ERWEITERUNG DES MAGAZINGEBÄUDES DER SBB WERKSTÄTTE IN ZÜRICH ALTSTETTEN

Tim Vogel



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



Hohlstrasse 402, 8048 Zürich

Situationsplan

20 50 100 [m]

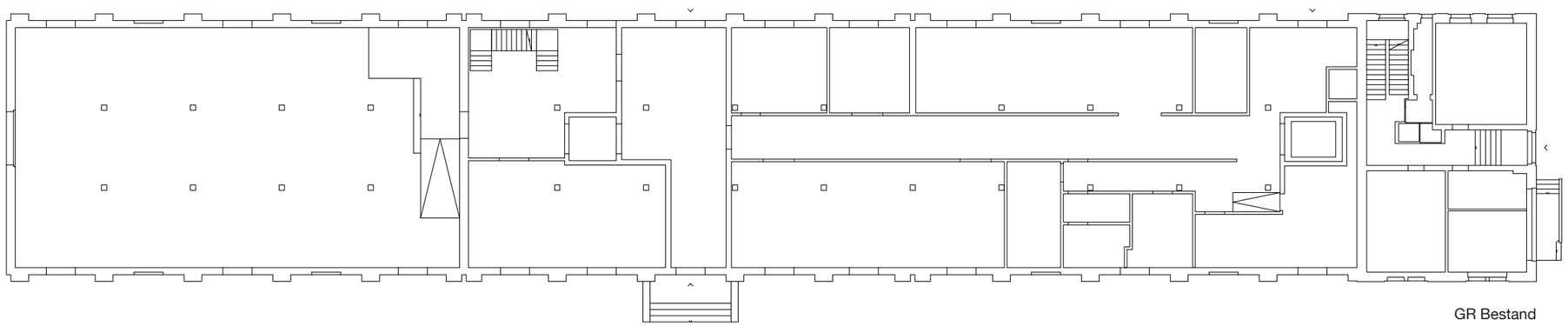


Quelle: Google Streetview (abgerufen: 10.01.22)

Ansicht Hohlstrasse

Bestand

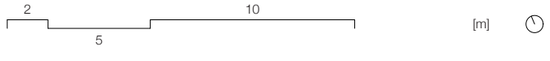
Das Magazingebäude der SBB Werkstätten in Zürich Altstetten wurde 1905 im Zuge der ersten Bauetappe des gesamten Areals gebaut. Es liegt direkt an der Hohltrasse und grenzt somit an die umliegenden Quartiere im Süden. Zusammen mit dem benachbarten Verwaltungsgebäude trägt es seit je entscheidend zur 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.



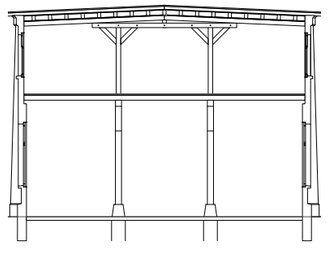
GR Bestand

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.

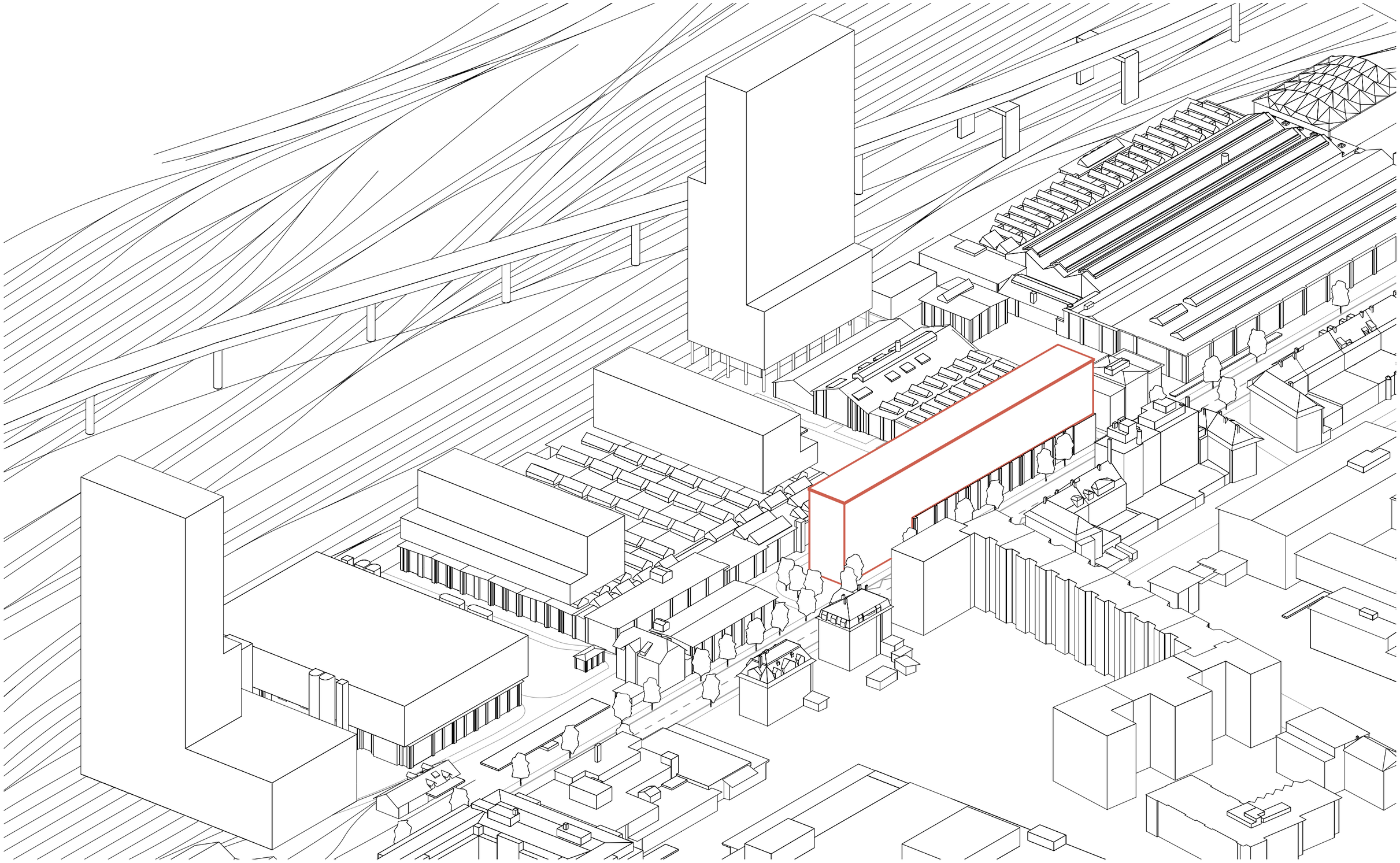


links: Schnitt Bestand
rechts: Innenansichten Bestand (Quelle: Baubüro in situ AG, www.insitu.ch/projekte/323-gebaeude-a-werkstadt-areal-gesamtsanierung, abgerufen: 10.01.22)

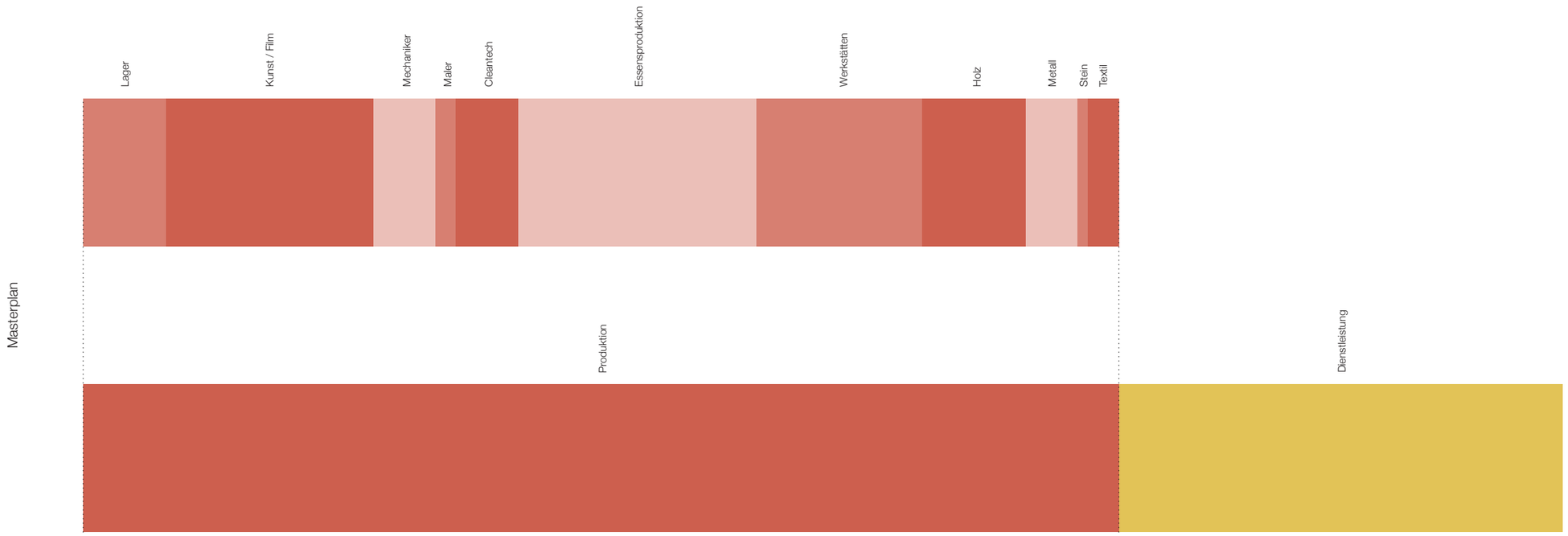






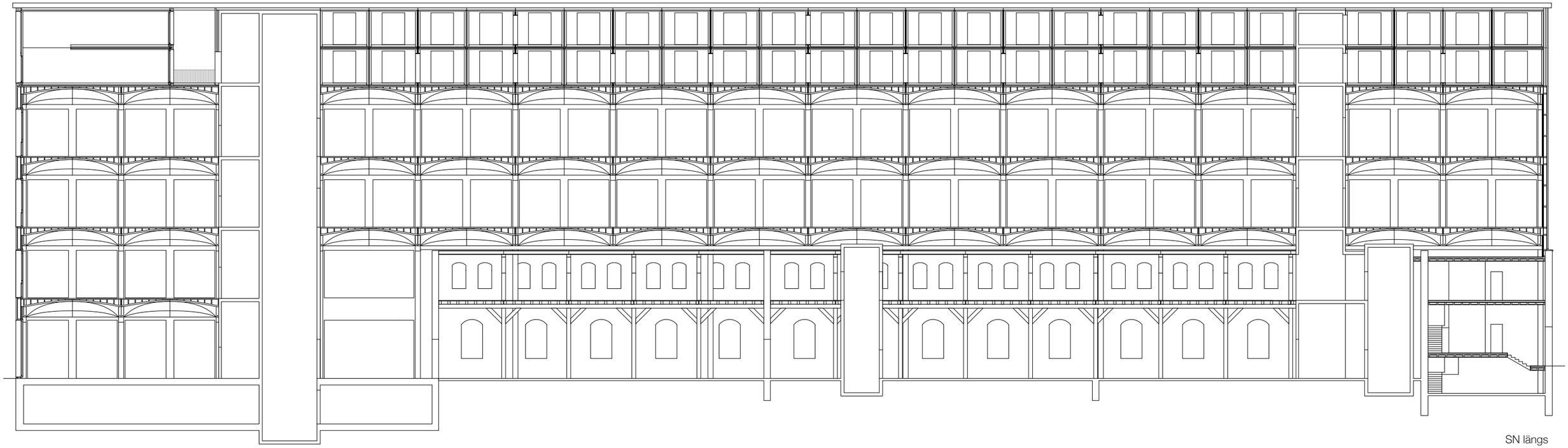


Axonometrie Städtebau



Programm

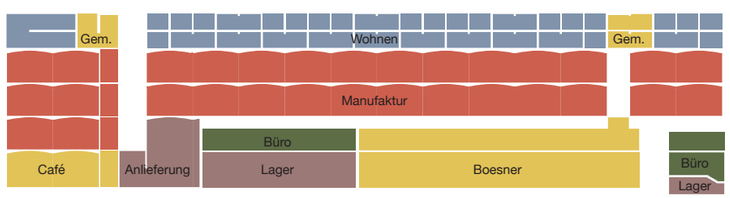
Das Industrieareal der ehemaligen SBB-Werkstätten befindet sich seit geraumer Zeit in der Zwischen- und Umnutzung. Es ist nicht nur zum Standort für Kreativbüros, sondern auch zur urbanen Produktionsstätte herangewachsen. Eine Entwicklung, die laut der SBB in Zukunft weiter bestehen soll. Um den Produktionsstandort 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.



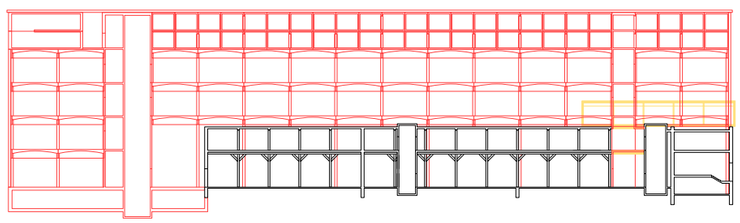
SN längs

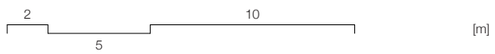
Struktur in der Struktur

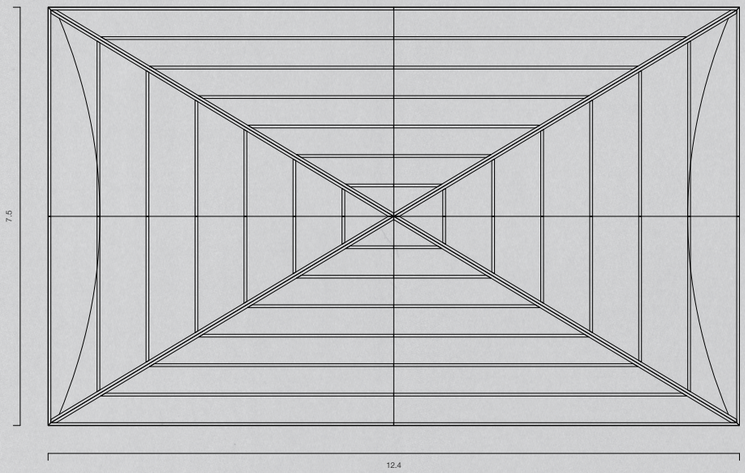
Da die bestehende Holzstruktur statisch nicht weiter belastet werden kann, bin ich gezwungen, für die bauliche Erweiterung eine neue und unabhängige Struktur zu entwickeln. Um die bestehende Struktur und Nutzung dabei nicht zu beeinträchtigen, habe ich die Anzahl Stützen, die ich in den Bestand setze, 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.



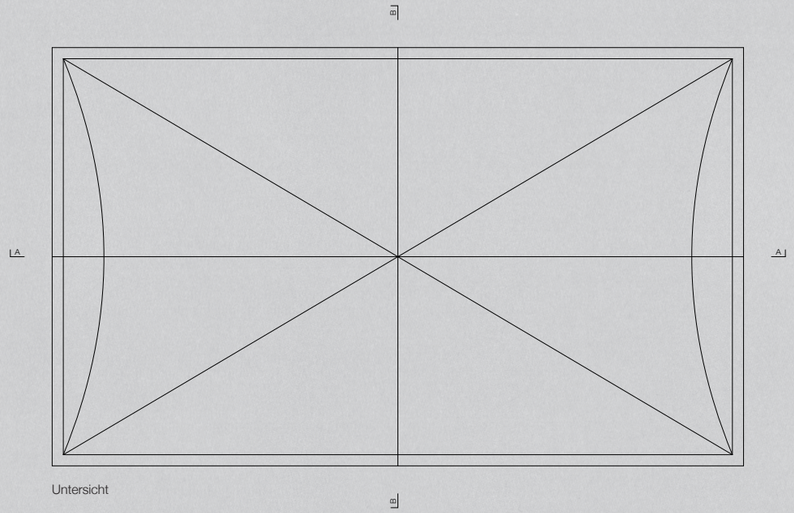
links: Nutzungen im Schnitt
rechts: Abbruch-Neubau Schema Längsschnitt



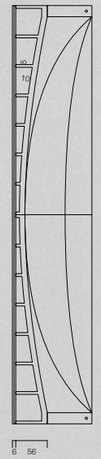




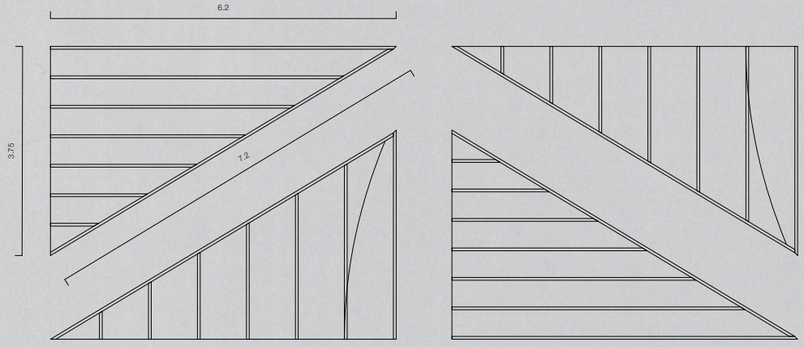
Aufsicht (Struktur Rippen)



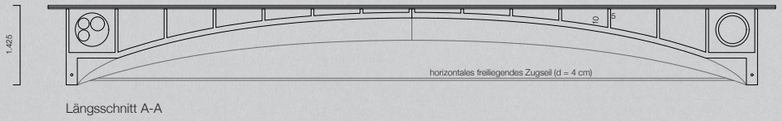
Untersicht



Querschnitt B-B



Vorfabrizierte Elemente einer Betonschale

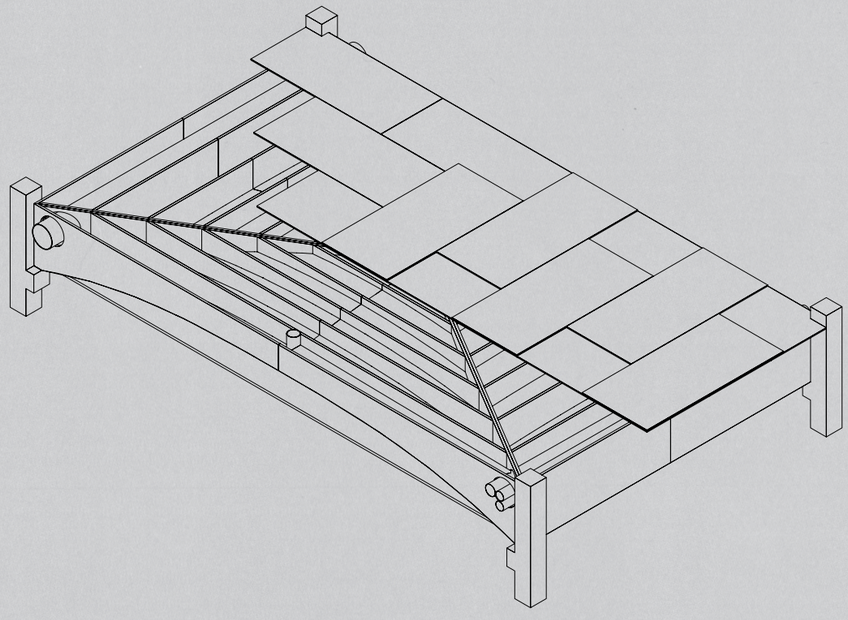


Längsschnitt A-A

Bodenbelag: Kreuzweise verlegte Sperrholzplatten (2 x 3 cm)

Rippen: Verteilen Last auf Schale. Möglichkeit, Leitungen zu führen.

Horizontales Zugelement, in einbetonierten Kanal eingelegt.

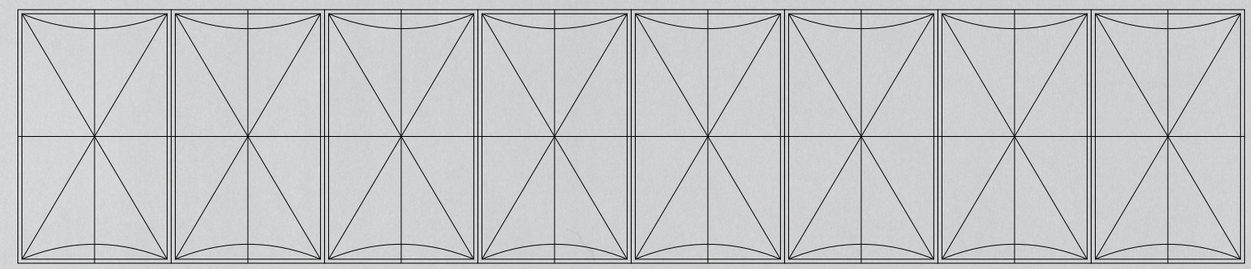


Axonometrie Betonschale

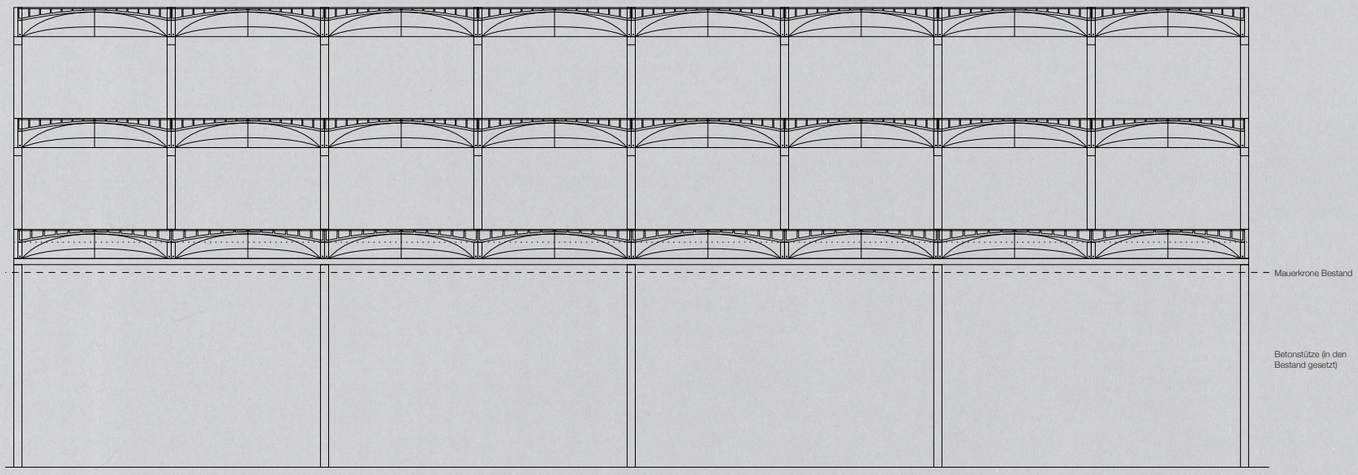
Vorfabrizierte Betonschalen als Deckensystem

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 achtteilige 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.

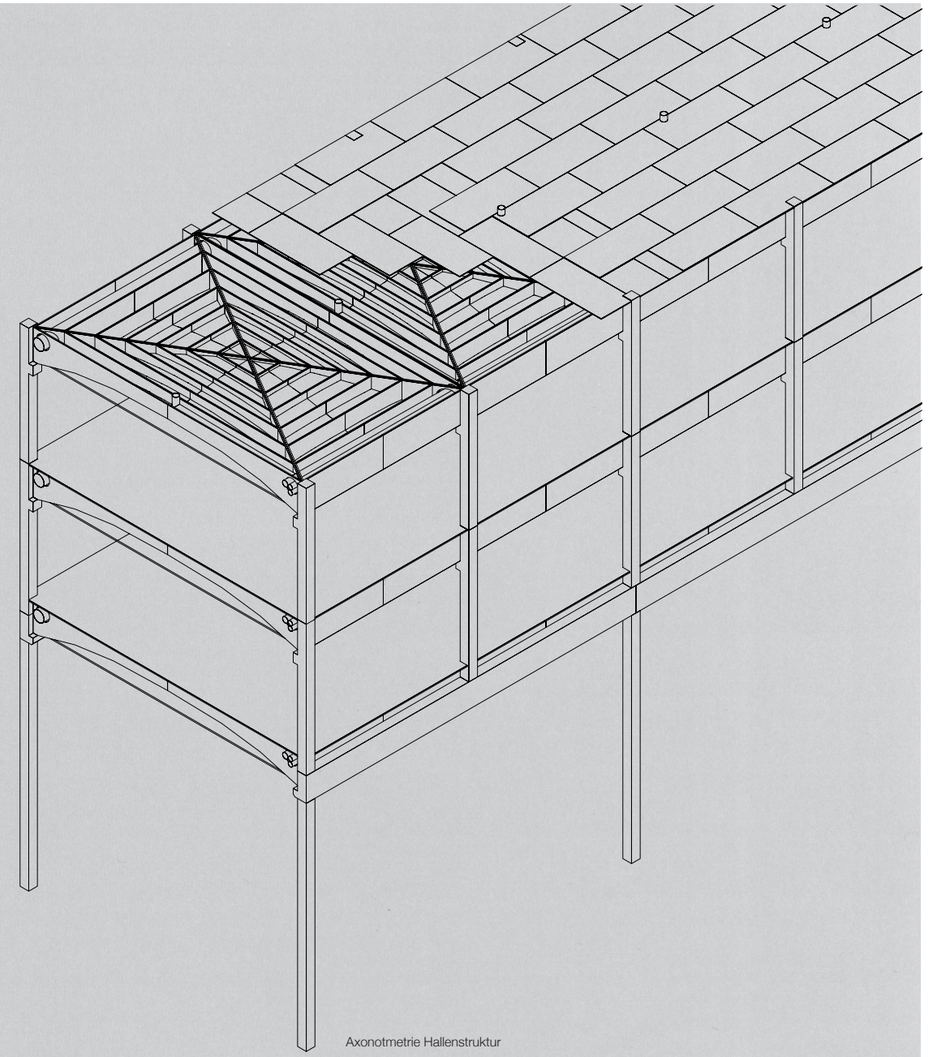
[m]



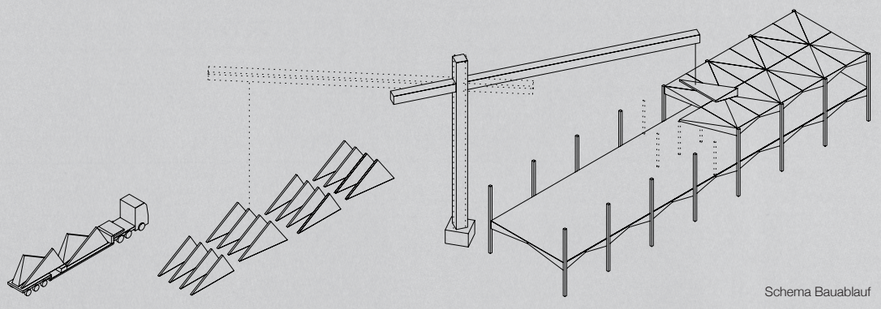
Untersicht Halle



Längsschnitt Hallenstruktur



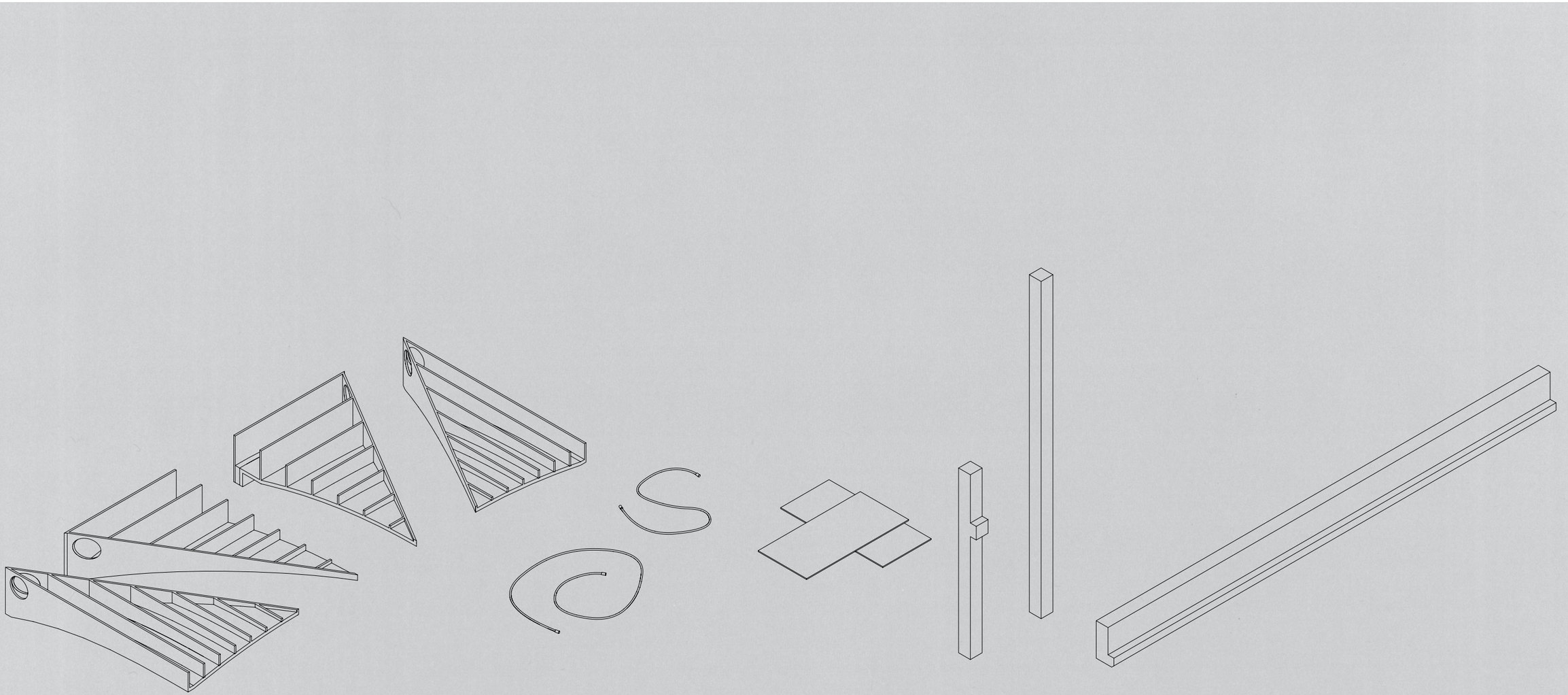
Axonotmetrie Hallenstruktur



Schema Bauablauf

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.



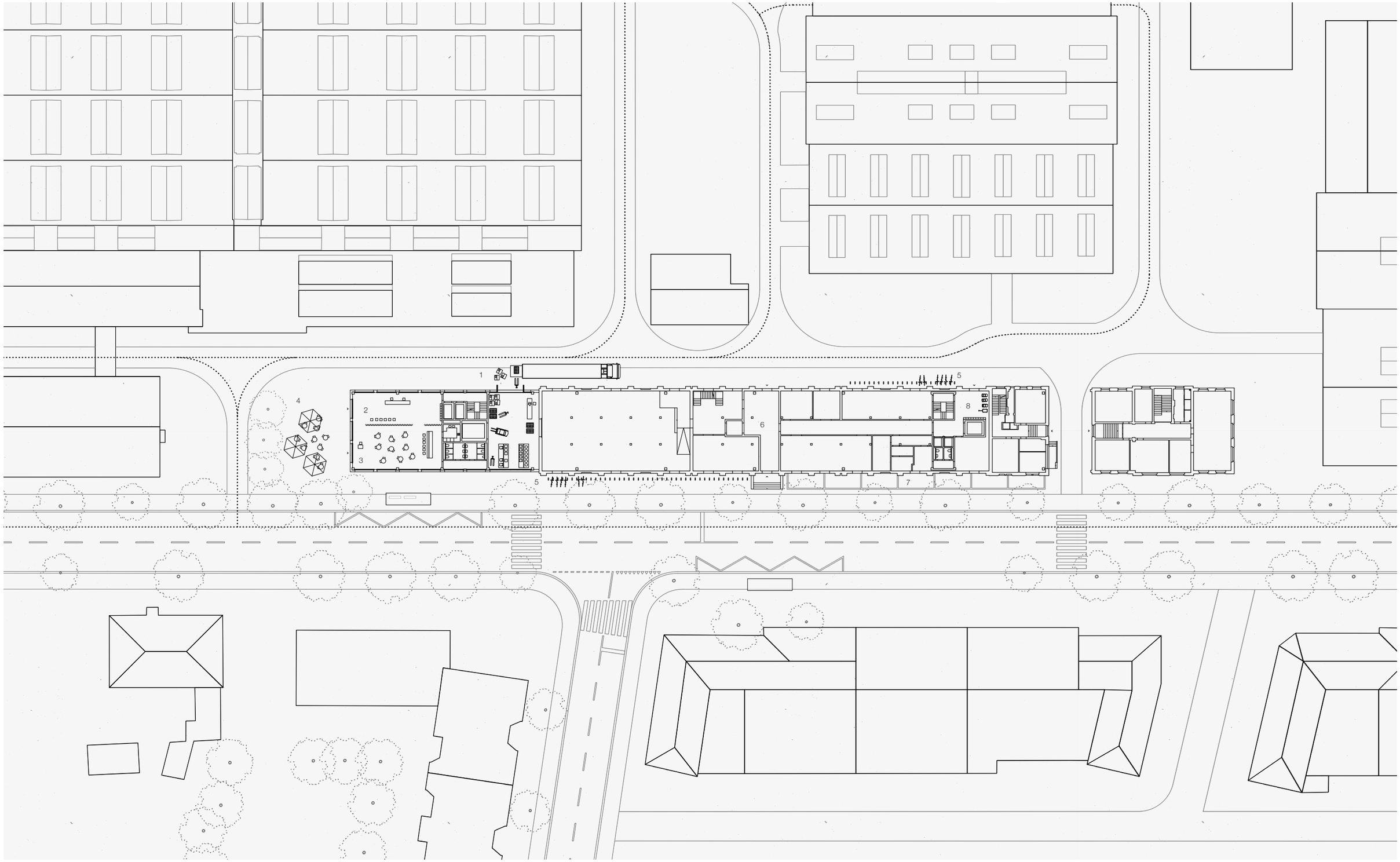
Elemente Betonschale

Zugkabel

Sperrholzplatten

Stütze Halle / Bestand

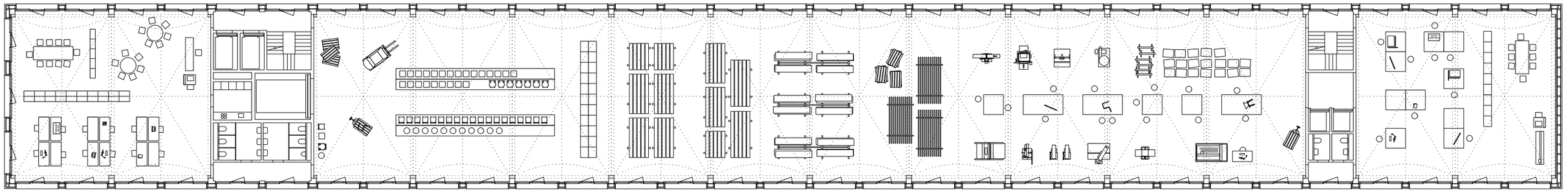
Stahlbetonträger



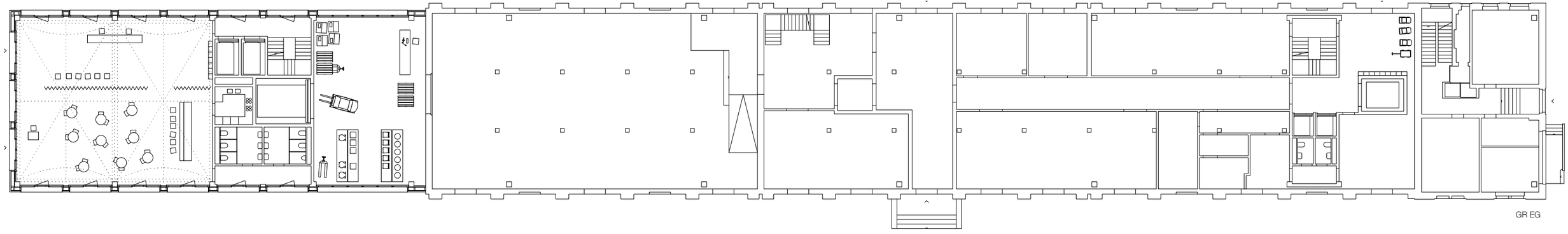
1 Anlieferung 2 Empfang 3 Café 4 Platz (offene Belagsstruktur) 5 Veloabstellplätze 6 Passage 7 Parkplätze 7 Foyer Wohneinheiten

Situation EG

4 20
10
[m]

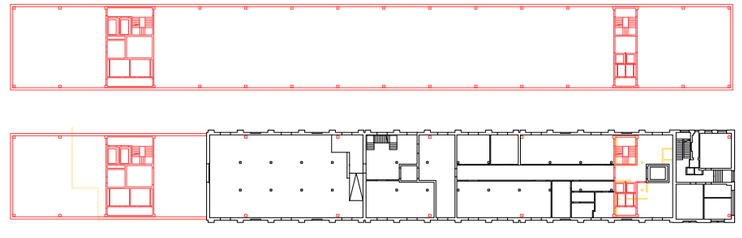


GR 2./3.OG



GR EG

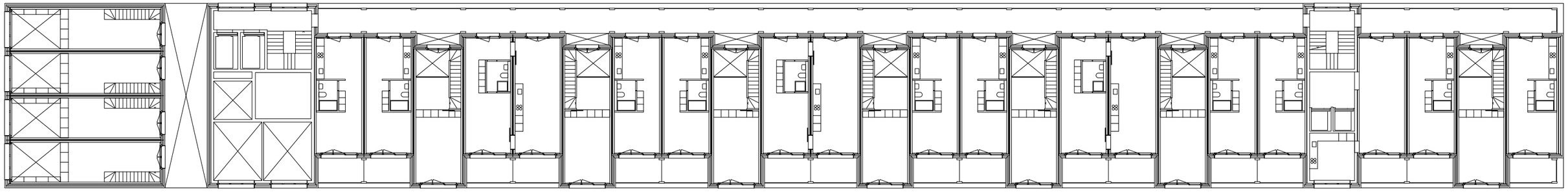
oben: Abbruch-Neubau Schema 2./3.OG
unten: Abbruch-Neubau Schema EG



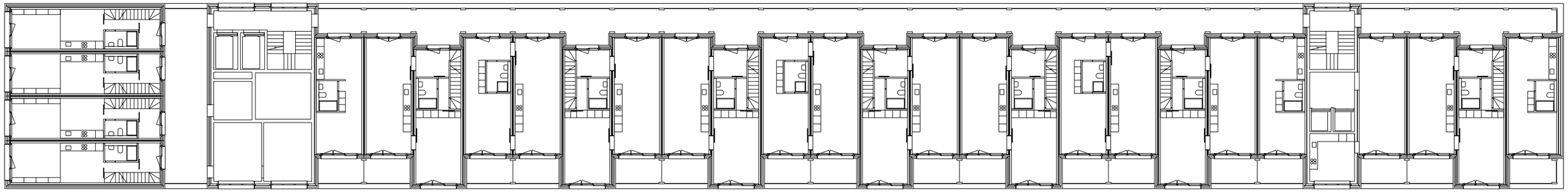
2 5 10 [m]



Innenraum Produktion

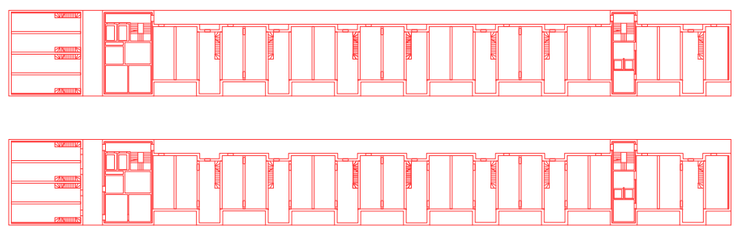


GR 5.OG

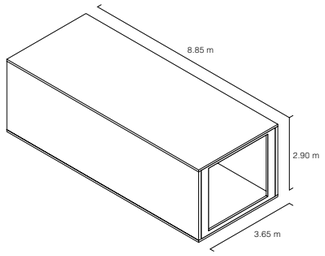


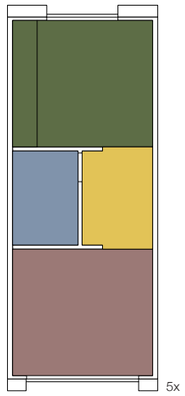
GR 4.OG

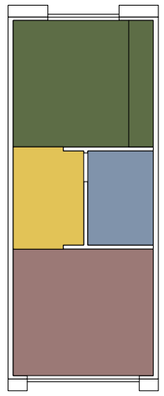
oben: Abbruch-Neubau Schema 5.OG
unten: Abbruch-Neubau Schema 4.OG

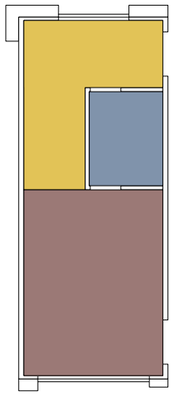


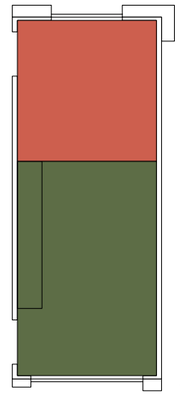
2 10
5
[m]

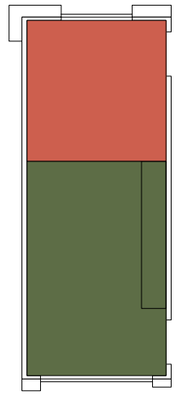


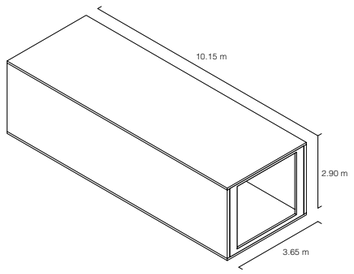

5x

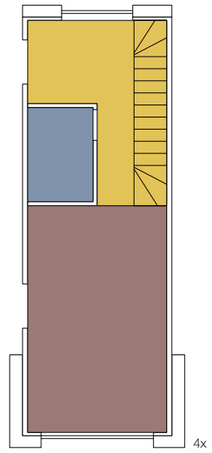

8x

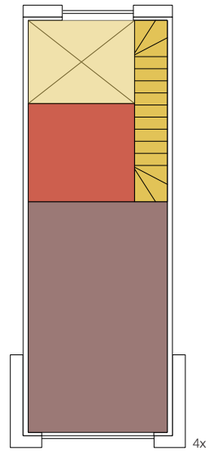

6x

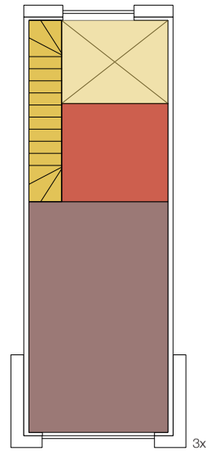

9x

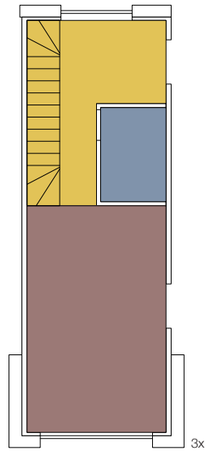

4x

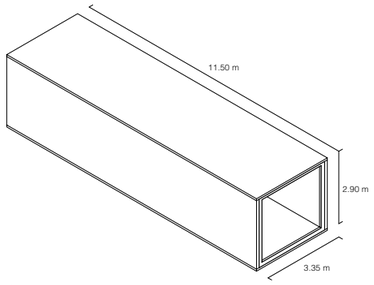


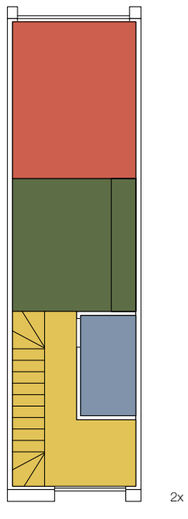

4x

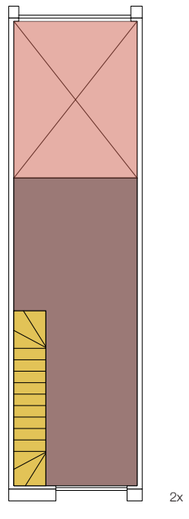

4x

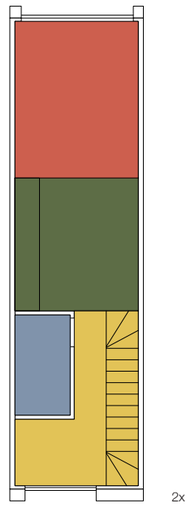

3x

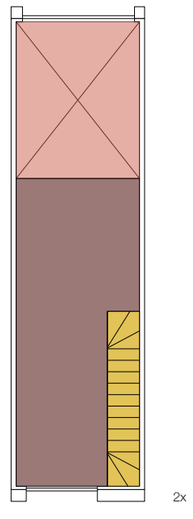

3x




2x

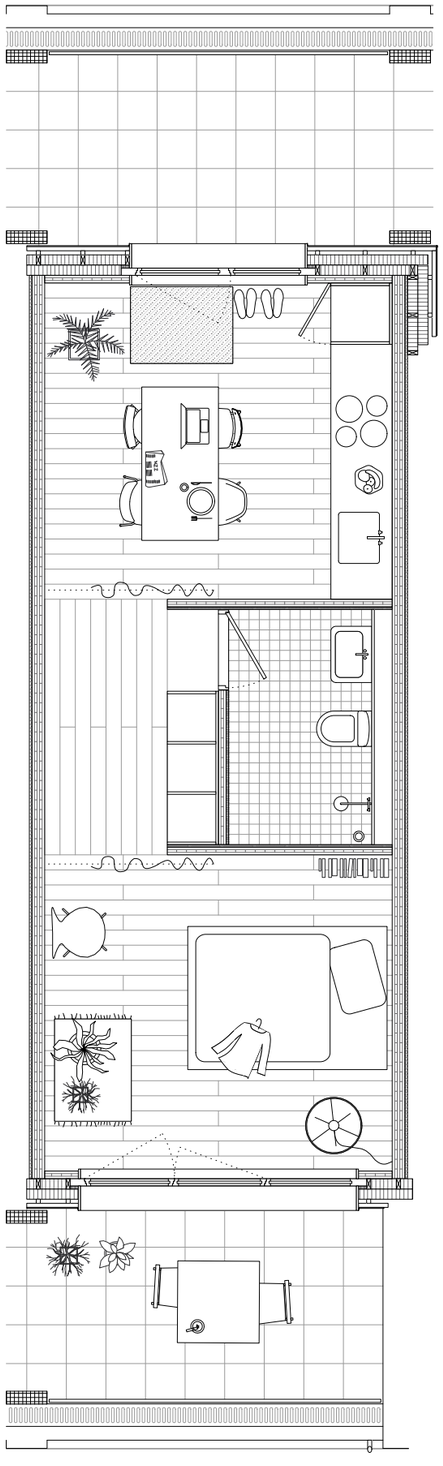

2x


2x

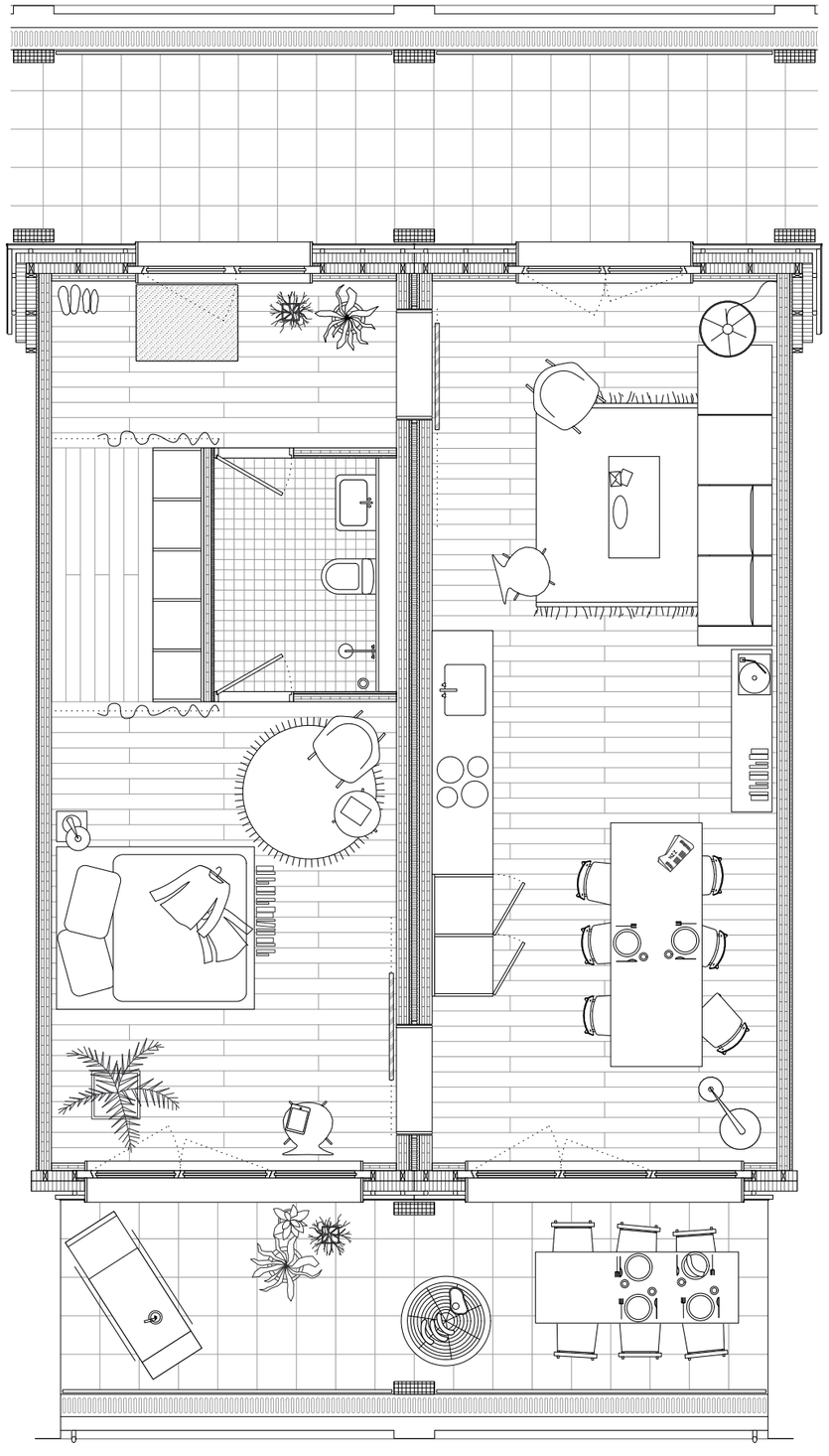

2x

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.



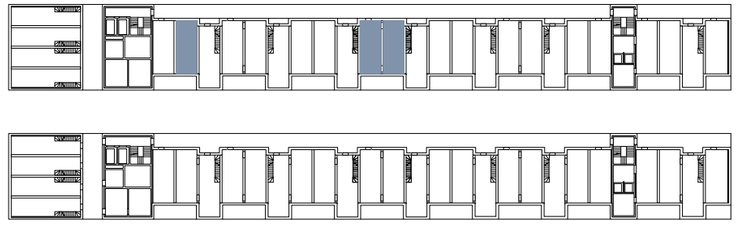
GR 1er

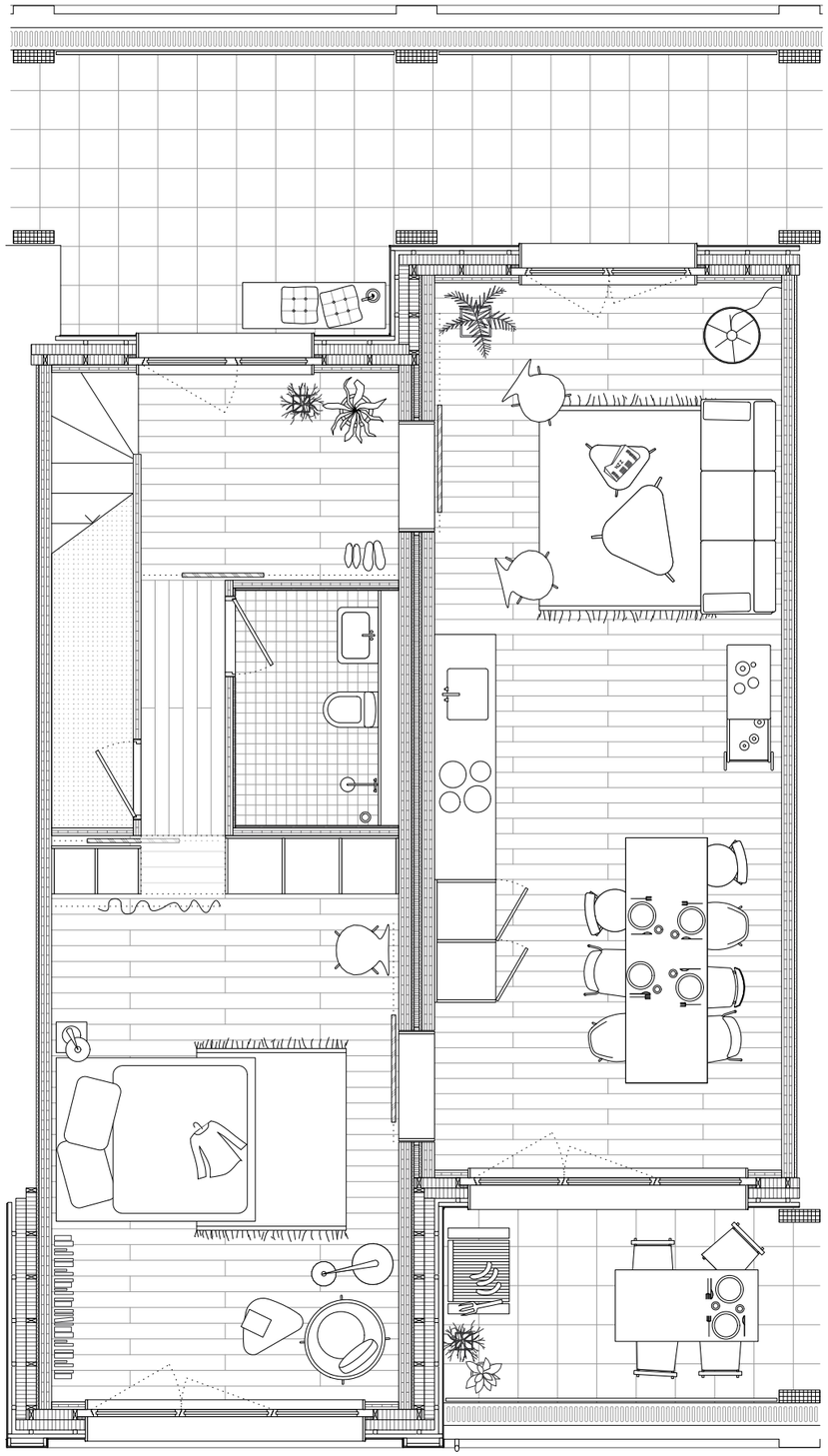


GR 2er

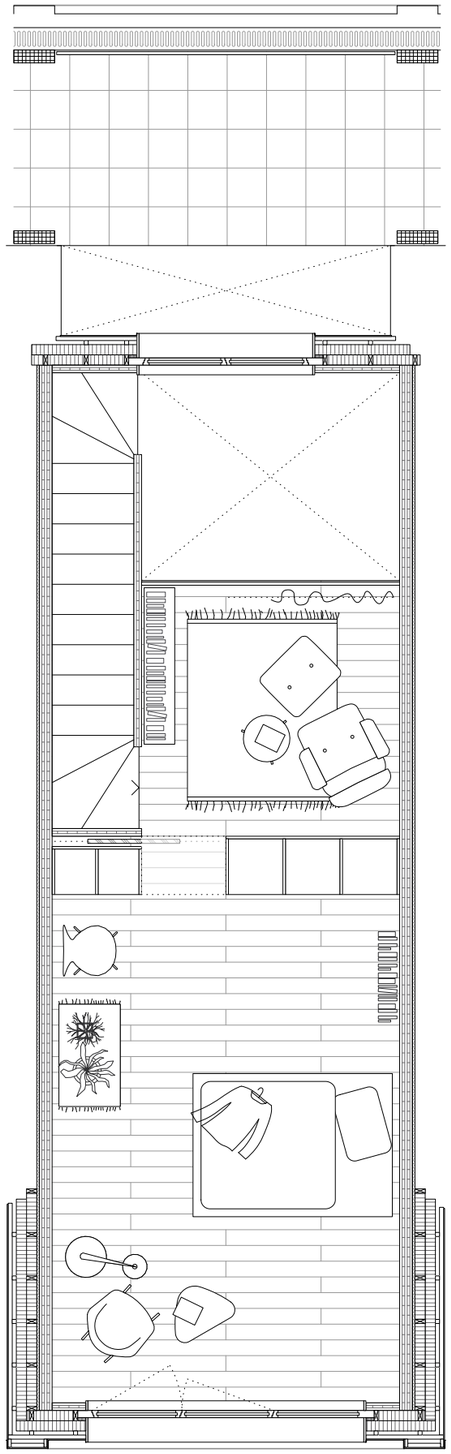
0.5 1 2 [m]

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





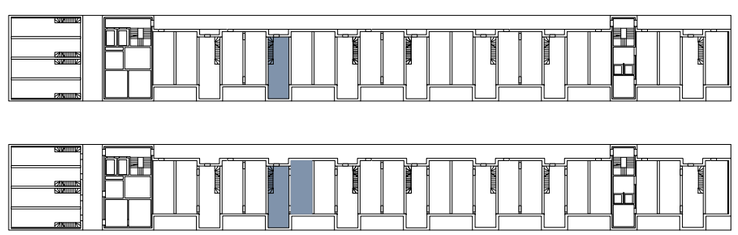
GR 3er 4.OG

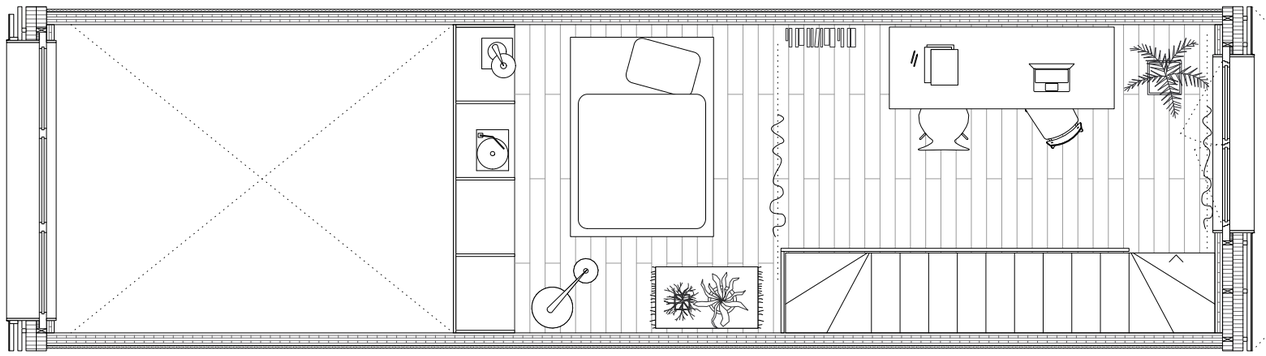


GR 3er 5.OG

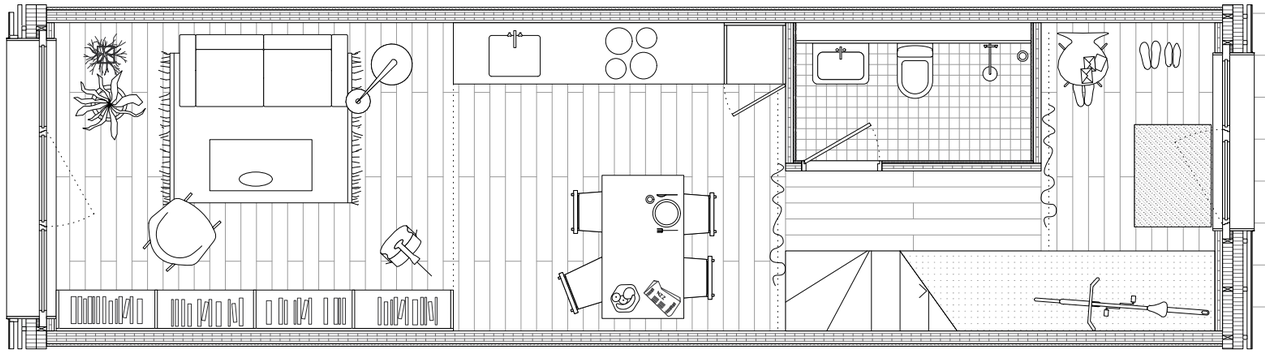
0.5 1 2 [m]

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





GR Maisonette 5. OG



GR Maisonette 4. OG

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



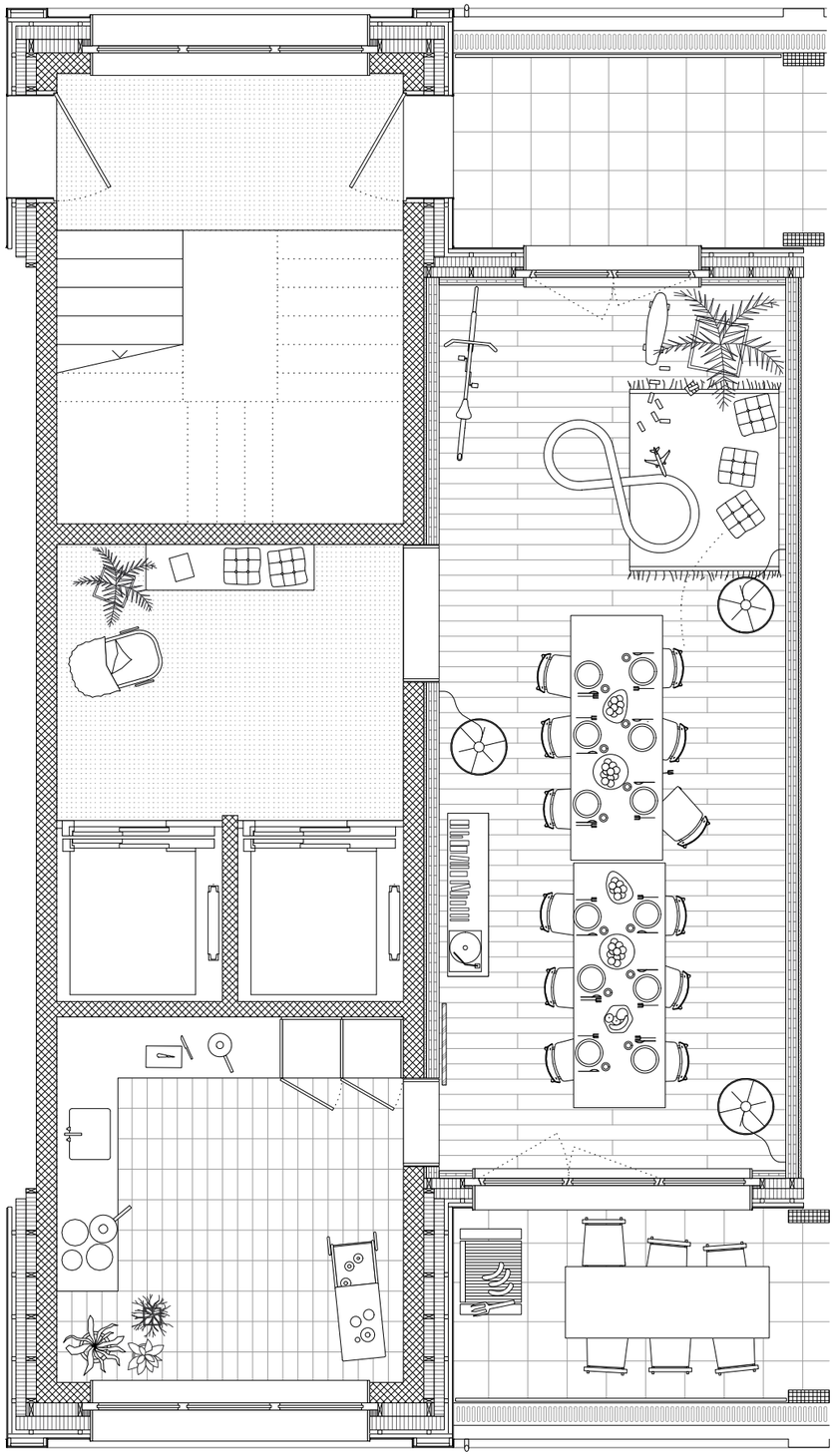
0.5 1 2 [m]



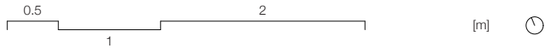
Innenraum Maisonette



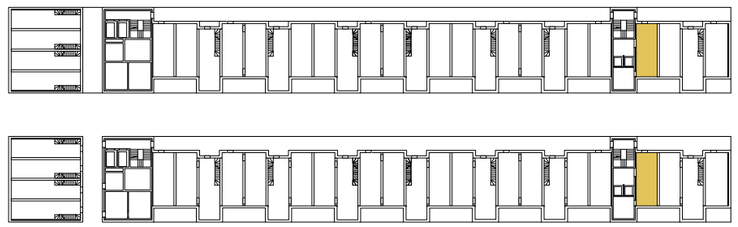
Innenraum Maisonette

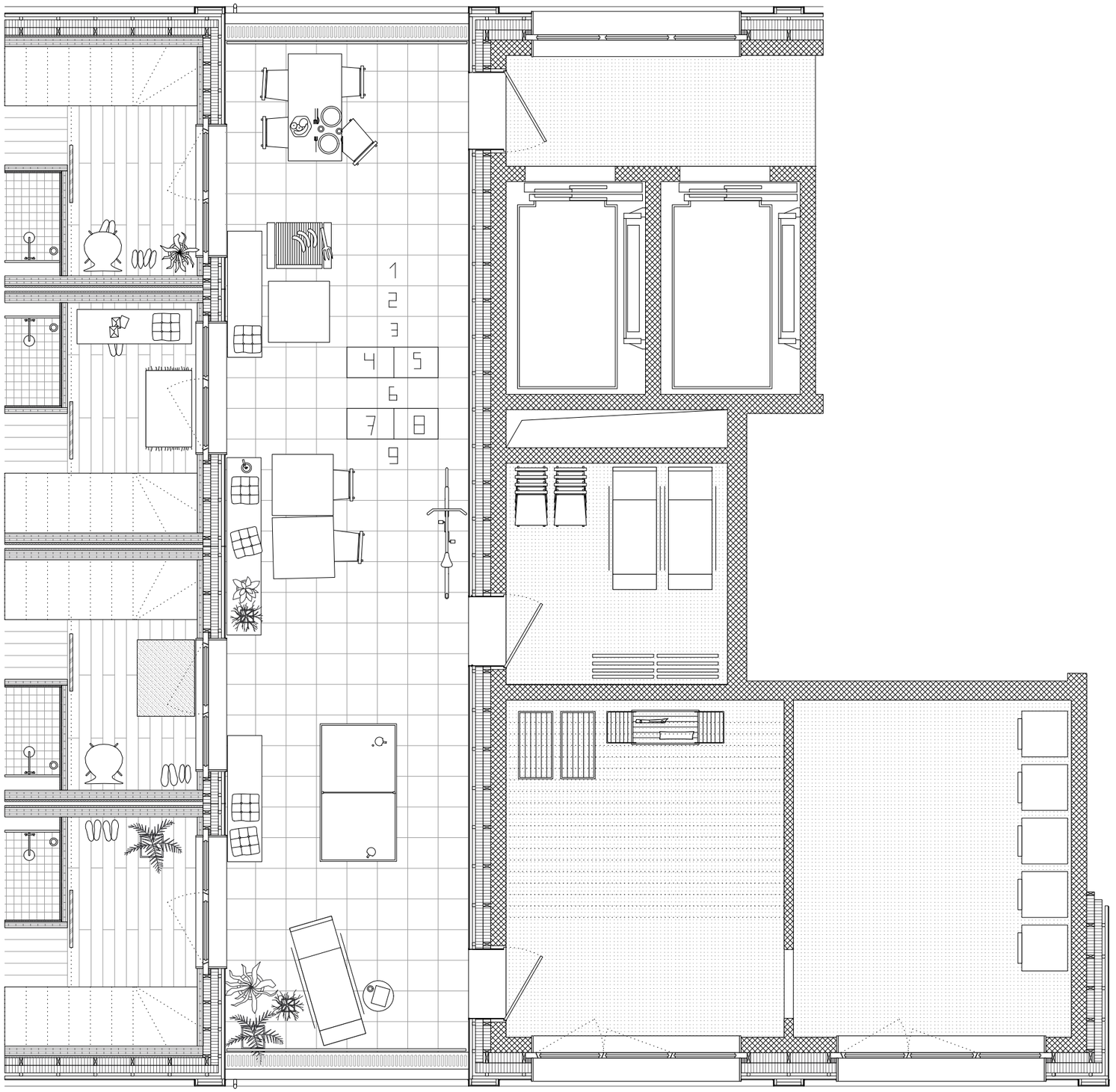


Gemeinschaftsraum



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

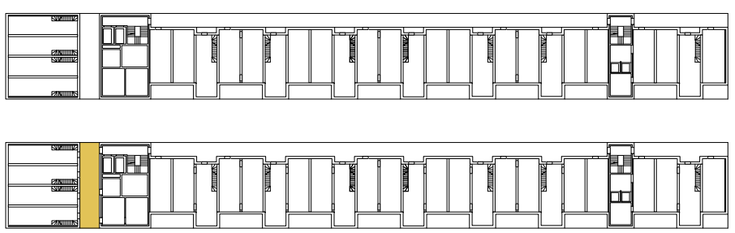




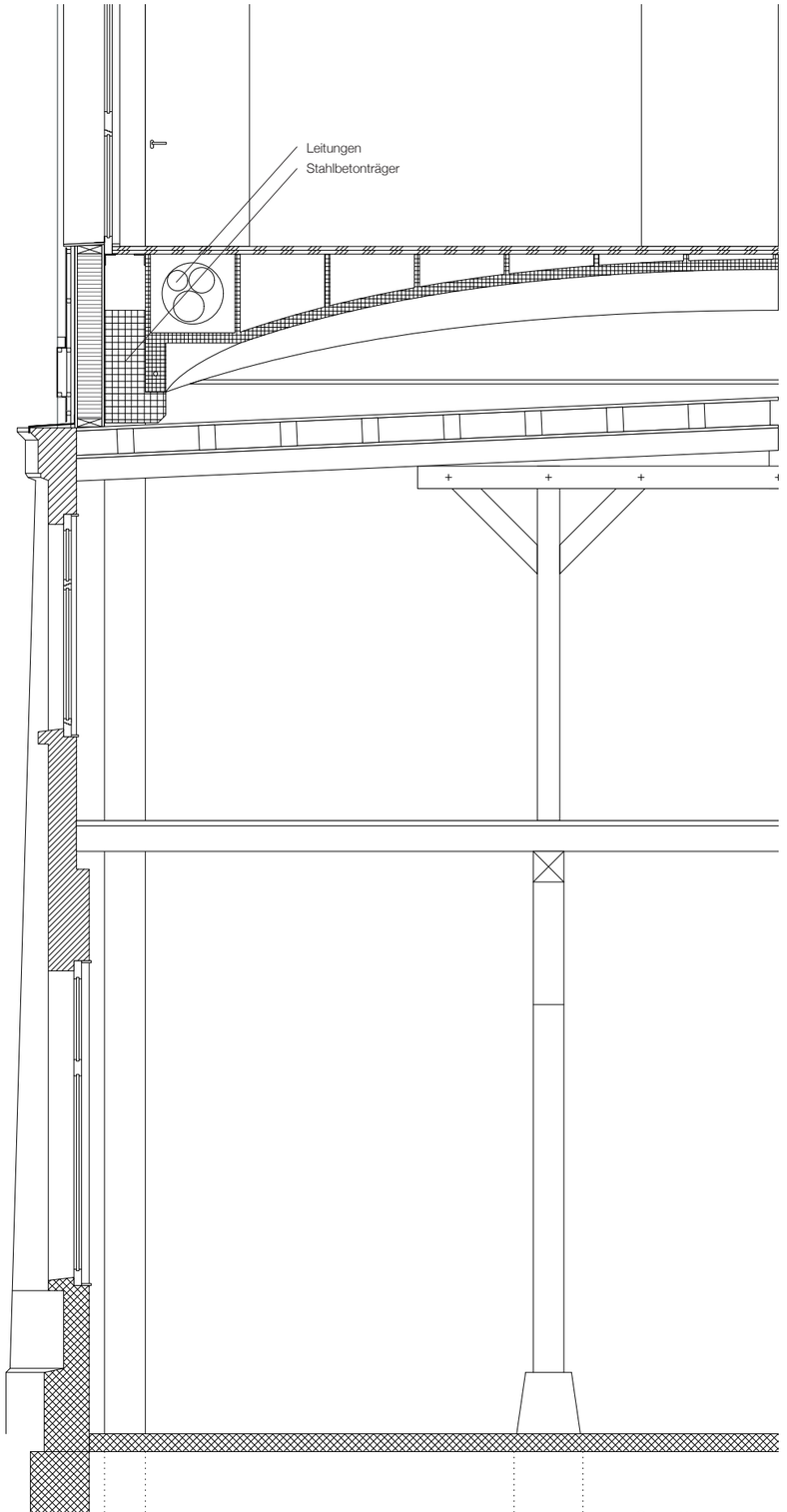
gemeinschaftlicher Aussenraum

0.5 1 2 [m]

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



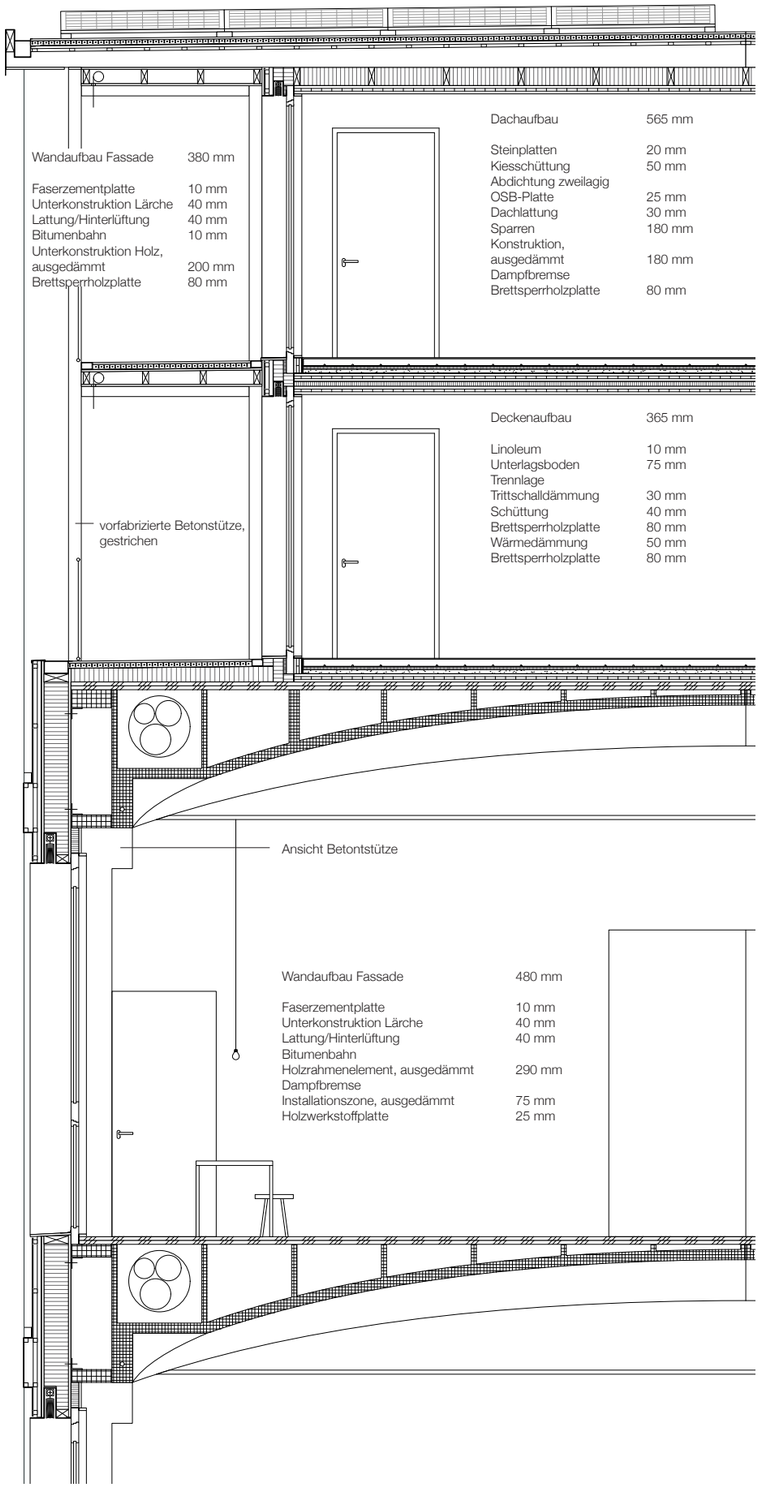




Schnittansicht 1

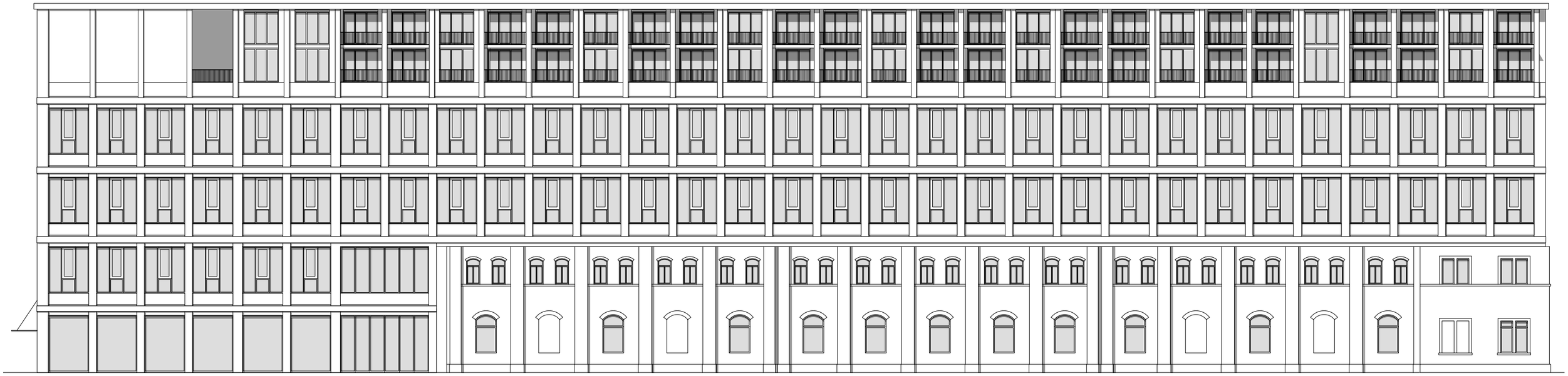
0.5 1 2 [m]





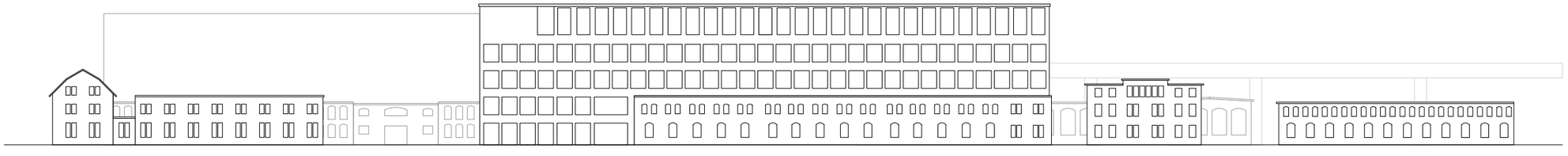
0.5 1 2 [m]

Schnittansicht 2



AN Hohlstrasse

schematische Ansicht Hohlstrasse



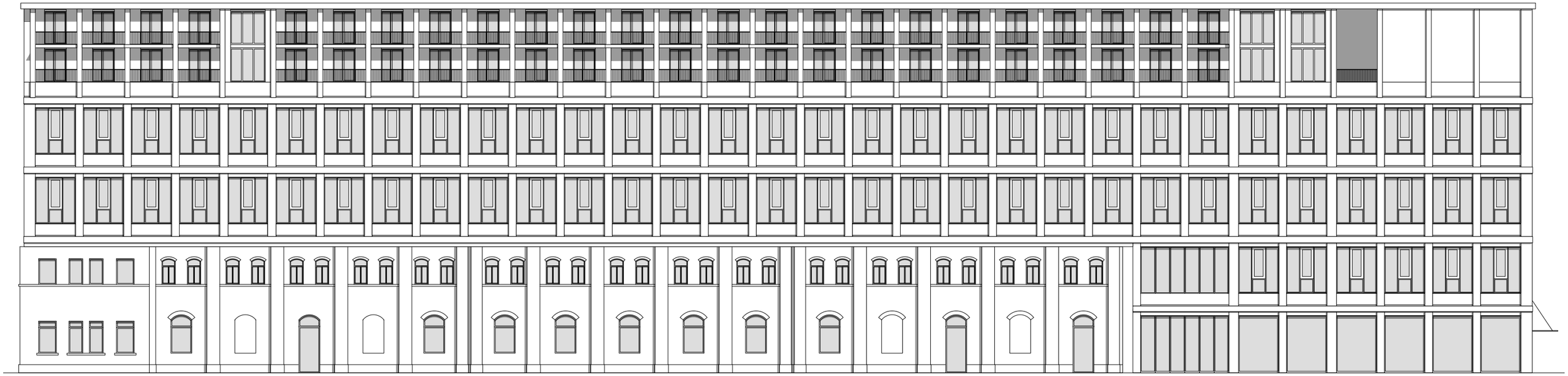
2 5 10 [m]



Ansicht Hohlstrasse



Ansicht Hohlstrasse

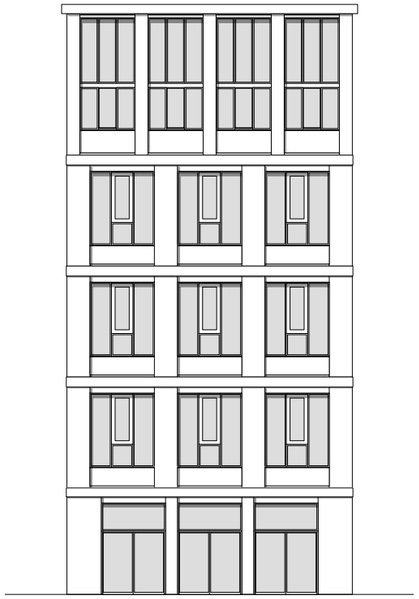


AN Werkhof

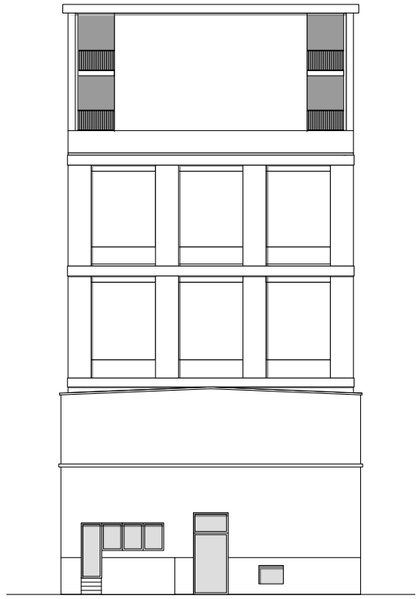
Kleid aus Faserzementplatten

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.

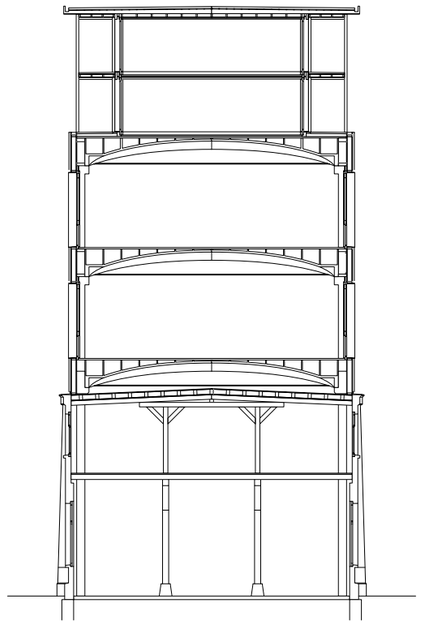
2 5 10 [m]



AN Platz

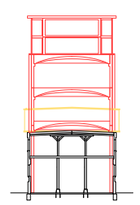


AN Verwaltungsgebäude



Querschnitt

Abbruch-Neubau Schema Querschnitt



2 10

5

[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 achtteiligen 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 700 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 x 29.5 m2 = 1003 m2
1002 m2 x 1.20 kN/m2 = 1200 kN
> Modul 2: 12 x 34 m2 = 408 m2
408 m2 x 1.20 kN/m2 = 489.6 kN
> Modul 3: 8 x 33.3 m2 = 266.4 m2
266.4 m2 x 1.20 kN/m2 = 319.7 kN
> 1200 kN + 489.6 kN + 319.7 kN = 2009 kN
> 2009 kN x 1.35 = 2712 kN

Nutzlasten (Sicherheitsfaktor = 1.50)

A Wohngeschoss = 1275 m2
Nutzlast Wohnen = 1.50 kN/m2
Anz. Wohngeschosse = 2
> 1275 m2 x 1.50 kN/m2 = 1912.5 kN
> 2 x 1912.5 kN = 3825 kN
> 3825 x 1.50 = 5738 kN

Schneelast Dach (Sicherheitsfaktor = 1.50)

q = 0.943 kN/m2
A Dach = 1660 m2
> 1660 m2 x 0.943 kN/m2 = 1565 kN
> 1565 kN x 1.50 = 2348 kN

DIMENSIONIERUNG DER BETONSTÜTZEN

Betonstütze Bestand:

A Halle = 1350 m2
Lastfeld Betonstütze = 96 m2
Last Stahlbetonträger = 192 kN
Ständige Lasten Produktion = 18’105 kN
Nutzlasten Produktion = 20’250 kN
Ständige Lasten Wohnen = 7036 kN
Nutzlasten Wohnen = 5738 kN
Schneelast Dach = 2348 kN
> Lasten tot = 53’669 kN
> 96 m2 / 1350 m2 = 0.0711
> 53’669 kN x 0.0711 = 3815 kN

A req = Nd / fcd
Nd = 3815 kN = 3’815’000 N
fcd (Betonklasse C40/C50) = 24 N/mm2*
Aef = 400 mm x 400 mm 2 = 160’000 mm2
> A req = 3’815’000 N / 24 N/mm2 = 158’958 mm2
> Tragsicherheitsnachweis: Nd < N allow = fcd x Aef
24 N/mm2 x 160’000 mm2 = 3’840’000 N = 3840 kN
> Querschnittsfläche ist ausreichend.

Betonstütze EG (Anbau):

A Halle = 1350 m2
Lastfeld Betonstütze = 48 m2
Ständige Lasten Produktion = 18’968 kN
Nutzlasten Produktion = 21’713 kN
Ständige Lasten Wohnen = 7036 kN
Nutzlasten Wohnen = 5738 kN
Schneelast Dach = 2348 kN
> Lasten tot = 55’803 kN
> 44.3 m2 / 1350 m2 = 0.0355
> 55’803 kN x 0.0355 = 1981 kN

A req = Nd / fcd
Nd = 1981 kN = 1’981’000 N
fcd (Betonklasse C20/C25) = 13.5 N/mm2*
Aef = 400 mm x 400 mm 2 = 160’000 mm2
> A req = 1’981’000 N / 13.5 N/mm2 = 146’740 mm2
> Tragsicherheitsnachweis: Nd < N allow = fcd x Aef
13.3 N/mm2 x 160’000 mm2 = 2’128’000 N = 2128 kN
> Querschnittsfläche ist ausreichend.

Betonstütze Halle 1 (2.OG):

A Halle = 1350 m2
Lastfeld Betonstütze = 48 m2
Ständige Lasten Produktion = 18’105 kN
Nutzlasten Produktion = 20’250 kN
Ständige Lasten Wohnen = 7036 kN
Nutzlasten Wohnen = 5738 kN
Schneelast Dach = 2348 kN
> Lasten tot = 37’316 kN
> 48 m2 / 1350 m2 = 0.0355
> 37’316 kN x 0.0355 = 1325 kN

A req = Nd / fcd
Nd = 1325 kN = 1’325’000 N
fcd (Betonklasse C20/C25) = 13.5 N/mm2*
Aef = 400 mm x 400 mm 2 = 160’000 mm2
> A req = 1’325’000 N / 13.5 N/mm2 = 98’148 mm2
> Tragsicherheitsnachweis: Nd < N allow = fcd x Aef
13.5 N/mm2 x 160’000 mm2 = 2’160’000 N
> Querschnittsfläche ist ausreichend.

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

KNICKLAST DER BETONSTÜTZEN

Betonstütze Bestand:

E-Modul = 35’000 N/mm2*
I (Trägheitsmoment) = (b x h^3) / 12
L (Stützenlänge) = 11.5 m = 11’500 mm
Fk (Knicklast) = (π^2 x E x I) / L^2
> I = (400 x 400^3) / 12 = 21.333 x 10^8 mm4
> Fk = (9.8696 x 35’000 N/mm2 x 21.333 x 10^8 mm4) / 132’250’000 mm2 = 5’572’250 N = 5572 kN

> Nd = 3815 kN
> Nd < Fk = Knicken ist in diesem Fall nicht massgebend.

Betonstütze EG (Anbau):

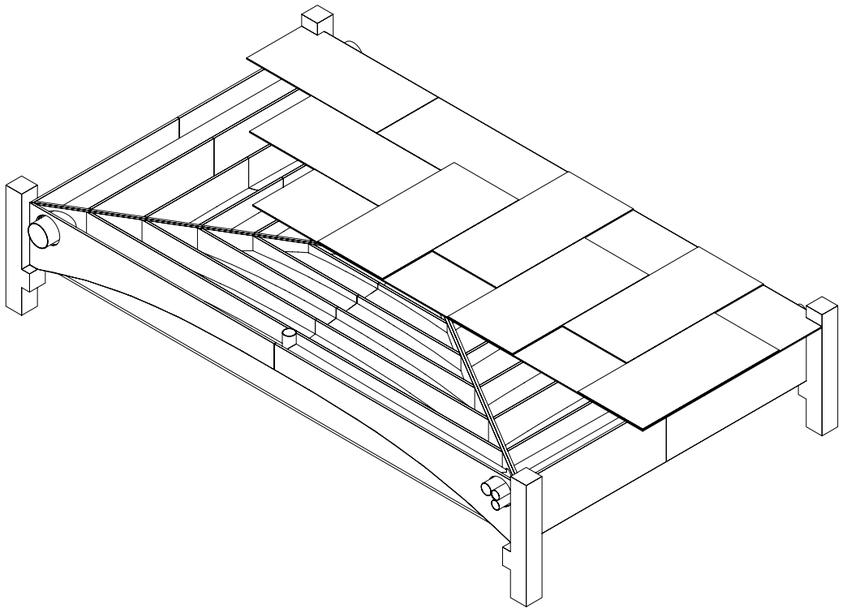
E-Modul = 30’000 N/mm2*
I (Trägheitsmoment) = (b x h^3) / 12
L (Stützenlänge) = 6.145 m = 6145 mm
Fk (Knicklast) = (π^2 x E x I) / L^2
> I = (400 x 400^3) / 12 = 21.333 x 10^8 mm4
> Fk = (9.8696 x 30’000 N/mm2 x 21.333 x 10^8 mm4) / 29’430’625 mm2 = 16’727’681 N = 16’727 kN

> Nd = 1981 kN
> Nd < Fk = Knicken ist in diesem Fall nicht massgebend.

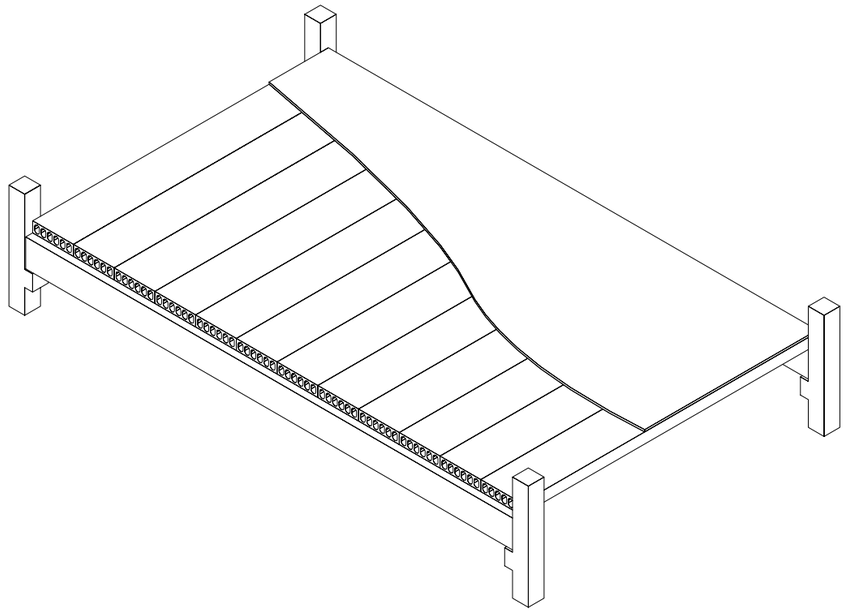
* E-Modul aus Broschüre ‚Betontechnische Daten - Ein Tabellenwerk für Praktiker‘ von Holcim (https://www.holcim.de/sites/germany/files/atoms/files/betontechnische_daten_2019.pdf, abgerufen: 10.01.22).

VERGLEICH BETONSCHALE UND HOLLOW-CORE

Tim Vogel



Achtteilige Betonschale



Hollow-Core auf Unterzügen

System	8-teilige Betonschale mit oberseitigen Rippen	Hollow-Core auf Unterzügen
Bauteil	*Betonschale*	*Unterzug aus Stahlbeton*
Volumen	13.2 m3	2.2 m3
Rohdichte	2400 kg/m3	2500 kg/m3
Gewicht	31‘680 kg	5500 kg
kg CO2e/kg	0.099 kg CO2e/kg	0.172 kg CO2e/kg
kg CO2	3136 kg CO2	946 kg CO2
Bauteil		*Hollow-Core (26.5 cm)*
Fläche		93m2
Gewicht Stahl /m2		5.3 kg/m2
Gewicht Stahl		492.2 kg
kg CO2e/kg Stahl		1.99 kg CO2e/kg
kg CO2 Stahl		980 kg CO2
Volumen Beton /m2		0.16 m3/m2
Volumen Beton		14.88 m3
Rohdichte Beton		2500 kg/m3
Gewicht Beton		37‘200 kg
kg CO2e/kg Beton		0.172 kg CO2e/kg
kg CO2 Beton		6398 kg CO2
Bauteil	*Sperrholz-Platten* (2 x 3cm)	*Ortbeton* (5 cm)
Volumen	5.58 m3	4.65 m3
Rohdichte	500 kg/m3	2300 kg/m3
Gewicht	2790 kg	10‘695 kg
kg CO2e/kg	0.681 kg CO2e/kg	0.136 kg CO2e/kg
kg CO2	1900 kg CO2	1455 kg CO2
Total Gewicht	34‘816 kg	53‘887 kg
Total kg CO2	5036 kg CO2	8800 kg CO2
Gesamthöhe Bodenaufbau	142.5 cm	101.5 cm