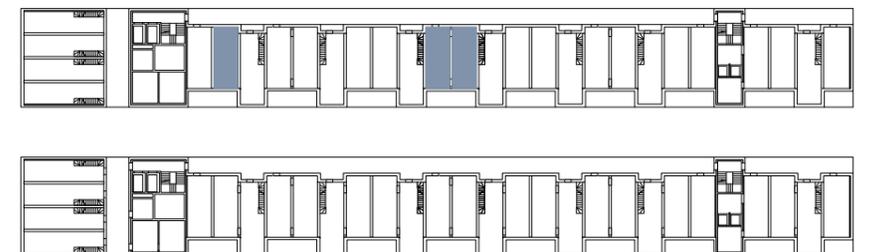
GR 1er

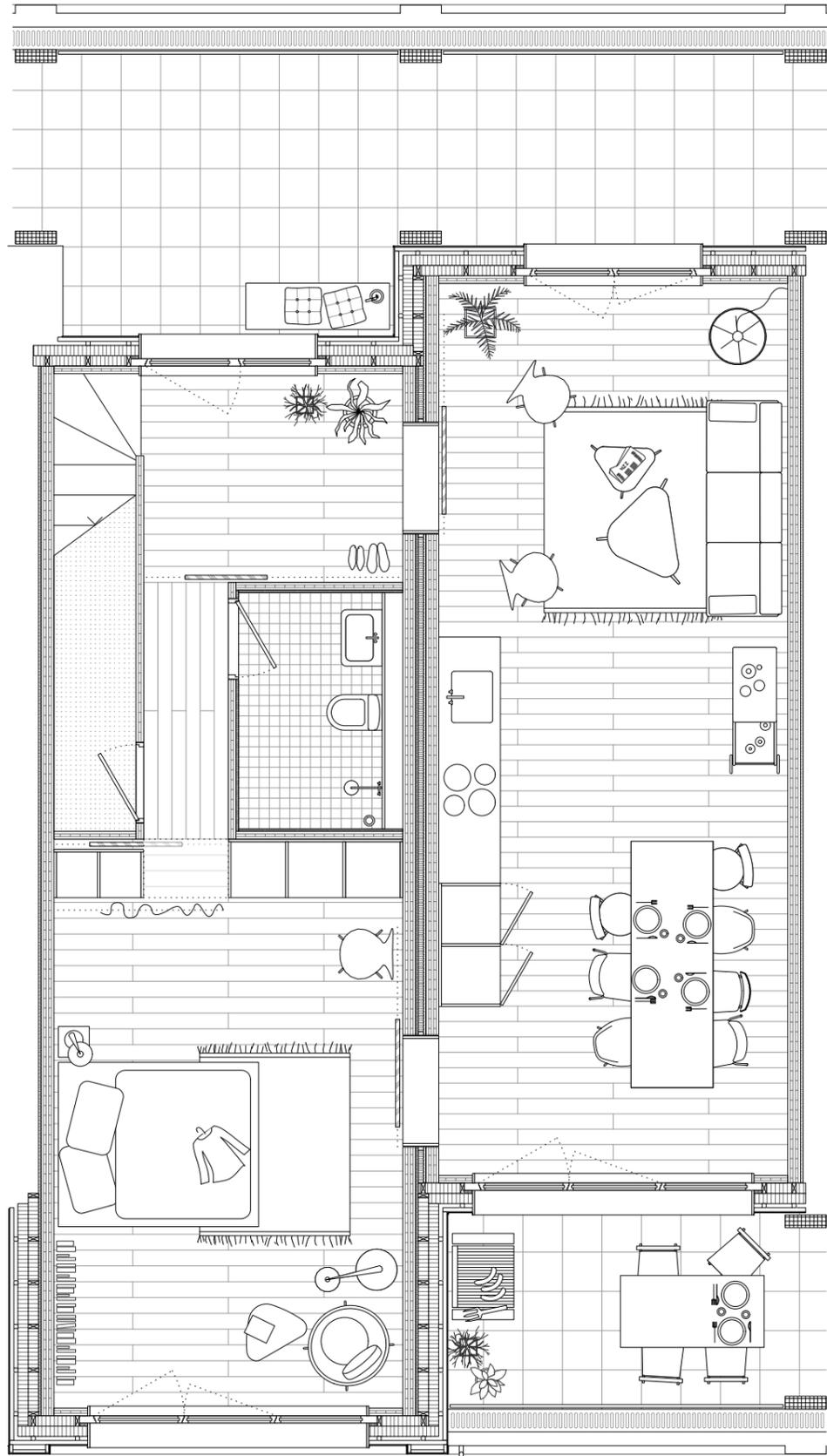


GR 2er

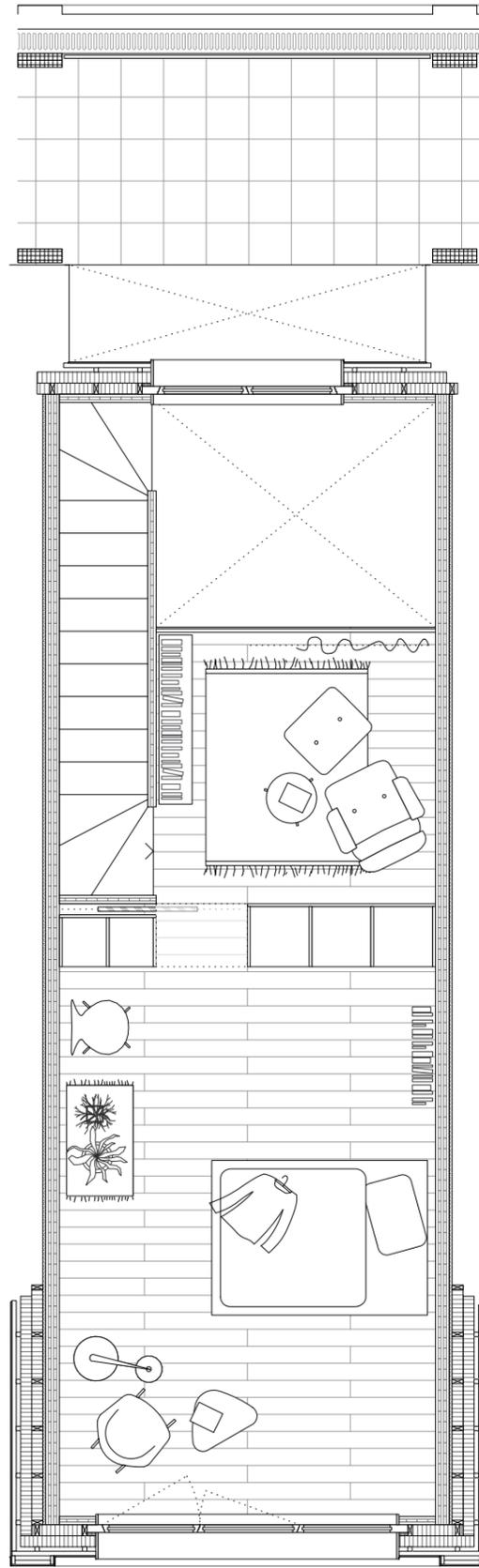


oben: Schema 5.OG
unten: Schema 4.OG



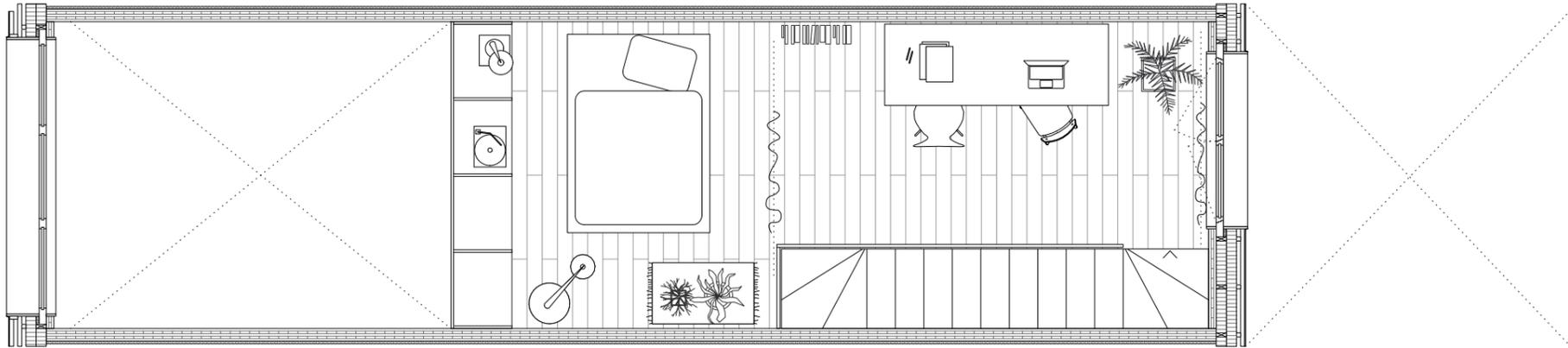


GR 3er 4.OG

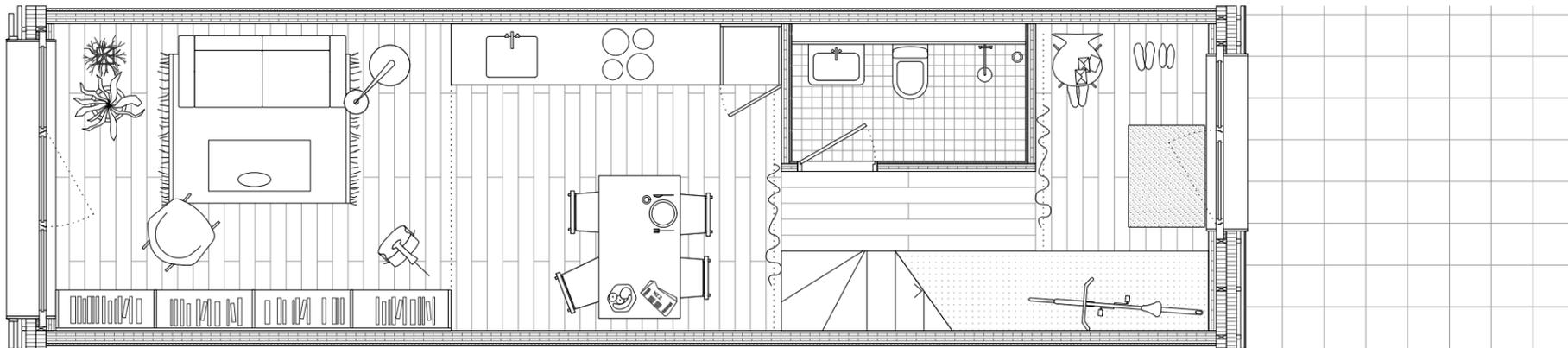


GR 3er 5.OG



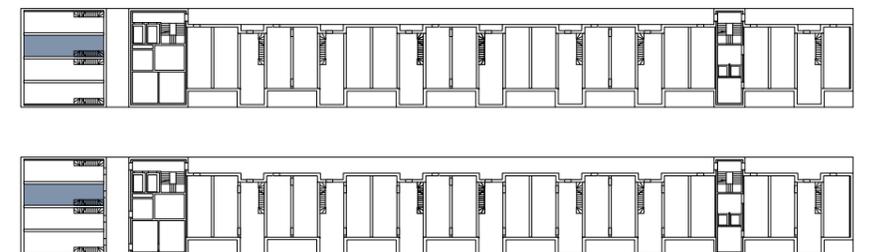


GR Maisonette 5. OG



GR Maisonette 4. OG

oben: Schema 5.OG
unten: Schema 4.OG

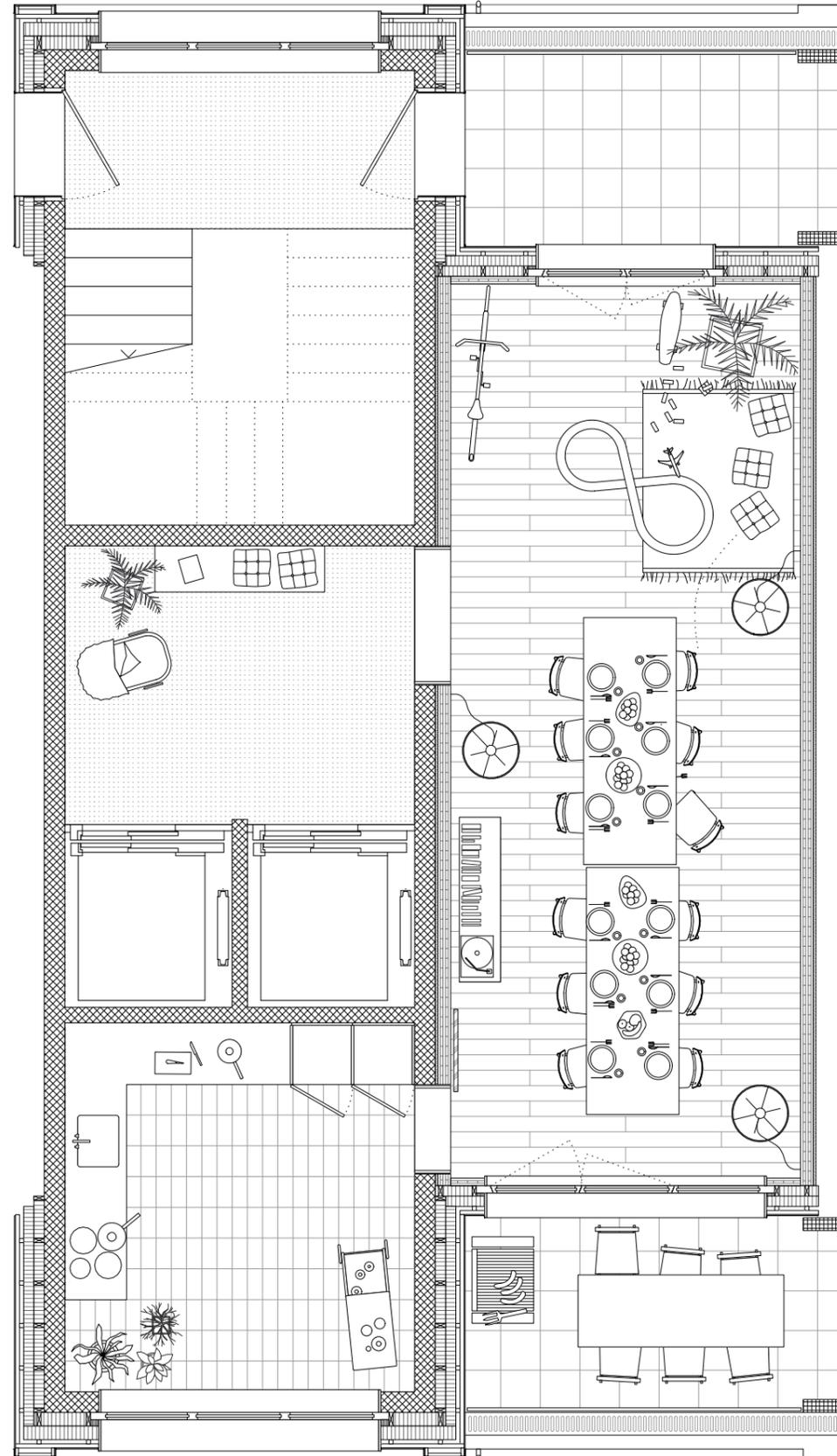




Innenraum Maisonette



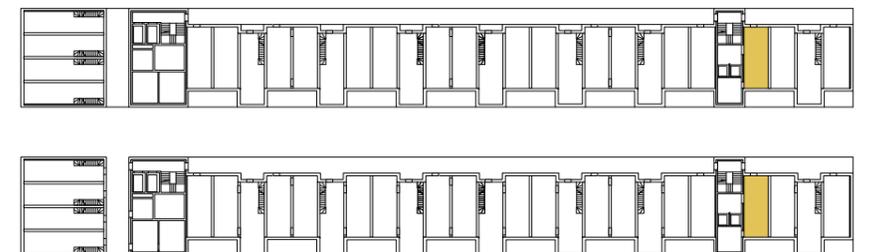
Innenraum Maisonette

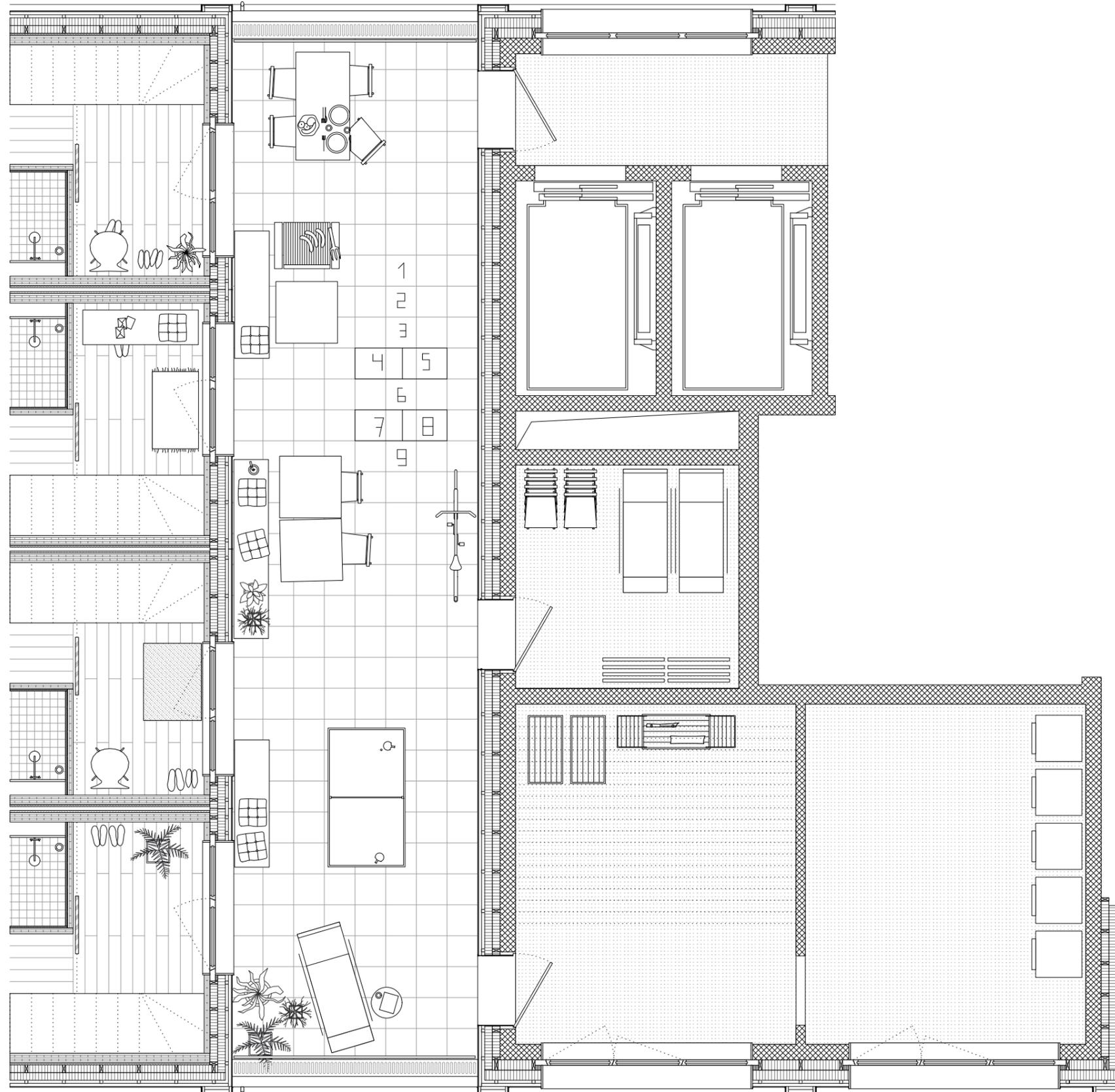


Gemeinschaftsraum



oben: Schema 5.OG
unten: Schema 4.OG



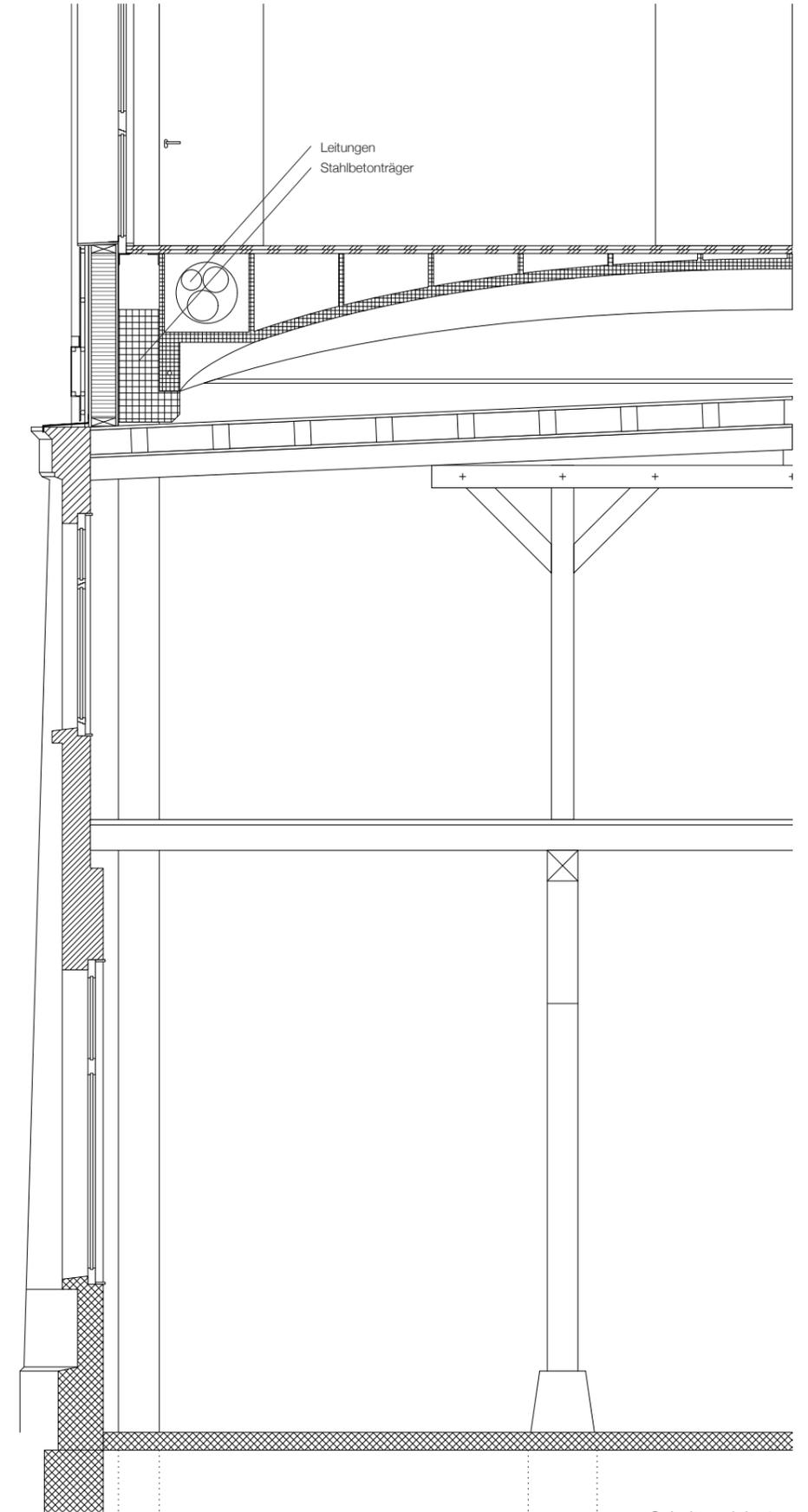


gemeinschaftlicher Aussenraum

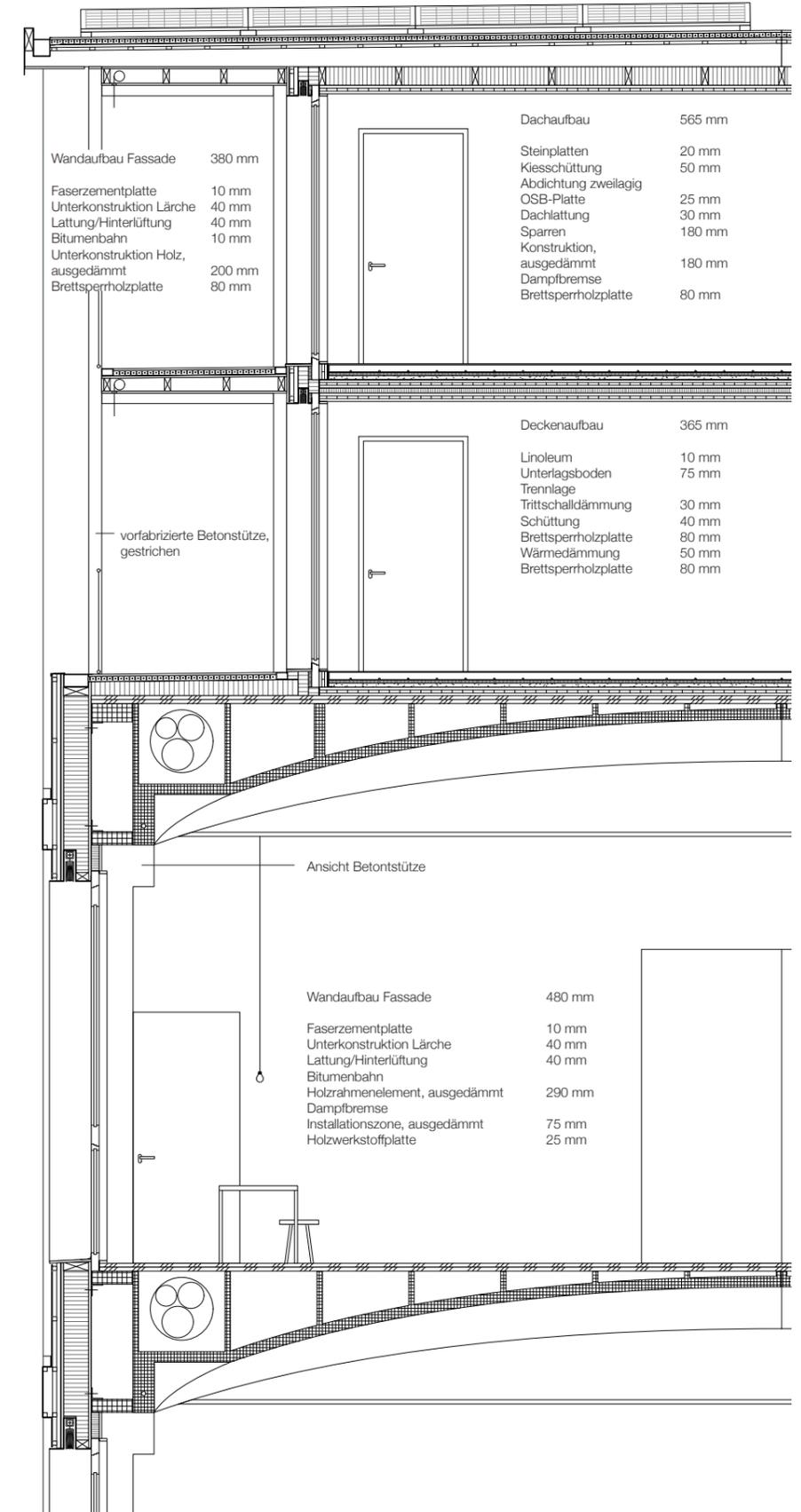


oben: Schema 5.OG
unten: Schema 4.OG





Schnittansicht 1



Wandaufbau Fassade 380 mm
 Faserzementplatte 10 mm
 Unterkonstruktion Lärche 40 mm
 Lattung/Hinterlüftung 40 mm
 Bitumenbahn 10 mm
 Unterkonstruktion Holz, ausgedämmt 200 mm
 Brettsperrholzplatte 80 mm

Dachaufbau 565 mm
 Steinplatten 20 mm
 Kiesschüttung 50 mm
 Abdichtung zweilagig
 OSB-Platte 25 mm
 Dachlattung 30 mm
 Sparren 180 mm
 Konstruktion, ausgedämmt 180 mm
 Dampfbremse
 Brettsperrholzplatte 80 mm

Deckenaufbau 365 mm
 Linoleum 10 mm
 Unterlagsboden 75 mm
 Trennlage
 Trittschalldämmung 30 mm
 Schüttung 40 mm
 Brettsperrholzplatte 80 mm
 Wärmedämmung 50 mm
 Brettsperrholzplatte 80 mm

vorfabrizierte Betonstütze, gestrichen

Ansicht Betonstütze

Wandaufbau Fassade 480 mm
 Faserzementplatte 10 mm
 Unterkonstruktion Lärche 40 mm
 Lattung/Hinterlüftung 40 mm
 Bitumenbahn
 Holzrahmenelement, ausgedämmt 290 mm
 Dampfbremse
 Installationszone, ausgedämmt 75 mm
 Holzwerkstoffplatte 25 mm

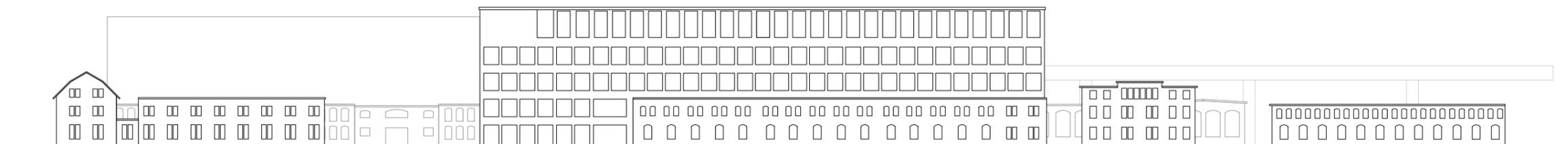


Schnittansicht 2

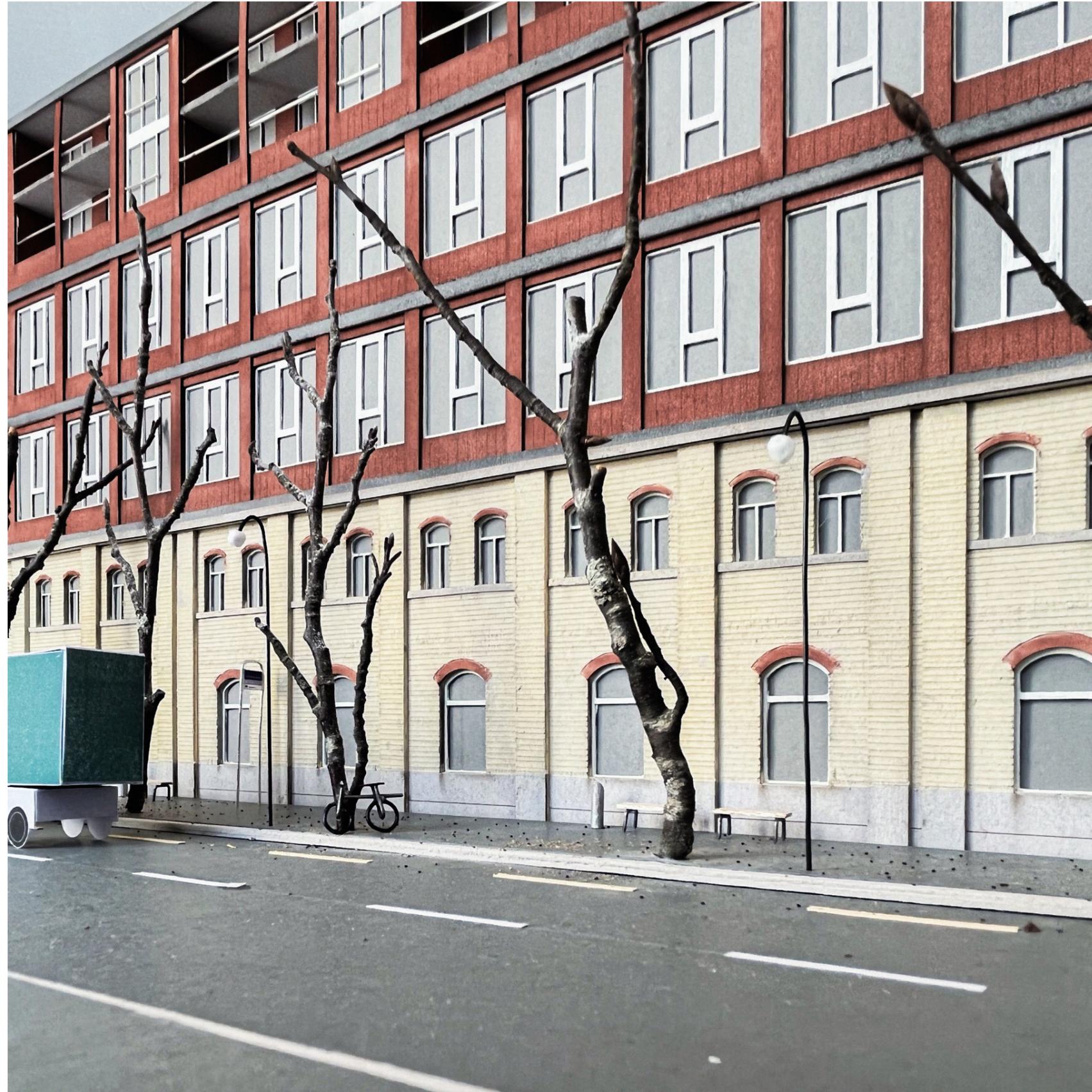


AN Hohlstrasse

schematische Ansicht Hohlstrasse



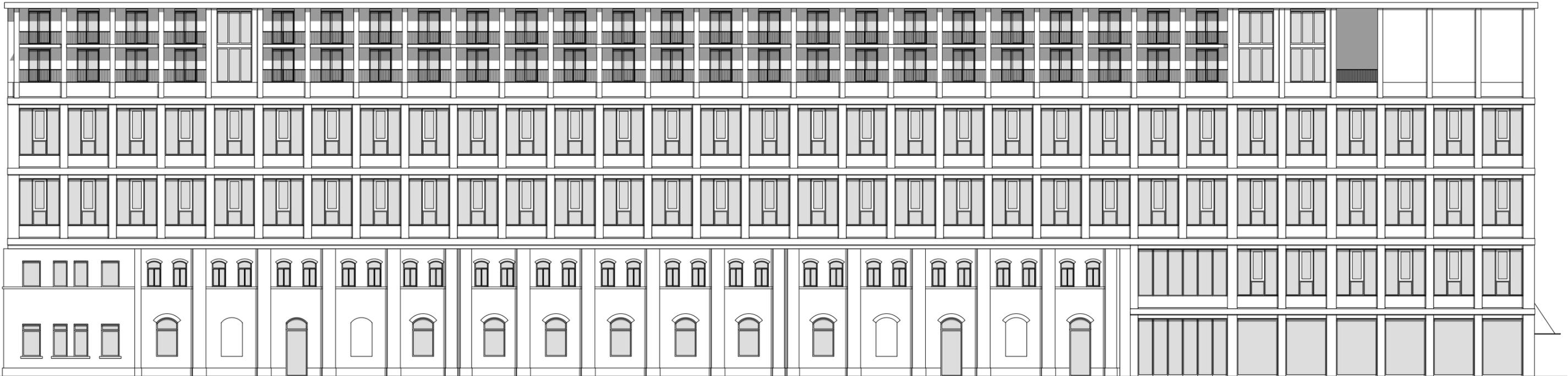
[m]



Ansicht Hohlstrasse



Ansicht Hohlstrasse



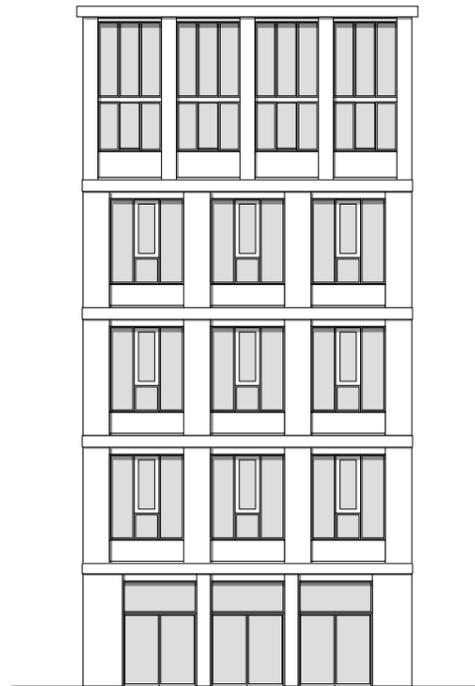
AN Werkhof

Kleid aus Faserzementplatten

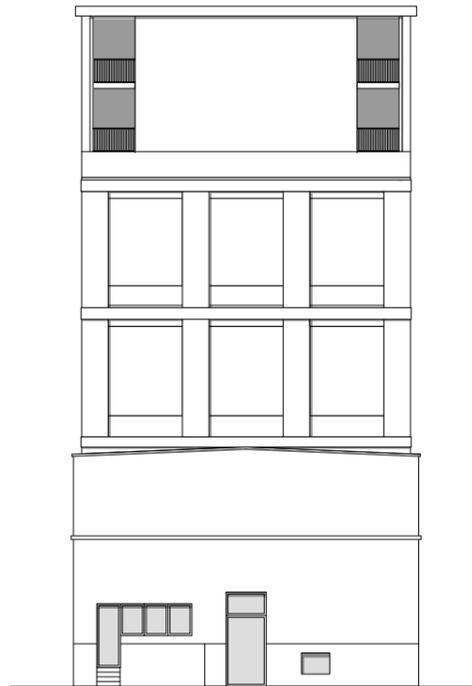
Eingekleidet wird die Beton- und Holzstruktur meiner baulichen Erweiterung mit einer Haut aus ziegelroten Faserzementplatten. Die Fassade hebt sich somit von der gelben Backsteinmauer des Bestandes ab, wodurch Erweiterung und Bestand als eigenständige Gebäudeteile lesbar sind. Gleichzeitig verbindet sie ihre Farbe und Materialität, die primär durch den industriellen Kontext bestimmt sind: Sowohl das Ziegelrot der Faserzementplatte wie das verblasste Gelb des Backsteins evozieren die Zugehörigkeit zum Industrieareal. Um der Plastizität der Mauerwerksfassade des Bestandes entgegenzutreten, habe ich ein leichtes Relief in das Kleid aus Faserzementplatten eingearbeitet. So zeichnen sich Lisenen ab, die eine Art Gegenstück zu den Mauerwerkspfeilern des Bestandes bilden. Durchbrochen werden die vertikalen Lisenen von umlaufenden Gesimsen aus Blech, die dem horizontalen Baukörper die nötige Leichtigkeit und Eleganz verleihen.



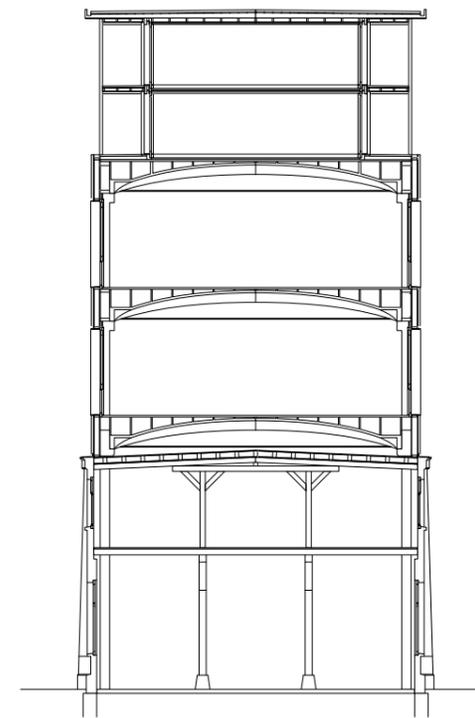
[m]



AN Platz

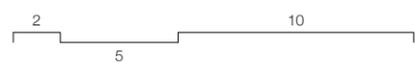
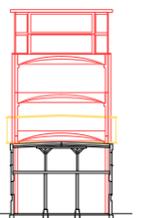


AN Verwaltungsgebäude



Querschnitt

Abbruch-Neubau Schema Querschnitt



[m]



Quelle Ausgangsbild: Google Streetview (abgerufen: 18.12.21)

Perspektive Hohlstrasse

«More with less»

Die grundlegenden Ziele des übergeordneten Semesterthemas ‚more with less‘ löse ich durch die Vorfabrikation und Rückbaubarkeit der Struktur sowie durch die Material- und somit CO₂-Einsparung der einzelnen strukturellen Elemente ein. Paradigmatisch ist dies an der Betonstruktur der Produktionshalle nachzuvollziehen: Die achteiligen Betonschalen sind trocken gefügt und somit rückbau- und wiederverwendbar. Ausserdem zeichnen sie sich durch grosse Materialeinsparungen aus, da die Geometrie der Schale dem internen Kräfteverlauf folgt. Auf Armierungseisen im Beton kann gänzlich verzichtet werden, da in der Schale nur Druckkräfte herrschen. Im direkten Vergleich mit Hollow-Core-Elementen, die zwischen zwei Unterzügen spannen, ist die Herstellung der Betonschale 43% weniger CO₂ intensiv.

PRODUKTION

Eigenlasten (Sicherheitsfaktor = 1.35)

Stahlbetonträger (über Mauerkrone des Bestandes):

V Betonträger = 7.4 m³
 Anz. Träger = 10
 ρ Beton (schwer) 2600 kg/m³
 > 10 x 7.4 m³ = 74 m³
 > 74 m³ x 2600 kg/m³ = 192'400 kg = 1924 kN
 > 1924 kN x 1.35 = 2597 kN

Vorfabrizierte Betondecke:

V Betonschale = 13.2 m³
 ρ Beton (nicht armiert) = 2200 kg/m³
 Anz. Betonschalen / Geschossdecke = 14
 Anz. Geschossdecken = 3
 > 14 x 13.2 m³ = 184.8 m³
 > 184.8 m³ x 2200 kg/m³ = 406'560 kg = 4065.6 kN
 > 3 x 4065.6 kN = 12'197 kN
 > 12'197 kN x 1.35 = 16'465 kN

Bodenbelag aus Sperrholzplatten:

A Halle = 1350 m²
 Rohdichte Sperrholz = 500 kg/m³
 d Platten (2 x 0.03m) = 0.06 m
 Anz. Geschossdecken = 3
 > 1350 m² x 0.06 m = 81 m³
 > 81 m³ x 500 kg/m³ = 40'500 kg = 405 kN
 > 3 x 405 kN = 1215 kN
 > 1215 kN x 1.35 = 1640 kN

Nutzlasten (Sicherheitsfaktor = 1.50)

A Halle = 1350 m²
 Nutzlast Schwere Technik / Produktion = 5 kN/m²
 Anz. Prod.geschosse = 2
 > 1350 m² x 5 kN/m² = 6750 kN
 > 2 x 6750 kN = 13'500 kN
 > 13'500 kN x 1.50 = 20'250 kN

WOHNEN

Eigenlasten (Sicherheitsfaktor = 1.35)

Module aus Brettsperrholz:

V Modul 1 = 11.6 m³ (Anz. = 34)
 V Modul 2 = 13.4 m³ (Anz. = 12)
 V Modul 3 = 14 m³ (Anz. = 8)
 ρ Brettsperrholz = 480 kg/m³
 > Modul 1: 34 x 11.6 m³ = 394.4 m³
 394.4 m³ x 480 kg/m³ = 189'312 kg = 1893 kN
 > Modul 2: 12 x 13.4 m³ = 160.8 m³
 160.8 m³ x 480 kg/m³ = 77'184 kg = 772 kN
 Modul 3: 8 x 14 m³ = 112 m³
 112 m³ x 480 kg/m³ = 53'760 kg = 538 kN
 > 1893 kN + 772 kN + 538 kN = 3203 kN
 > 3203 kN x 1.35 = 4324 kN

Ausbaulasten der Module:

Angenommenes Mittelmaß = 1.20 kN/m²
 BF Modul 1 = 29.5 m² (Anz. = 34)
 BF Modul 2 = 34 m² (Anz. = 12)
 BF Modul 3 = 33.3 m² (Anz. = 8)

> Modul 1: $34 \times 29.5 \text{ m}^2 = 1003 \text{ m}^2$
 $1002 \text{ m}^2 \times 1.20 \text{ kN/m}^2 = 1200 \text{ kN}$
 > Modul 2: $12 \times 34 \text{ m}^2 = 408 \text{ m}^2$
 $408 \text{ m}^2 \times 1.20 \text{ kN/m}^2 = 489.6 \text{ kN}$
 > Modul 3: $8 \times 33.3 \text{ m}^2 = 266.4 \text{ m}^2$
 $266.4 \text{ m}^2 \times 1.20 \text{ kN/m}^2 = 319.7 \text{ kN}$
 > $1200 \text{ kN} + 489.6 \text{ kN} + 319.7 \text{ kN} = 2009 \text{ kN}$
 > $2009 \text{ kN} \times 1.35 = \underline{2712 \text{ kN}}$

Nutzlasten (Sicherheitsfaktor = 1.50)

A Wohngeschoss = 1275 m^2
 Nutzlast Wohnen = 1.50 kN/m^2
 Anz. Wohngeschosse = 2
 > $1275 \text{ m}^2 \times 1.50 \text{ kN/m}^2 = 1912.5 \text{ kN}$
 > $2 \times 1912.5 \text{ kN} = 3825 \text{ kN}$
 > $3825 \times 1.50 = \underline{5738 \text{ kN}}$

Schneelast Dach (Sicherheitsfaktor = 1.50)

$q = 0.943 \text{ kN/m}^2$
 A Dach = 1660 m^2
 > $1660 \text{ m}^2 \times 0.943 \text{ kN/m}^2 = 1565 \text{ kN}$
 > $1565 \text{ kN} \times 1.50 = \underline{2348 \text{ kN}}$

DIMENSIONIERUNG DER BETONSTÜTZEN

Betonstütze Bestand:

A Halle = 1350 m^2
 Lastfeld Betonstütze = 96 m^2
 Last Stahlbetonträger = 192 kN
 Ständige Lasten Produktion = $18'105 \text{ kN}$
 Nutzlasten Produktion = $20'250 \text{ kN}$
 Ständige Lasten Wohnen = 7036 kN
 Nutzlasten Wohnen = 5738 kN
 Schneelast Dach = 2348 kN
 > Lasten tot = $53'669 \text{ kN}$
 > $96 \text{ m}^2 / 1350 \text{ m}^2 = 0.0711$
 > $53'669 \text{ kN} \times 0.0711 = \underline{3815 \text{ kN}}$

$A_{req} = N_d / f_{cd}$

$N_d = 3815 \text{ kN} = 3'815'000 \text{ N}$

$f_{cd} \text{ (Betonklasse C40/C50)} = 24 \text{ N/mm}^2^*$

$A_{ef} = 400 \text{ mm} \times 400 \text{ mm} \times 2 = 160'000 \text{ mm}^2$

> $A_{req} = 3'815'000 \text{ N} / 24 \text{ N/mm}^2 = 158'958 \text{ mm}^2$

> Tragsicherheitsnachweis: $N_d < N_{allow} = f_{cd} \times A_{ef}$

$24 \text{ N/mm}^2 \times 160'000 \text{ mm}^2 = 3'840'000 \text{ N} = 3840 \text{ kN}$

> Querschnittsfläche ist ausreichend.

Betonstütze EG (Anbau):

A Halle = 1350 m^2
 Lastfeld Betonstütze = 48 m^2
 Ständige Lasten Produktion = $18'968 \text{ kN}$
 Nutzlasten Produktion = $21'713 \text{ kN}$
 Ständige Lasten Wohnen = 7036 kN
 Nutzlasten Wohnen = 5738 kN
 Schneelast Dach = 2348 kN
 > Lasten tot = $55'803 \text{ kN}$
 > $44.3 \text{ m}^2 / 1350 \text{ m}^2 = 0.0355$
 > $55'803 \text{ kN} \times 0.0355 = \underline{1981 \text{ kN}}$

$$A_{req} = N_d / f_{cd}$$

$$N_d = 1981 \text{ kN} = 1'981'000 \text{ N}$$

$$f_{cd} (\text{Betonklasse C20/C25}) = 13.5 \text{ N/mm}^2^*$$

$$A_{ef} = 400 \text{ mm} \times 400 \text{ mm} = 160'000 \text{ mm}^2$$

$$> A_{req} = 1'981'000 \text{ N} / 13.5 \text{ N/mm}^2 = 146'740 \text{ mm}^2$$

$$> \text{Tragsicherheitsnachweis: } N_d < N_{allow} = f_{cd} \times A_{ef}$$

$$13.5 \text{ N/mm}^2 \times 160'000 \text{ mm}^2 = 2'128'000 \text{ N} = 2128 \text{ kN}$$

> Querschnittsfläche ist ausreichend.

Betonstütze Halle 1 (2.OG):

$$A_{Halle} = 1350 \text{ m}^2$$

$$\text{Lastfeld Betonstütze} = 48 \text{ m}^2$$

$$\text{Ständige Lasten Produktion} = 18'105 \text{ kN}$$

$$\text{Nutzlasten Produktion} = 20'250 \text{ kN}$$

$$\text{Ständige Lasten Wohnen} = 7036 \text{ kN}$$

$$\text{Nutzlasten Wohnen} = 5738 \text{ kN}$$

$$\text{Schneelast Dach} = 2348 \text{ kN}$$

$$> \text{Lasten tot} = 37'316 \text{ kN}$$

$$> 48 \text{ m}^2 / 1350 \text{ m}^2 = 0.0355$$

$$> 37'316 \text{ kN} \times 0.0355 = \underline{1325 \text{ kN}}$$

$$A_{req} = N_d / f_{cd}$$

$$N_d = 1325 \text{ kN} = 1'325'000 \text{ N}$$

$$f_{cd} (\text{Betonklasse C20/C25}) = 13.5 \text{ N/mm}^2^*$$

$$A_{ef} = 400 \text{ mm} \times 400 \text{ mm} = 160'000 \text{ mm}^2$$

$$> A_{req} = 1'325'000 \text{ N} / 13.5 \text{ N/mm}^2 = 98'148 \text{ mm}^2$$

$$> \text{Tragsicherheitsnachweis: } N_d < N_{allow} = f_{cd} \times A_{ef}$$

$$13.5 \text{ N/mm}^2 \times 160'000 \text{ mm}^2 = 2'160'000 \text{ N}$$

> Querschnittsfläche ist ausreichend.

* Kennwert aus Skript ‚Lasten und Kennwerte‘, Vorlesungsreihe Tragwerksentwurf 3 der Professur Block.

KNICKLAST DER BETONSTÜTZEN

Betonstütze Bestand:

$$E\text{-Modul} = 35'000 \text{ N/mm}^2^*$$

$$I (\text{Trägheitsmoment}) = (b \times h^3) / 12$$

$$L (\text{Stützenlänge}) = 11.5 \text{ m} = 11'500 \text{ mm}$$

$$F_k (\text{Knicklast}) = (\pi^2 \times E \times I) / L^2$$

$$> I = (400 \times 400^3) / 12 = 21.333 \times 10^8 \text{ mm}^4$$

$$> F_k = (9.8696 \times 35'000 \text{ N/mm}^2 \times 21.333 \times 10^8 \text{ mm}^4) / 132'250'000 \text{ mm}^2 = 5'572'250 \text{ N} = \underline{5572 \text{ kN}}$$

$$> N_d = 3815 \text{ kN}$$

> $N_d < F_k =$ Knicken ist in diesem Fall nicht massgebend.

Betonstütze EG (Anbau):

$$E\text{-Modul} = 30'000 \text{ N/mm}^2^*$$

$$I (\text{Trägheitsmoment}) = (b \times h^3) / 12$$

$$L (\text{Stützenlänge}) = 6.145 \text{ m} = 6145 \text{ mm}$$

$$F_k (\text{Knicklast}) = (\pi^2 \times E \times I) / L^2$$

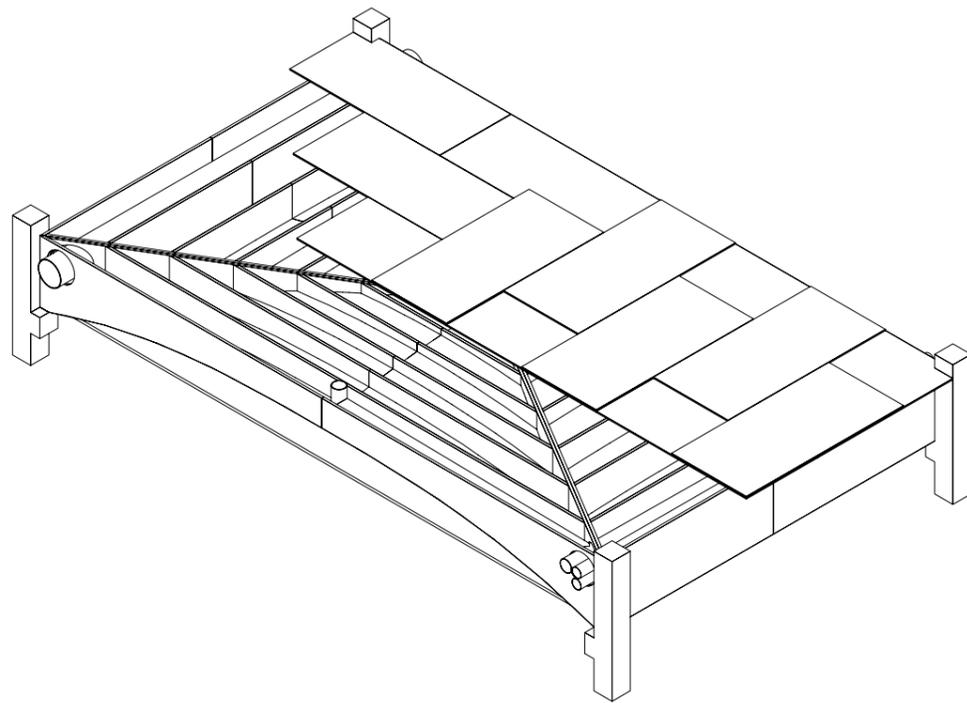
$$> I = (400 \times 400^3) / 12 = 21.333 \times 10^8 \text{ mm}^4$$

$$> F_k = (9.8696 \times 30'000 \text{ N/mm}^2 \times 21.333 \times 10^8 \text{ mm}^4) / 29'430'625 \text{ mm}^2 = 16'727'681 \text{ N} = 16'727 \text{ kN}$$

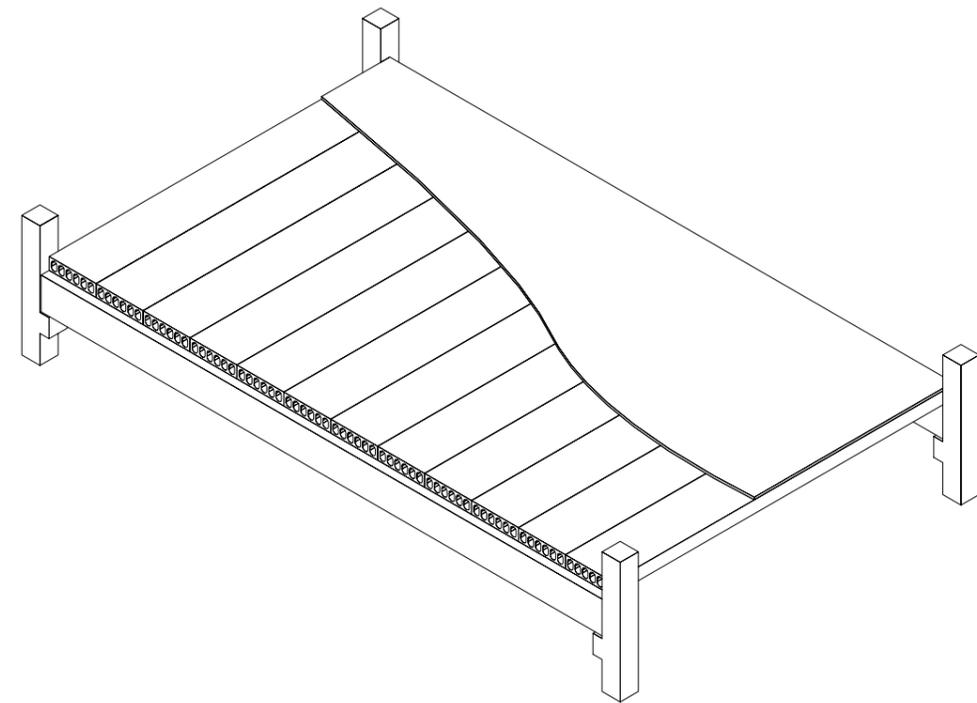
$$> N_d = 1981 \text{ kN}$$

> $N_d < F_k =$ Knicken ist in diesem Fall nicht massgebend.

* E-Modul aus Broschüre ‚Betontechnische Daten - Ein Tabellenwerk für Praktiker‘ von Holcim (https://www.holcim.de/sites/germany/files/atoms/files/betontechnische_daten_2019.pdf, abgerufen: 10.01.22).



Achteilige Betonschale



Hollow-Core auf Unterzügen

System	8-teilige Betonschale mit oberseitigen Rippen	Hollow-Core auf Unterzügen
Bauteil	<i>Betonschale</i>	<i>Unterzug aus Stahlbeton</i>
Volumen	13.2 m ³	2.2 m ³
Rohdichte	2400 kg/m ³	2500 kg/m ³
Gewicht	31'680 kg	5500 kg
kg CO ₂ e/kg	0.099 kg CO ₂ e/kg	0.172 kg CO ₂ e/kg
kg CO ₂	3136 kg CO ₂	946 kg CO ₂
Bauteil		<i>Hollow-Core (26.5 cm)</i>
Fläche		93m ²
Gewicht Stahl /m ²		5.3 kg/m ²
Gewicht Stahl		492.2 kg
kg CO ₂ e/kg Stahl		1.99 kg CO ₂ e/kg
kg CO ₂ Stahl		980 kg CO ₂
Volumen Beton /m ²		0.16 m ³ /m ²
Volumen Beton		14.88 m ³
Rohdichte Beton		2500 kg/m ³
Gewicht Beton		37'200 kg
kg CO ₂ e/kg Beton		0.172 kg CO ₂ e/kg
kg CO ₂ Beton		6398 kg CO ₂
Bauteil	<i>Sperrholz-Platten (2 x 3cm)</i>	<i>Ortbeton (5 cm)</i>
Volumen	5.58 m ³	4.65 m ³
Rohdichte	500 kg/m ³	2300 kg/m ³
Gewicht	2790 kg	10'695 kg
kg CO ₂ e/kg	0.681 kg CO ₂ e/kg	0.136 kg CO ₂ e/kg
kg CO ₂	1900 kg CO ₂	1455 kg CO ₂
Total Gewicht	34'816 kg	53'887 kg
Total kg CO ₂	5036 kg CO ₂	8800 kg CO ₂
Gesamthöhe Bodenaufbau	142.5 cm	101.5 cm