Professur für Architektur und Konstruktion

Annette **Gigon** Mike **Guyer**

LEANDRO NAHUEL BARROSO

FS 2023

master thesis

MASTERPLAN
OPEN-CAMPUS ETH HÖNGGERBERG

LEANDRO NAHUEL BARROSO - NICK DÄSCHLER - JOSCHUA BÜCHELER

MASTERARBEIT FS23
ETH ZÜRICH

Prof. Mike Guyer — Assistent Cornel Stäheli
Prof. Dr. Silke Langenberg — Assistent Reto Waser
Prof. Dr. Philippe Block — Assistent Andrea Menardo

Abbildung:
Ansicht entlang der Wolfgang-Pauli-Strasse, Blick vom Projektperimeter Nahuel Barroso Richtung Projektperimeter Nick Däschler

STÄDTEBAU

Der Open Campus Hönggerberg hinterfragt die aktuell von der ETH verfolgte Strategie der Abschottung und „Verstädterung“ des Campus und nutzt die Möglichkeit den Campus als Brücke der Stadtentwicklung und neuen öffentlichen Ort zwischen Affoltern und Höngg zu entwickeln.
Kernstück des Masterplans bildet eine zentrale Achse, welche die heutige Wolfgang-Pauli-Strasse ersetzt. Sie ist dem Fussgänger und Veloverkehr vorbehalten und verbindet als lineares Element die Stadtteile Höngg und Affoltern. Um die städtische Enge auf dem Hönggerberg zu vermeiden, weitet sich die Achse auf und bildet intime Plätze und Nischen aus, welche zu unterschiedlichen Tageszeiten genutzt und bespielt werden können. Diese lebendigen Taschen gehen fliessend in die angrenzenden Grünräume über, welche als zusammenhängendes Grünraumnetz den Käferbergwald und den Hönggerwald verbinden und Steiners ursprüngliche Idee des durchgrünten Campus mit seinen aussenräumlichen Qualitäten auf den gesamten Campus ausweiten. Um die Grünräume ordnet sich eine möglichst poröse Architektur, welche in Ost-West-Richtung Durchlässigkeit für Mensch und Tier ermöglicht.
Auf den zentralen Plätzen bilden Bestand und Neubauten, neue Treff- bzw. Orientierungspunkte für Studenten und Besucher. Zu dem Praktikumsgebäude von Steiner werden zwei weitere Hochpunkte auf dem Campus verteilt. Sie spannen das Feld auf und schaffen Sichtbarkeit des Campus und bieten weitläufige Blickverbindungen
Im Gegensatz zu dem aktuellen Masterplan sieht der Open Campus Schwellenbereiche vor, welche als Übergangszonen zwischen Campus und umliegenden Wohngebieten darstellt. Dieser führt zur Auflösung der Inselllage des Campus. So wird der Campus zu einem 24h-aktiven Ort und kann Synergien mit den umliegenden Quartieren eingehen.
Die Schwellenzone ist dabei vorrangig dem Wohnen- und Arbeiten vorbehalten und soll Akademischen Wohnen, sowie der Startup und Spinoff-Szene zur Verfügung stehen.
In späteren Etappen können diese Schwellenräume in Lehr und Forschungsgebiete umgebaut werden und so der Campus an die Stadt heranrücken und sich ausdehnen.

MOBILITÄT

Auf dem Campus sollen Fuss- und Veloverkehr bevorzugt werden. Bis auf die Buslinien und die aussenliegende Ringstrasse, welche zur Anlieferung der Forschungsgebäude genutzt werden kann, ist motorisierter Verkehr nicht zugelassen. Aufgrund der aktuellen zentralen der Haltstellen und der Fokussierung der Menschen, wird die aktuelle Bushaltestelle ETH-Hönggerberg auf zwei neue Bushaltstellen in Norden und im Süden des Campus ausgeweitet. Gebäude im Inneren des Campus können wie heute, ohne grosse Eingriffe unterirdisch angeliefert werden.

NACHHALTIGKEIT

Die Eingriffe auf dem Campus sollen minimalinvasiv sein und sensibel auf den Bestand eingehen. Leichte Aufbauten und Anbauten aus Holz ergänzen die Beton-Metall-Gebäude und werden als Systembauten ausgeführt. Diese sind einfach umzunutzen und umzubauen. Die Wohnbauten in den Schwellenbereichen werden mit einer Geschosshöhe von 3,5m geplant und mit einem Achsraster von 7,20 als Stützen-Plattenbau ausgeführt. So sind sie zukünftig als flexible Büro oder Labore nutzbar.

DENKMALPFLEGE

Um dem geschützten Erbe gerecht zu werden, geht der Masterplan sensibel auf das Gefüge aus Gebäuden und Grünraum ein. Die neu ergänzten Teile folgen, wie Steiners Anlage, der Logik des modular aufgebauten deutschen Campus. Steiners zentrale Sonderbauten wie das HPZ, das HPH und das HPP sind von Zeilen umgeben und gefasst. Der zentral gelegene Steinergarten umschliesst und verbindet gleichzeitig die gesamte Anlage. Fußgängerverbindungen sind durch kollonadenartige Wandelgänge auffällig und bewusst ausgeführt.
Die neuen Ergänzungsbauten orientieren sich an dem von Steiner gewählten Zeilentypus und lassen die bestehenden Grünräume in die Landschaft weiterfliessen. Die gut proportionierten Steinerbauten bleiben in ihrer Höhe bestehen und vermeiden eine Scheibenwirkung. Die von Steiner bereits aufgenommen Themen, wie die ausdifferenzierte Dachlandschaft, die Ausdrucksformenden Elemente der Funktion und der Konstruktion, sowie die ineinandergreifenden Gebäude in die Landschaft werden im neunen Bebauungsplan wieder aufgenommen und gliedern sich so in die Anlage ein. Es wird ein ganzheitlicher Campus mit einem starken, alles zusammenfassenden Grünraum entwickelt, welcher den Studenten als spontaner Treff- und Kommunikationsraum dient.

STEINER-ZEILE INTERDISZIPLINÄR

MASTERARBEIT FS23
ETH ZÜRICH
LEANDRO NAHUEL BARROSO

Prof. Mike Guyer — Assistent Cornel Stäheli
Prof. Dr. Silke Langenberg — Assistent Reto Waser
Prof. Dr. Philippe Block — Assistent Andrea Menardo

FORSCHUNGSSSTANDORT HÖNGGERBERG

Forschung findet am Hönggerberg bislang weitgehend hinter verschlossenen Türen statt. Die Allgemeinheit und der normale Besucher bekommt davon nicht viel mit. Sie geniesst Weltruf und verdient es, dass ihr mehr Aufmerksamkeit zukommt. Die Entwicklung innerhalb der Forschung geht zunehmend Richtung interdisziplinärem Arbeiten, es besteht daher ein Bedarf nach Forschungsgebäuden, die diese Interdisziplinarität erlauben. Oft wird Laborinfrastruktur auch unterirdisch gebaut. Aktuell entsteht mit dem HPQ eine riesige unterirdische Forschungsanlage. Das Gebäude hat ein viel grösseres unterirdisches als oberirdisches Volumen. Dies ist jedoch keine neue Tendenz, schon in den Anfangszeiten der Campusentwicklung unter A. H. Steiner entstanden grosse unterirdische Anlagen, eine davon ist das HPF-Gebäude.

VERDICHTUNG

Aufgrund der Ressourcenknappheit und dem beschränkten Raum kann der Campus der ETH nicht mehr nur nach aussen erweitert werden, sondern muss sich auch nach innen verdichten. Der in der ersten Phase des Diploms erarbeitete Masterplan hinterfragt die strikte Begrenzung auf den inneren Ring, die der Masterplan 2040 vorschlägt. Letzterer negiert die Qualität des Bestandes und knüpft nicht an bestehende Ideen an. Im Gegensatz dazu versucht der diesem Projekt zugrunde liegende Masterplan gewisse Aspekte des Bestandes zu bewahren. Denkmalschutz soll aber im Rahmen eines Gesamtplanes für eine mögliche Entwicklung, nicht auf der Ebene des einzelnen Gebäudes bewahrend sein: was die zukünftige Entwicklung des Campus stört, darf auch entfernt werden. So wird beispielsweise die wertvolle Maschinenhalle des HPT mit ihrer Glasbausteinfassade bewahrt, da sie dank ihrer Lage zu einem neuen zentralen Ort im Campus und zu einem Relikt der vergangenen Entwicklungen werden kann. Die Werkhallen des HPF hingegen werden abgerissen und im Rahmen dieses Projektes durch einen neuen Laborbau ersetzt, der die Entwicklung der Forschung fördert.

PROJEKTPERIMETER

Der Eingriff konzentriert sich auf den nördlichen Teil des Campus, wo die bestehenden Laborzeilen von Steiner auf die neue Achse, die in Zukunft an Gewicht gewinnen wird, treffen. Er fokussiert auf das HPF-Gebäude, das aktuell eine Laborzeile und eine vorgelagerte, eingeschossige Forschungshalle umfasst.
Das entwickelte Projekt impliziert einen Ersatzneubau für die Forschungshalle und eine Erweiterung und Aufstockung des Laborgebäudes und deckt damit verschiedene Themen ab, die in Zukunft für die Bausubstanz des Campus der ETH relevant sein werden.

PROJEKT

Mit dem Ersatzneubau für die Forschungshalle wird Raum für interdisziplinäres Forschen geschaffen. Das bestehende Laborgebäude hingegen, das aktuell der disziplinären Forschung dient, soll diese Funktion bewahren, aber ergänzt werden durch heute noch fehlende Räume, um den Bedürfnissen aktueller Forschung optimal zu entsprechen.
Da die Struktur des bestehenden Laborgebäudes optimiert ist für die Unterbringung einzelner Standardlabors, erweist sie sich als sperrig für die Schaffung grösserer Räume wie Seminarräume, Räume für Austausch, Kommunikation. Diese werden im vorliegenden Projekt deshalb in einer Erweiterung in Form eines Kopfbaus untergebracht.

Der Laborneubau an der Strasse beheimatet die neuere, interdisziplinäre Forschungsform, das erweiterte Laborgebäude die traditionelle disziplinäre: es stehen sich mit den beiden Gebäuden gleichzeitig zwei Forschungsformen gegenüber.
Der Bestand hat zwar eine optimale Struktur für die Anforderungen und Bedürfnisse der disziplinären Forschungsarbeit, die Orientierung darin ist allerdings erschwert, es bleibt beim Betreten unklar, in in welche Bereiche und Räume der Zutritt erlaubt, wo er verboten ist. Durch die Erweiterung und das neue Kopfgebäude soll diese Orientierung verbessert, die Abgrenzung der Räume mit restringiertem Zutritt klarer werden.
Im Neubau soll eine übersichtlichere Situation geschaffen werden. Alle Erschliessungen führen zunächst in Foyerzonen, die offen zugänglich sind. Um diese herum gruppieren sich auch die dienenden Räume wie Nasszellen oder Büros, die nicht als Teil der Labore genutzt werden. Von diesen Foyerzonen klar abgegrenzt befinden sich die Laborzonen, die nur zugangsberechtigten Personen offen stehen.

DACHLANDSCHAFT

Die Steinerbauten erzeugen eine spannende Dachlandschaft mit Versprüngen, überhöhten Kernen, etc. Diese ist aber nicht begehbar. Im neuen Laborgebäude sollen diese Themen aufgegriffen werden, jedoch durch jenes der öffentlichen Dachebene ergänzt werden. Im Obersten Geschoss fasst eine PV-Pergola die Technikaufbauten zusammen und entwickelt sich zu beiden Köpfen hin zu einer begrünten Pergola. So entsteht Grünraum zum Verweilen als Teil des Gebäudes.

HPT, HPF, HPM, HPK — Bauten für die Forschung

Architekt
Albert Heinrich Steiner

Landschaftsarchitekt
Willi Neukom

Abb.1: Bauzeitliche Aufnahme des HPF Gebäudes

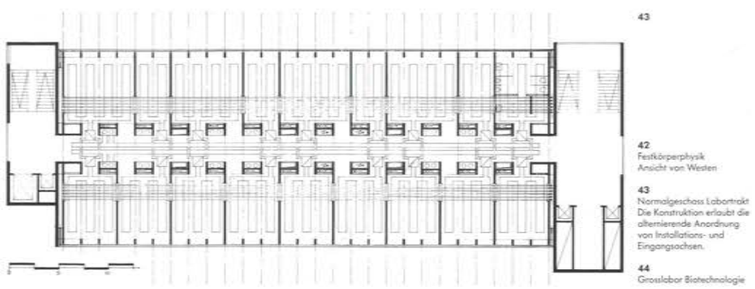


Abb.2: Normalgeschoss eines Labortraktes (HPT Gebäude)

Laborzeilen als Zweispänner:

Treppenhäuser, Lifte und Medienschächte bilden markante Sichtbetonkuben

Die regelmässig gerasterten Fassaden sind zwischen den vertikalen Sichtbetonkuben „eingespannt“.

Zwischen Erschliessungsschicht und Laboren alternieren Installations- und Eingangsachsen.

Die Anlage auf dem Hönggerberg ermöglicht die räumliche Zusammenfassung von Forschung und Lehre in Physik und Molekularbiologie. Die Forschungsinstitute sind halbkreisförmig um den Unterrichtskomplex angeordnet; ihre Orientierung um 24° abweichend von der Nord-Süd-Richtung ist optimal.

Die Laborbauten sind weitgehend nach den selben Grundmassen und Konstruktionsprinzipien aufgebaut; die Einrichtungen sind normiert.

Gestaltung und Gliederung

Die Laborbauten kontrastieren mit den Spezialbauten (Zentralgebäude und Hörsaalgebäude) die rational organisiert sind und sich als Ensemble von linearen Bauten in die Landschaft eingliedern, anstatt durch ihre spezielle Gestaltung wichtige Situationen zu markieren.

[...] Mit ihr kontrastieren die Laborbauten, die, bei aller kubischer Geformtheit und bei aller Bemessung der Volumen, erkennbar sind als funktionale Bauten, in denen gearbeitet wird, und die deshalb ihre arbeitstechnisch begründete Regelmässigkeit markieren. Zum einen durch das Achsmass, zum anderen durch die Wiederholung der Treppenhäuser, der Lüftungs- und der Aufzugsschächte, die alle als Fixpunkte, in Sichtbeton ausgeführt, den industriell-technischen Charakter signalisieren. Die Fassaden aus vorfabrizierten Leichtmetallelementen gliedern sich im Wechselmass mit diesen Kuben aus Sichtbeton, und immer wird hinter dieser Gliederung auch die jeweilig geforderte Funktion des Innern abrufbar. Die so bewirkte Regelmässigkeit im Ablauf des architektonischen Geschehens bei allen Bauten ergibt eine Einheitlichkeit, bei der es jedoch, wie man vorschnell vermuten könnte, die Kehrseite des Starren nicht gibt. Die Regelmässigkeit wird, weil die Funktion von Forschung und Arbeit jeweils nach aussen hin die Gliederung des Baus bedingt, nicht zum Stereotyp, und die ausgewogene Massstäblichkeit von Kraft und Feingliedrigkeit schafft Bewegung.

HPT, HPF — Forschungsinstitute für Physik

Die Laborbauten Hochenergiephysik, Festkörperphysik, Angewandte Physik und Biotechnologie sind baulich und installationstechnisch nach den selben Grundprinzipien wie das Molekularbiologiegebäude durchgebildet, im einzelnen jedoch den spezifischen Bedürfnissen der unterschiedlichen Forschungsgebiete angepasst. Die Grosslabors und Werkstätten sind in eingeschossigen Trakten den Laborgebäuden vorgelagert. Die erschütterungsfreien Labors für die Festkörperphysik und die Halle mit dem Tandem-Van-de-Graaff-Beschleuniger der Hochenergiephysik sind vollständig unter Terrain angeordnet.

Quelle: Hochschulbauten ETH-Hönggerberg

HPF

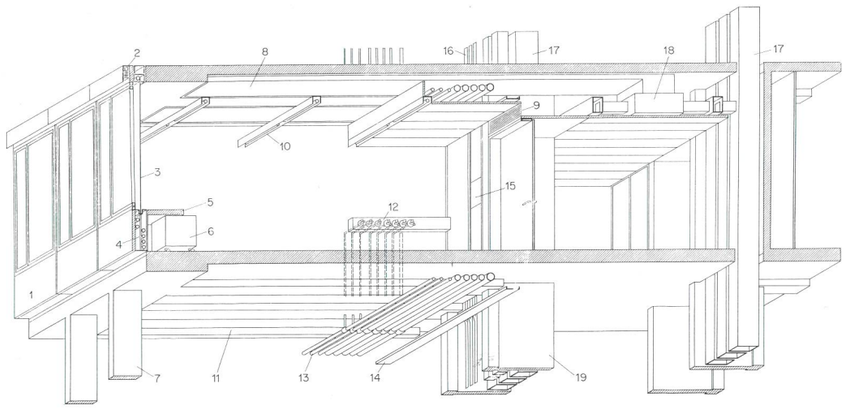


Abb.3: Schnittaxonometrie Konstruktion und Installationen

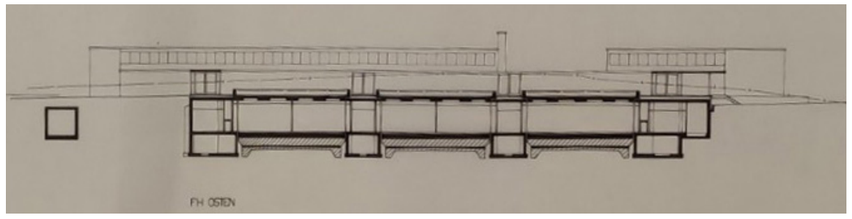


Abb.4: Längssschnitt unterirdische Physiklabore (A. H. Steiner)

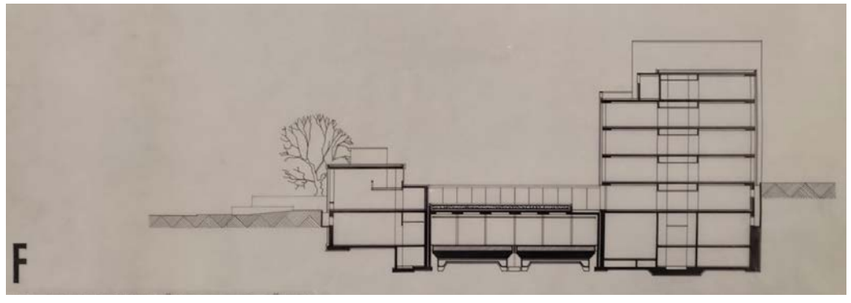


Abb.5: Querschnitt unterirdische Physiklabore

DER BESTAND — DIE LABORZEILEN A.H. STEINERS

Organisation des Bestandes

Der HPF Gebäudekomplex besteht aus drei Teilen (zwei oberirdischen und einem unterirdischen). In der Laborzeile am Steinergarten steht ein fünfgeschossiger Büro-und Labortrakt, der sich im Niveausprung zwischen Steinergarten und Wolfgang-Pauli-Strasse befindet.

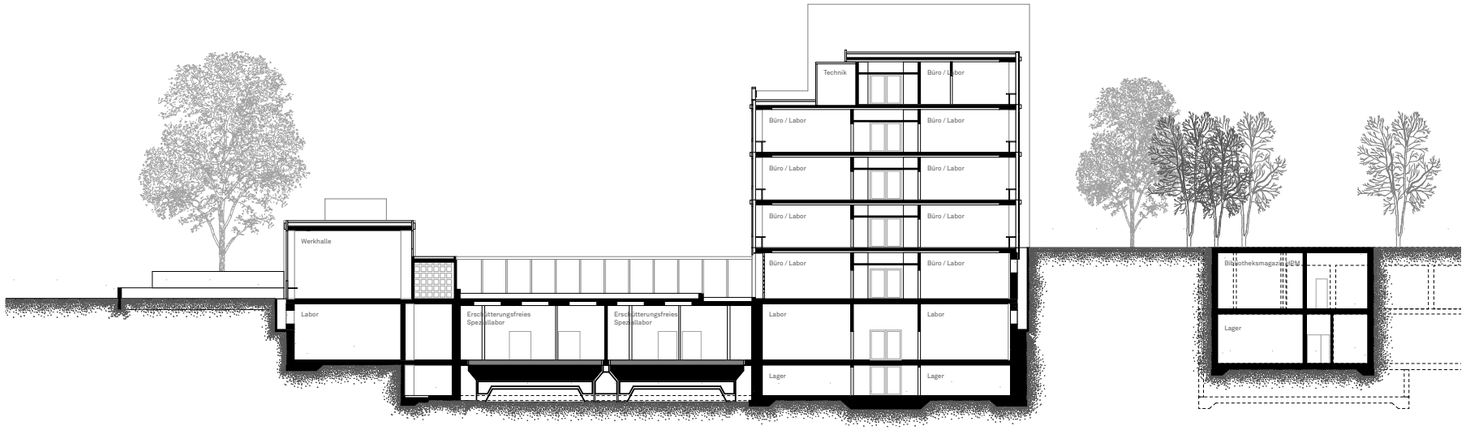
Zur Strasse hin stehen niedrige Forschungshallen, die mittels gedeckter Gänge mit dem Labortrakt verbunden sind. Dazwischen befindet sich ein ruhiger begrünter, komplett umschlossener Innenhof. Unter dem Hof befinden sich auf zwei Geschossen grosse Physiklabore für Laser-Versuche.

Heute werden die Forschungshallen an der Strasse für die Ausbildung der Polymechaniker-Lehrlinge der ETH verwendet.

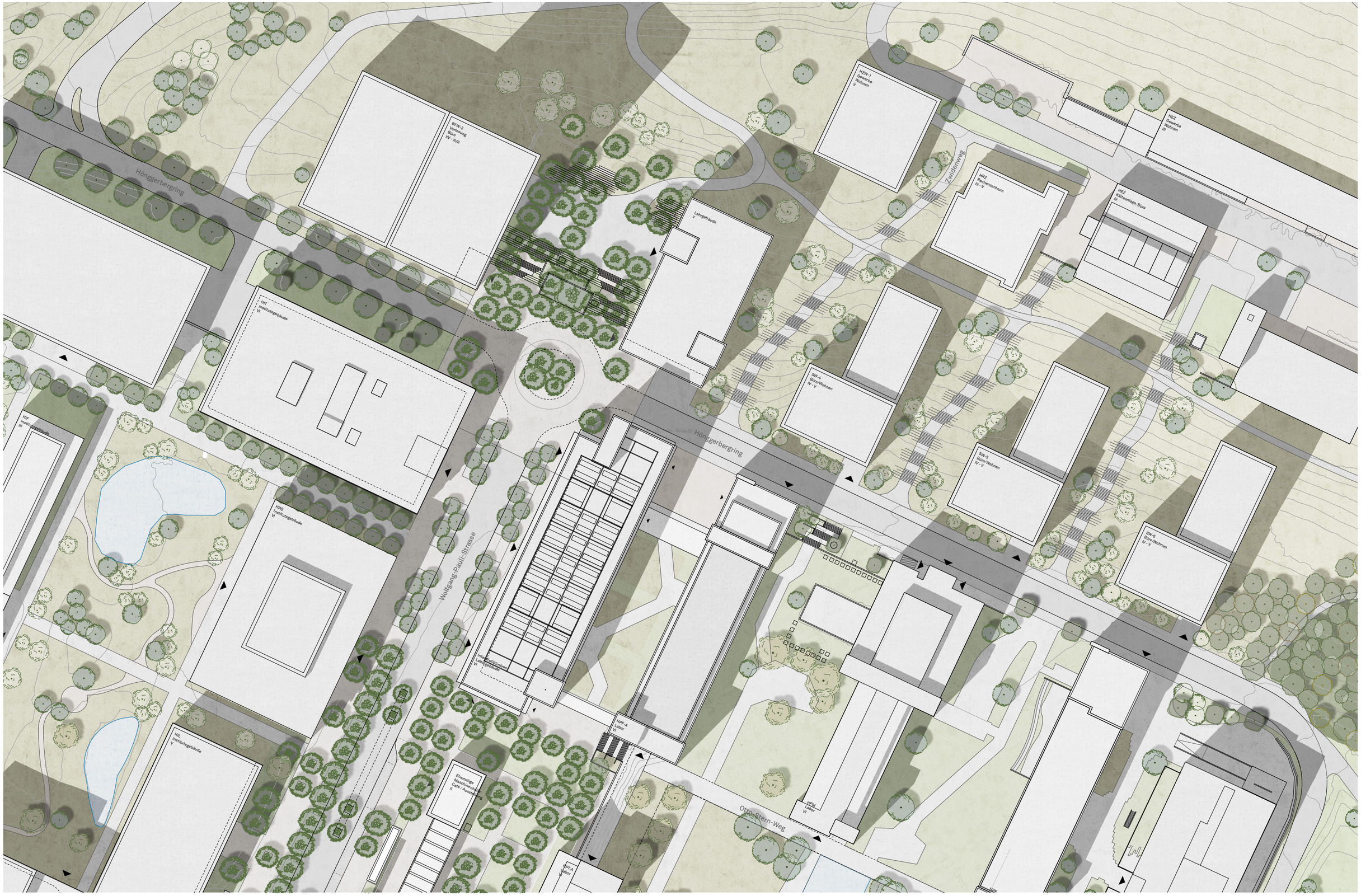
Laborinstallationen

- Die Langgestreckte Form ermöglicht übersichtliche, geradlinige Führung der Leitungsstränge.
- Führung der Leitungen in der abgehängten Decke des darunterliegenden Geschosses.
- Anschluss von „Sanitärblöcken“ an die Leitungsstränge ist in jedem Raum möglich. (Zentrale Anschlussstelle für Laboreinrichtungen)
- Installationskanäle sind so angelegt, dass jeder Raum mit jedem anderen über Leitungen verbunden werden kann (Versuchsaufbauten über mehrere Räume möglich).
- Normierte Ankerschienen zur Befesgtigung von Apparaturen und Leitungen an Wänden und Decken.
- Zentrale Kreisläufer für: Kühlwasser, Pressluft, Erdgas
- Helium-Rückleitungssystem, um verdampftes Gas rückgewinnen zu können.

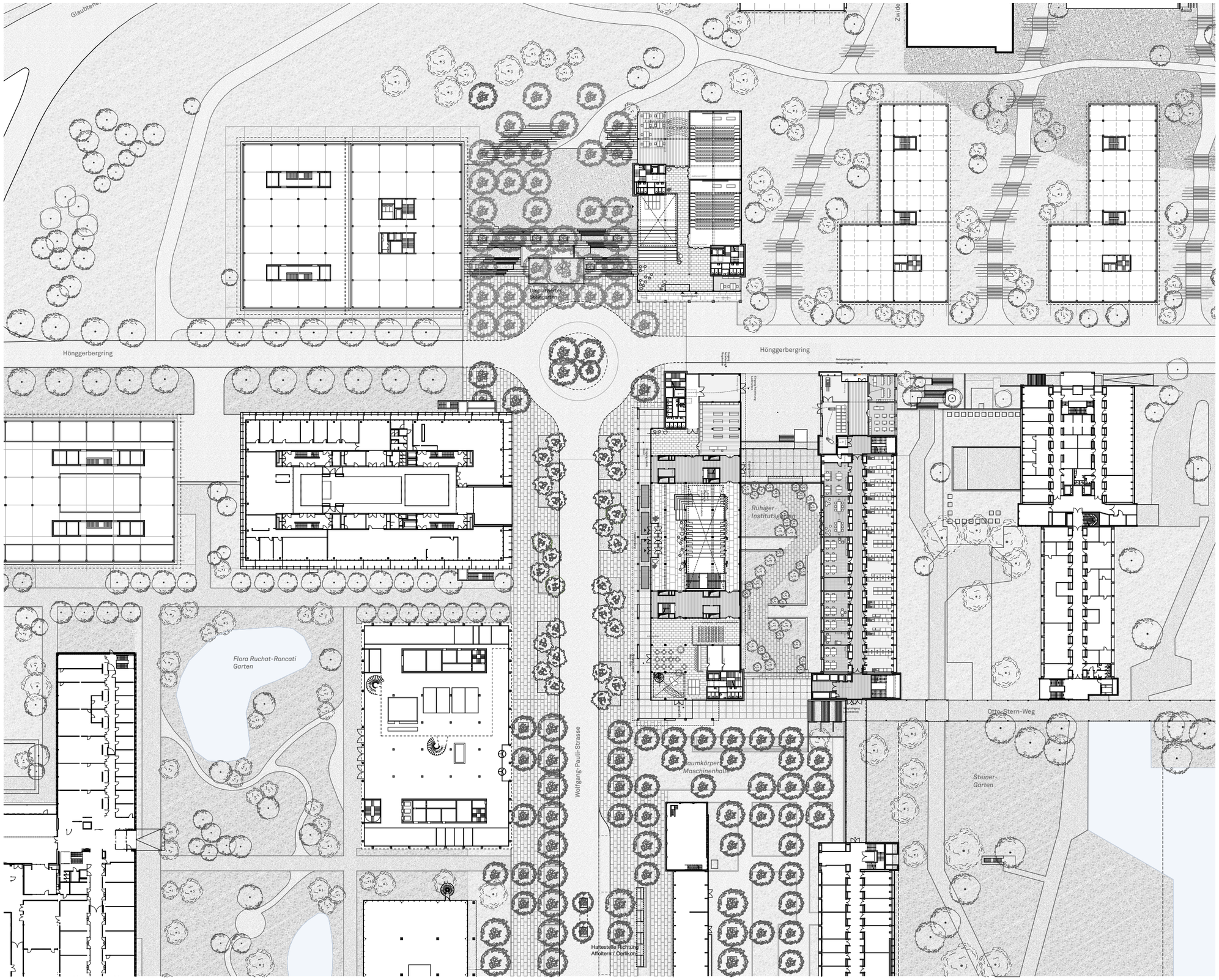
Quelle: Hochschulbauten ETH-Hönggerberg



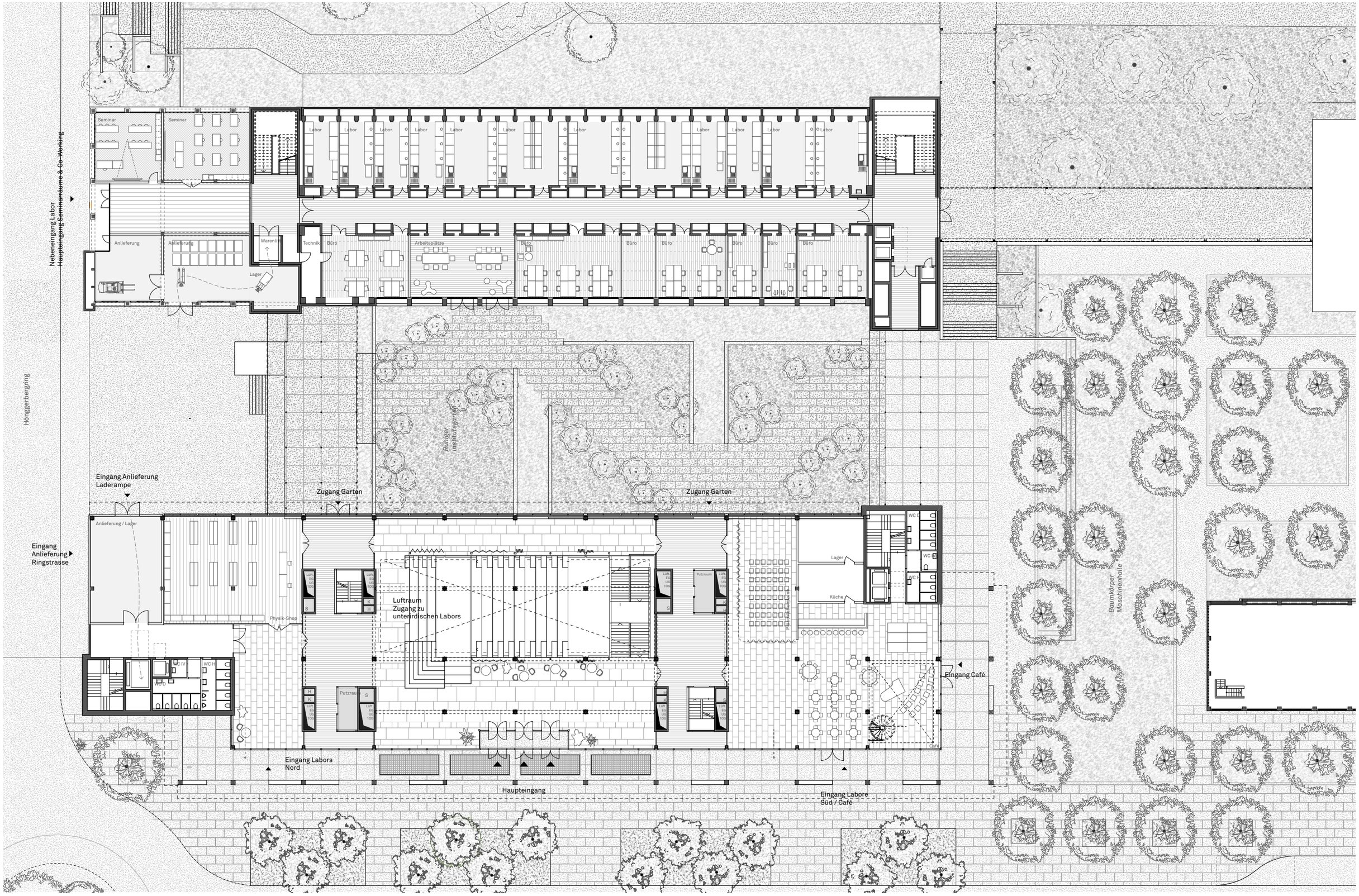
Schnitt Bestand HPF



SITUATIONSPLAN



ERDGESCHOSSGRUNDRISSPLAN MIT UMGEBUNG



ERDGESCHOSSGRUNDRISSPLAN MIT UMGEBUNG

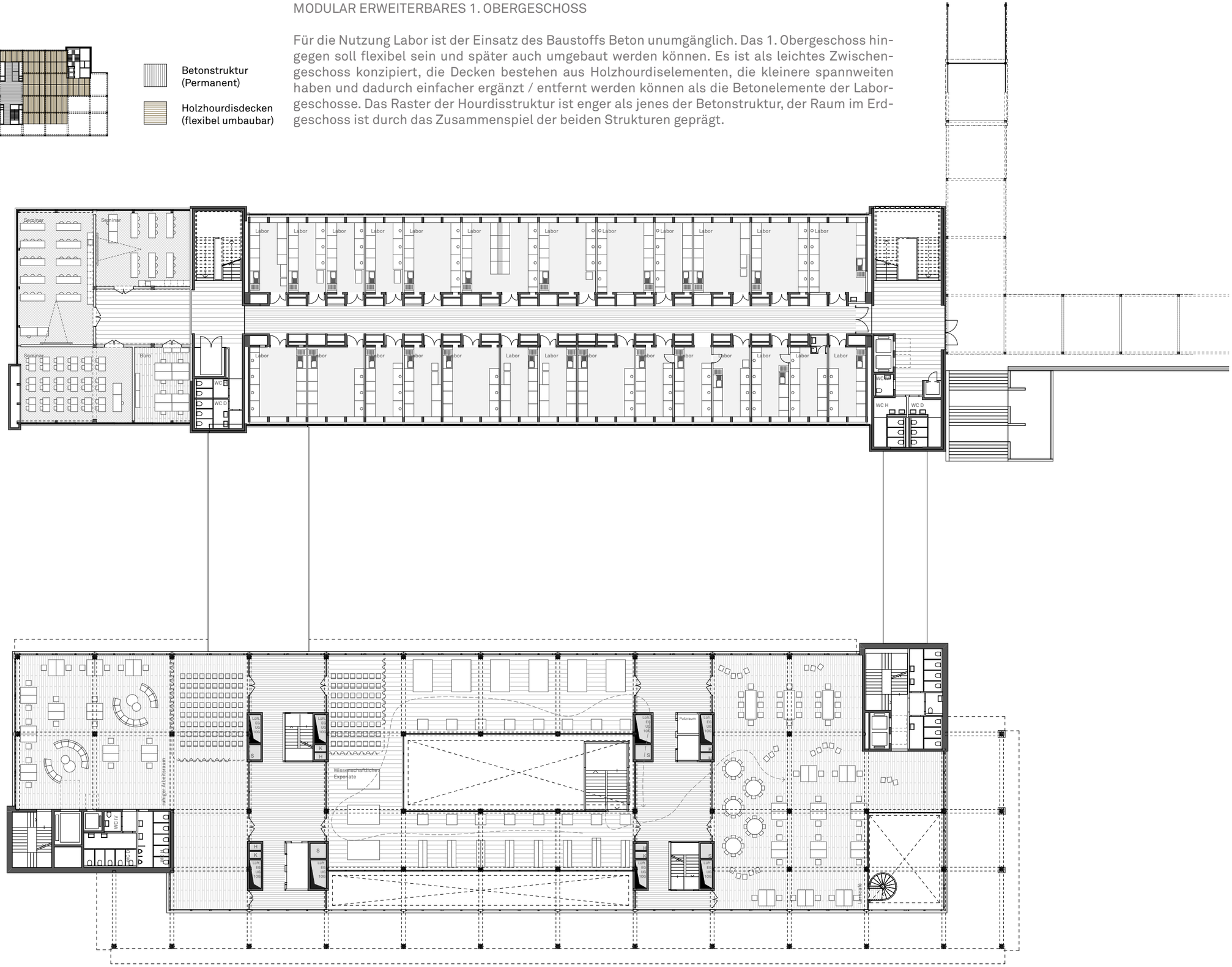
5 10 20

Betonstruktur
(Permanent)

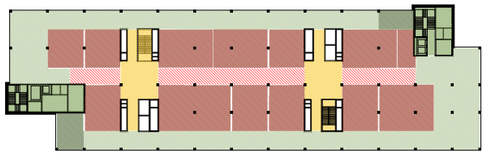
Holzhourdisdecken
(flexibel umbaubar)

MODULAR ERWEITERBARES 1. OBERGESCHOSS

Für die Nutzung Labor ist der Einsatz des Baustoffs Beton unumgänglich. Das 1. Obergeschoss hingegen soll flexibel sein und später auch umgebaut werden können. Es ist als leichtes Zwischengeschoss konzipiert, die Decken bestehen aus Holzhourdiselementen, die kleinere spannweiten haben und dadurch einfacher ergänzt / entfernt werden können als die Betonelemente der Laborgeschosse. Das Raster der Hourdisstruktur ist enger als jenes der Betonstruktur, der Raum im Erdgeschoss ist durch das Zusammenspiel der beiden Strukturen geprägt.



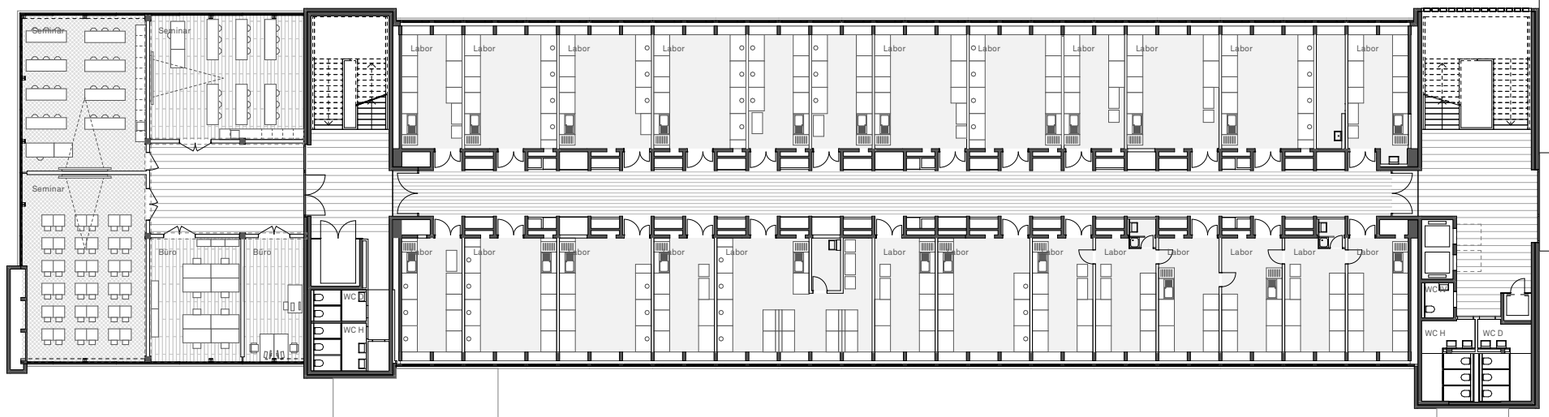
GRUNDRISS 1. OBERGESCHOS

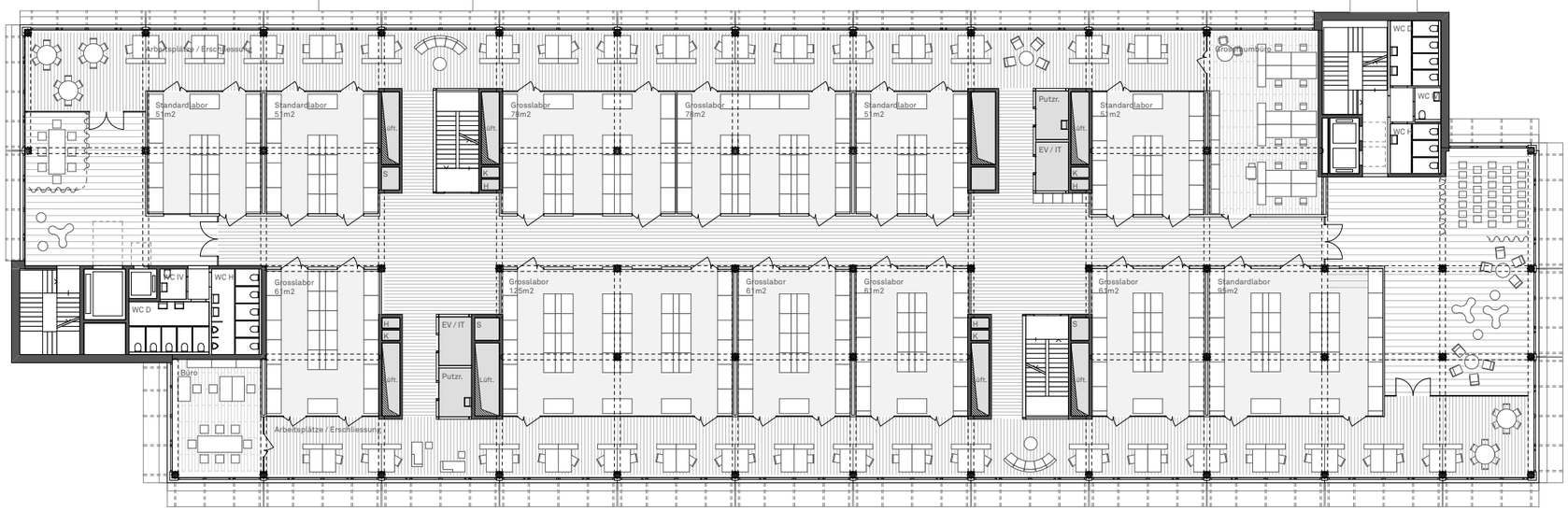


Laborzone
Nicht-Laborzone
Mischzone

LABORKONZEPT 1

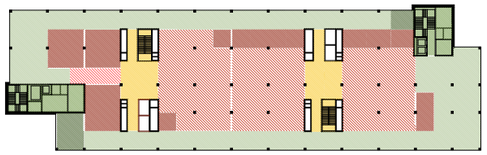
Die Laborzone mit Kittel befidnet isch in der Mitte des Grundrisses. Sie besteht aus Grosslaboren. Die Erschliessung erfolgt entlang der Fassade über eine Erschliessungszone, die zugleich als Arbietszone genutzt werden kann. Sie liegt gut belichtet an der Fassade und profitiert von den hohen Räumen mit einer OK-OK Höhe von 4.40 m.
Die Labore können über eine innere Erschliessungsschicht miteinander verbunden werden. diese liegt in der Hygienezone. Bei Bedarf kann diese aber auch mit Labornebenräumen ohne Tageslichtbezug aufgefüllt werden.





GRUNDRISS 2. OBERGESCHOS

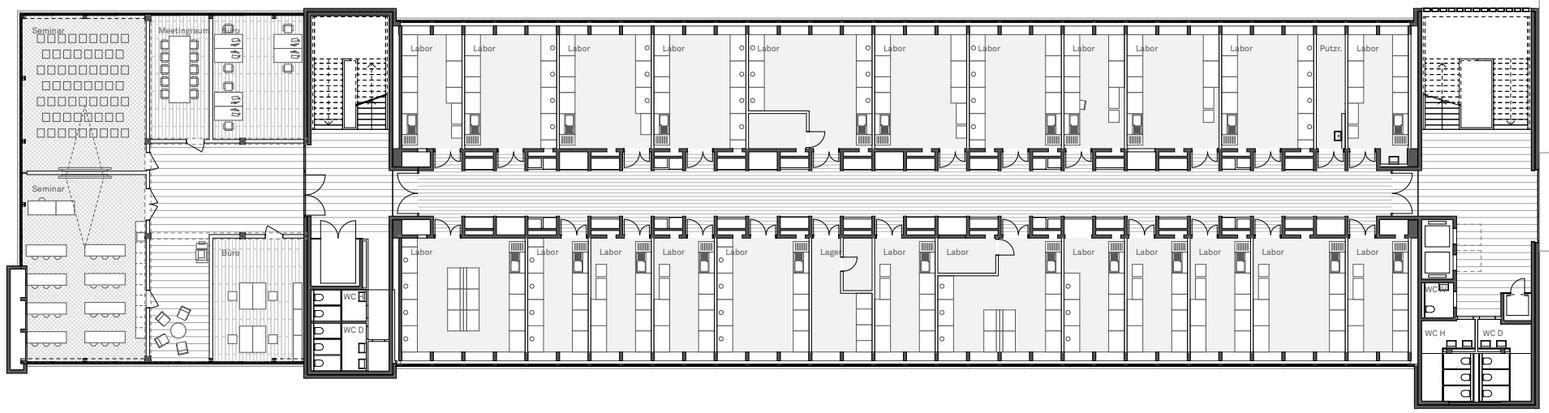
5 10 20

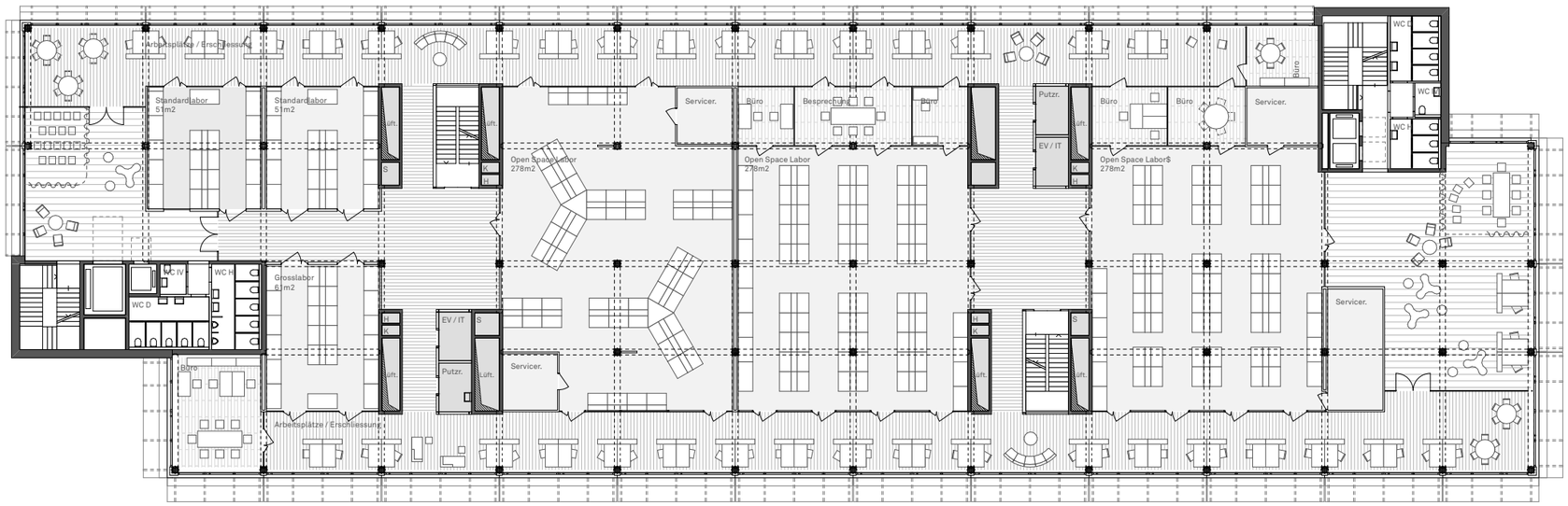


Laborzone
Nicht-Laborzone
Mischzone

LABORKONZEPT 2

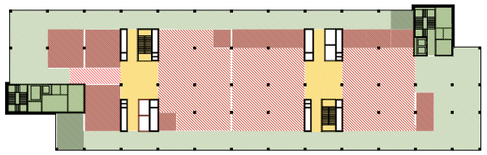
Die Laborzone mit Kittel befidnet sich auch hier in der Mitte des Grundrisses. Sie besteht aber aus Open-Space Grosslaboren, die ähnlich wie Grossraumbüros freier ausgestattet sind als klassischere Labortypologien. Die drei Open-Space Zonen können von der ETH nach den Wünschen der Benutzer eingerichtet werden. So kann auf spezifische Bedürfnisse der einzelnen Forschungsgruppen eingegangen werden und ein gutes interdisziplinäres Arbeitsumfeld geschaffen werden.





GRUNDRISS 3. OBERGESCHOSS

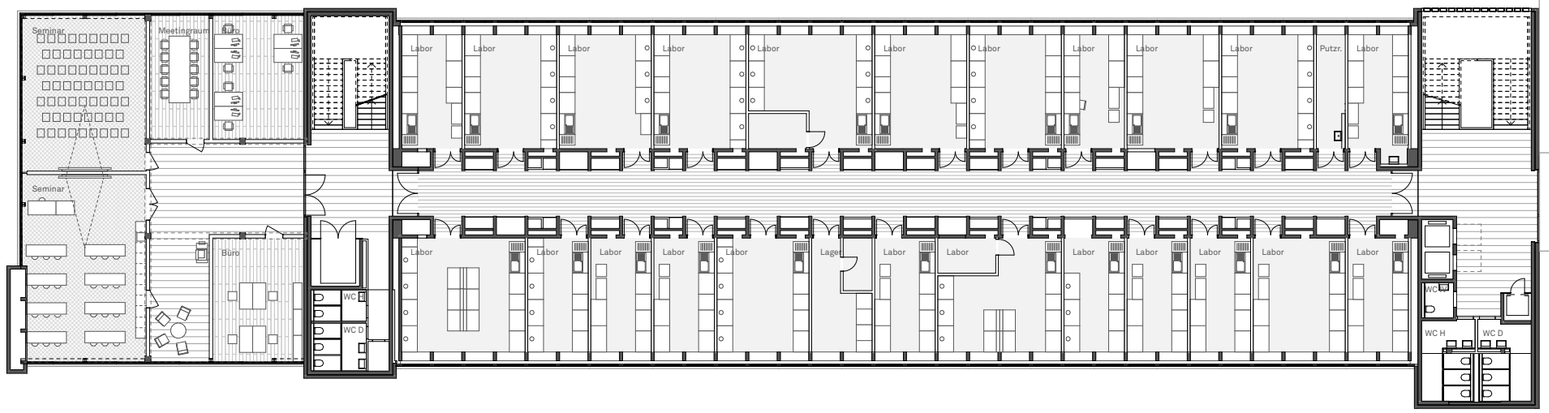
5 10 20

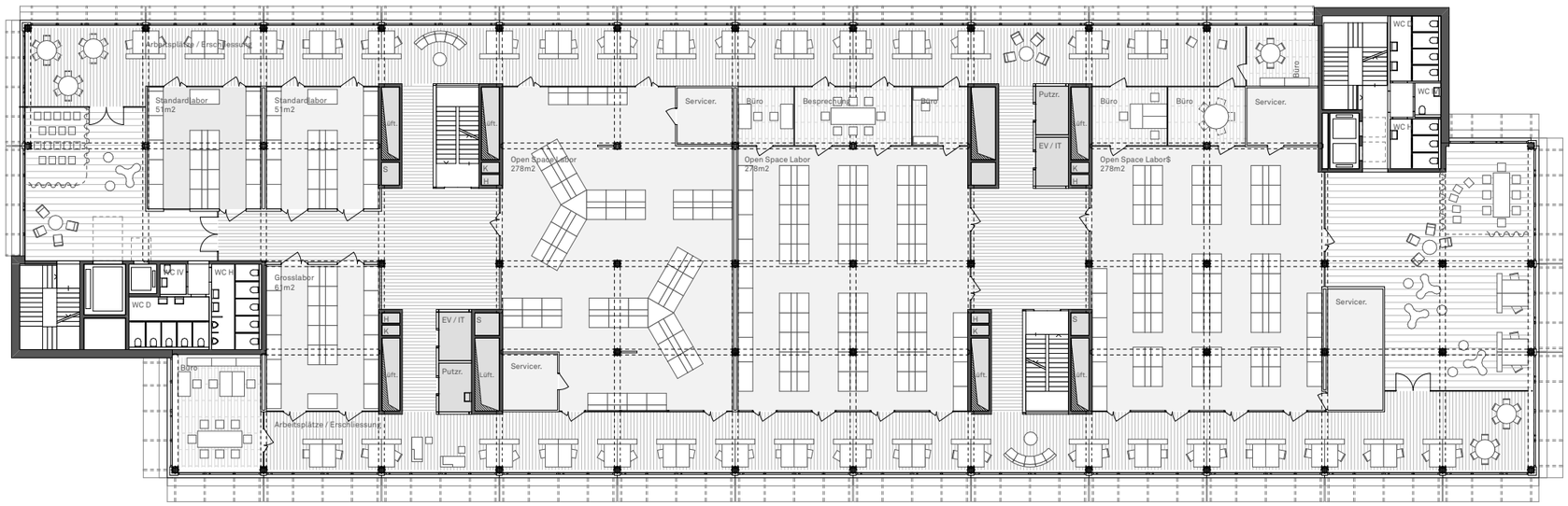


Laborzone
Nicht-Laborzone
Mischzone

LABORKONZEPT 2

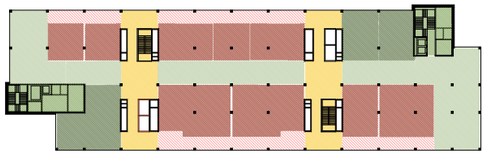
Die Laborzone mit Kittel befidnet sich auch hier in der Mitte des Grundrisses. Sie besteht aber aus Open-Space Grosslaboren, die ähnlich wie Grossraumbüros freier ausgestattet sind als klassischere Labortypologien. Die drei Open-Space Zonen können von der ETH nach den Wünschen der Benutzer eingerichtet werden. So kann auf spezifische Bedürfnisse der einzelnen Forschungsgruppen eingegangen werden und ein gutes interdisziplinäres Arbeitsumfeld geschaffen werden.





GRUNDRISS 3. OBERGESCHOSS

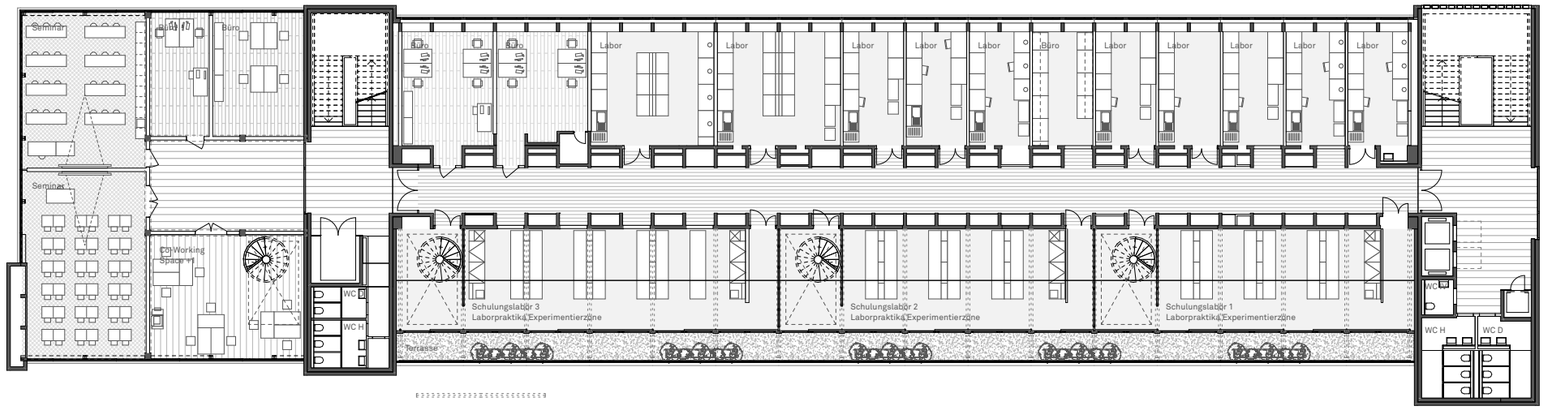
5 10 20

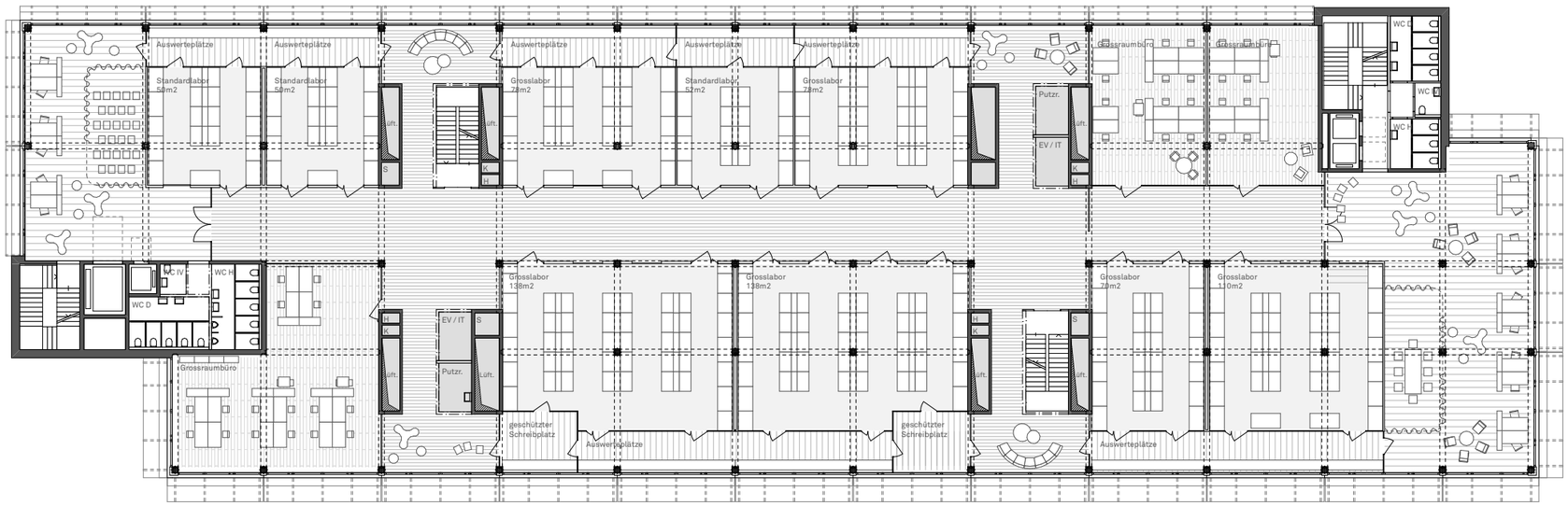


Laborzone
Nicht-Laborzone
Mischzone

LABORKONZEPT 3

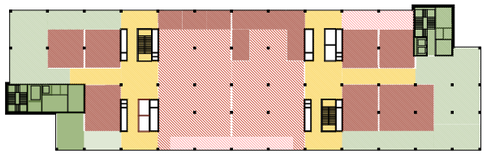
Auch ein klassisches zweispänniges Laborkonzept ist möglich. Hier befindet sich die Erschliessungszone in der Mitte des Gebäudes und die Labore an den Fassaden. Jedes Labor besitzt Auswerteplätze an der Fassade, die durch Raumabschlüsse von der Experimentierzone abgetrennt sind. Sie befinden sich aber im Gegensatz zu Laborkonzept I innerhalb der Laborzone und können nicht als ständiger Arbeitsplatz genutzt werden. Als Ergänzung müssen noch weitere Büroflächen bereitgestellt werden.





GRUNDRISS 4. OBERGESCHOSS

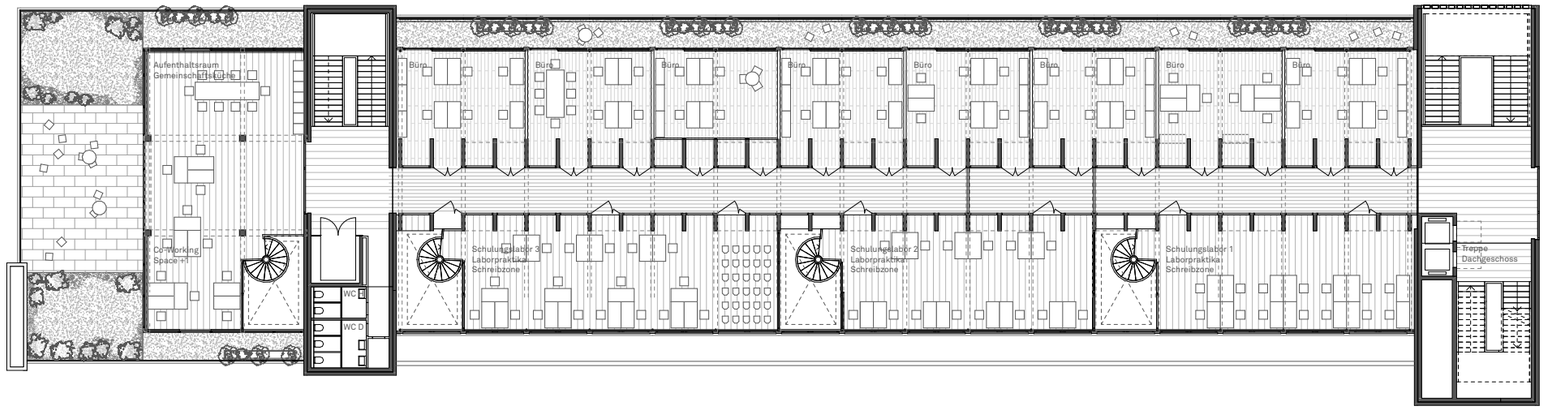
5 10 20

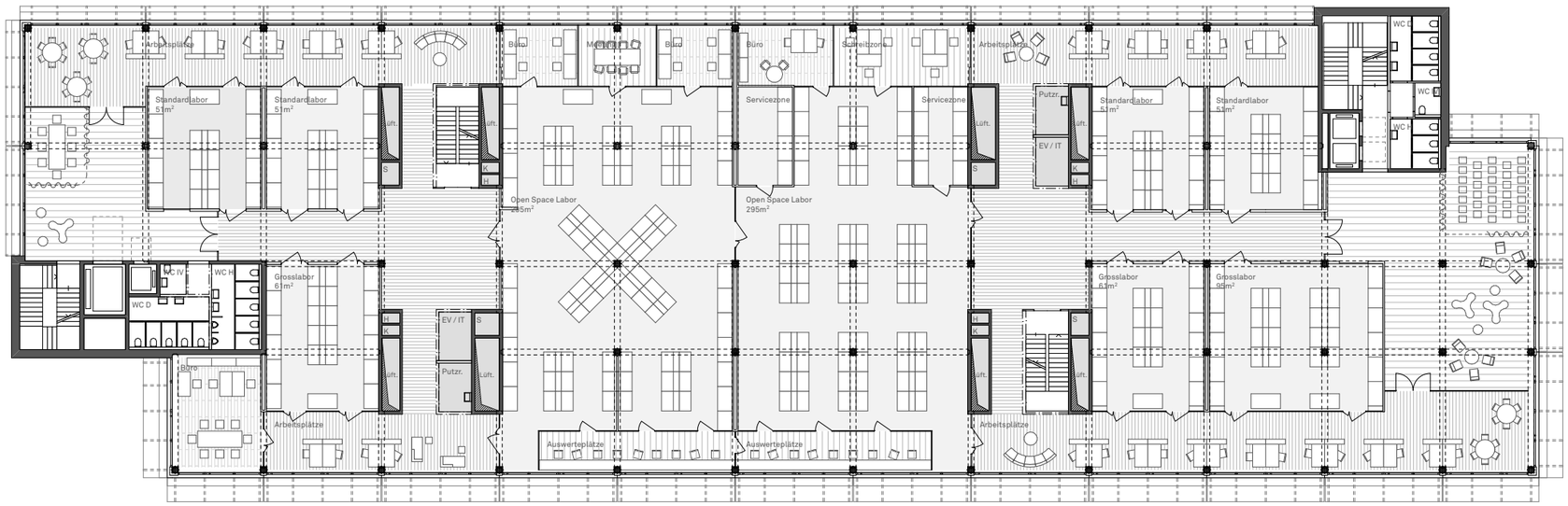


Laborzone
Nicht-Laborzone
Mischzone

LABORKONZEPT 4

Dieses Laborkonzept ist eine Mischform. Die Open Space Labore liegen in der Mitte des Grundrisses und nehmen die gesamte Gebäudetiefe ein. Sie besitzen angegliederte Büroflächen und Auswerteplätze an der Fassade. Hier können völlig freie Forschungslandschaften eingerichtet werden. Erschlossen werden sie über die beiden Köpfe, die klassisch als Zweispänner organisiert sind und Grosslabore sowiie gemeinsam genutzte Arbeitsbereiche beherbergen.





GRUNDRISS 5. OBERGESCHOSS

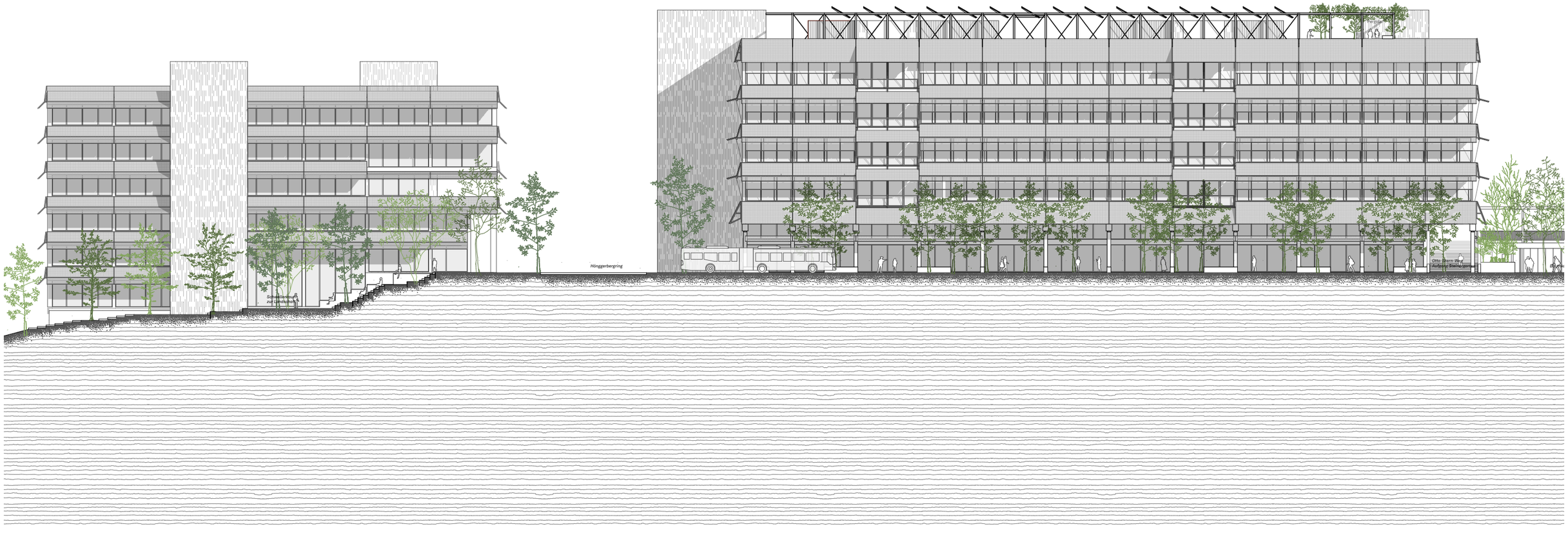
5 10 20

VISUALISIERUNG: ANSICHT AUS DER WOLFGANG-PAULI-STRASSE

VISUALISIERUNG: HALLE IM ERDGESCHOSS MIT VERBINDUNG ZU DEN UNTERIRDISCHEN LABOREN

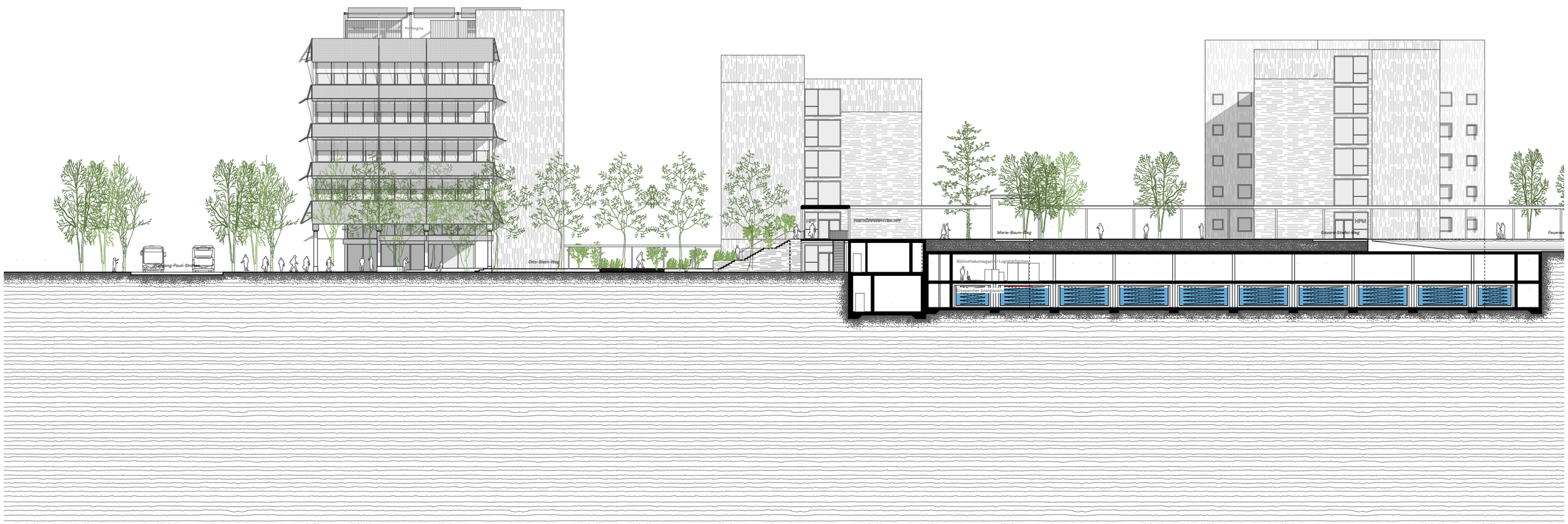
VISUALISIERUNG: ERSCHLIESSUNG DER LABORE ENTLANG DER FASSADE MIT ARBEITSPLÄTZEN

VISUALISIERUNG: RUHIGER INSTITUTSGARTEN ZWISCHEN DEM NEUBAU UND DEM BESTEHENDEN HPF GEBÄUDE



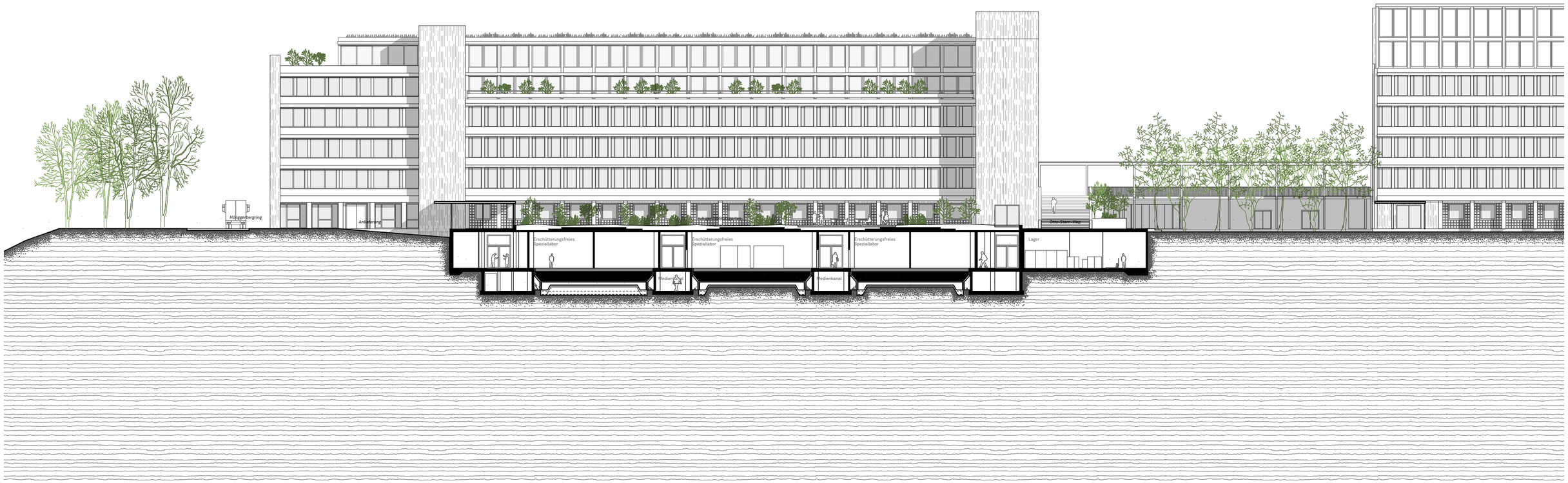
WESTANSICHT, FASSADEN ZUR WOLFGANG-PAULI-STRASSE

5 10 20



SÜDANSICHT, SCHNITT DURCH DEN STEINERGARTEN

5 10 20

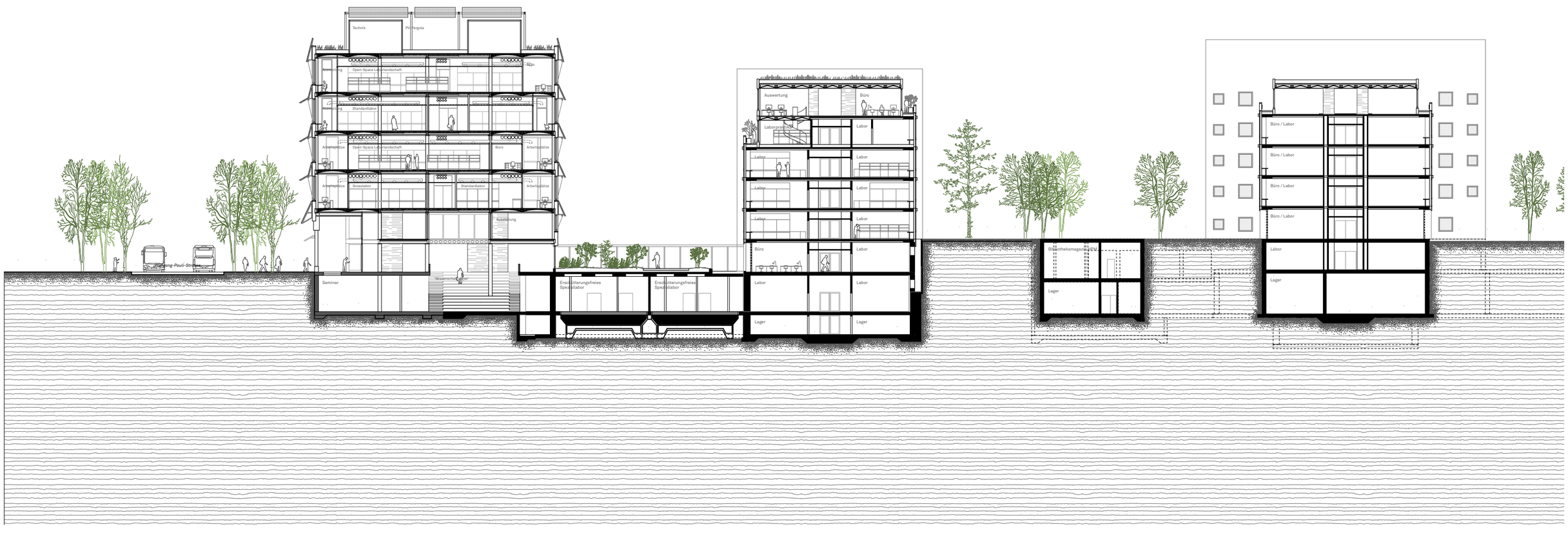


WESTANSICHT HPF MIT ERWEITERUNG

5 10 20

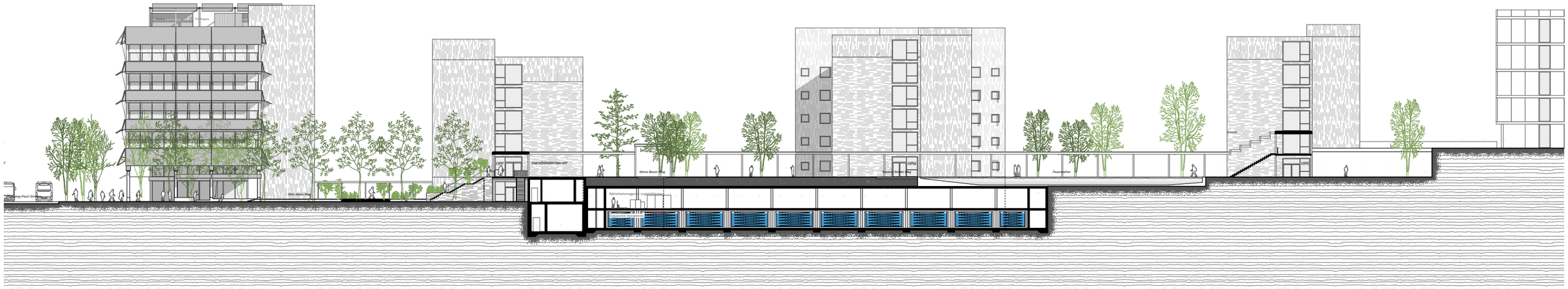
WESTANSICHT HPF MIT ERWEITERUNG

5 10 20

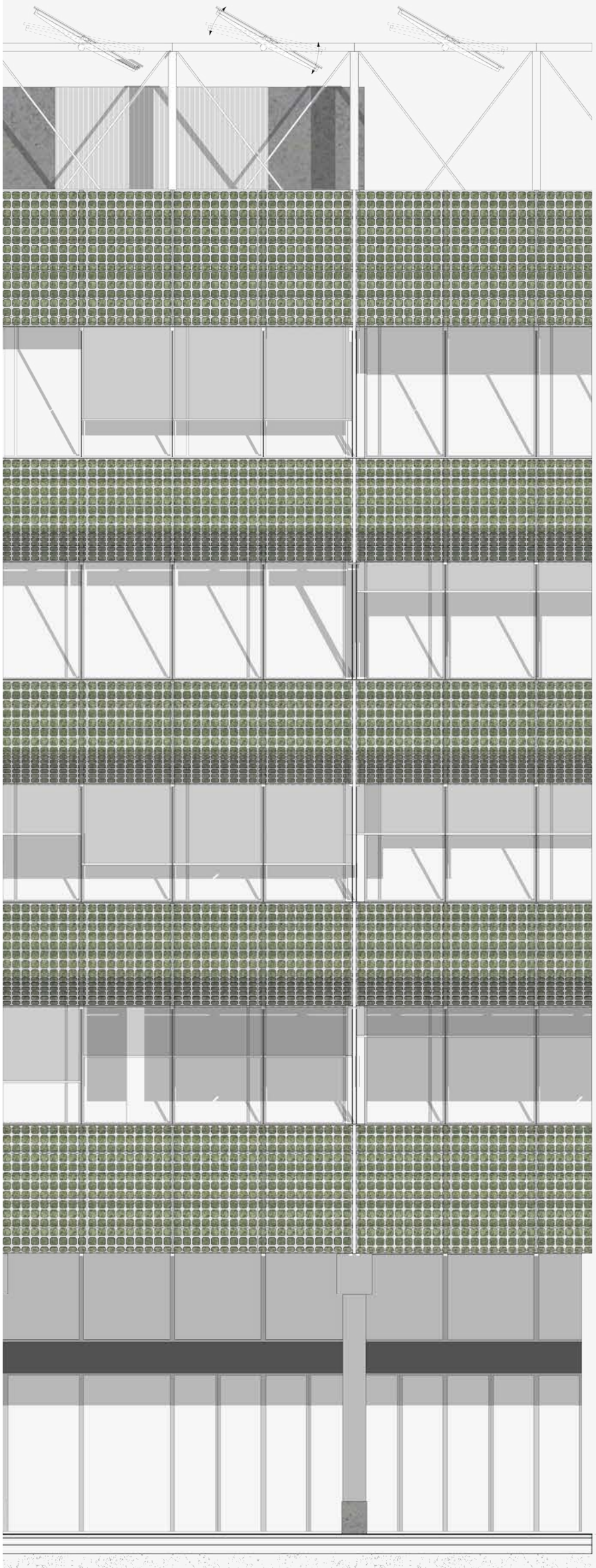


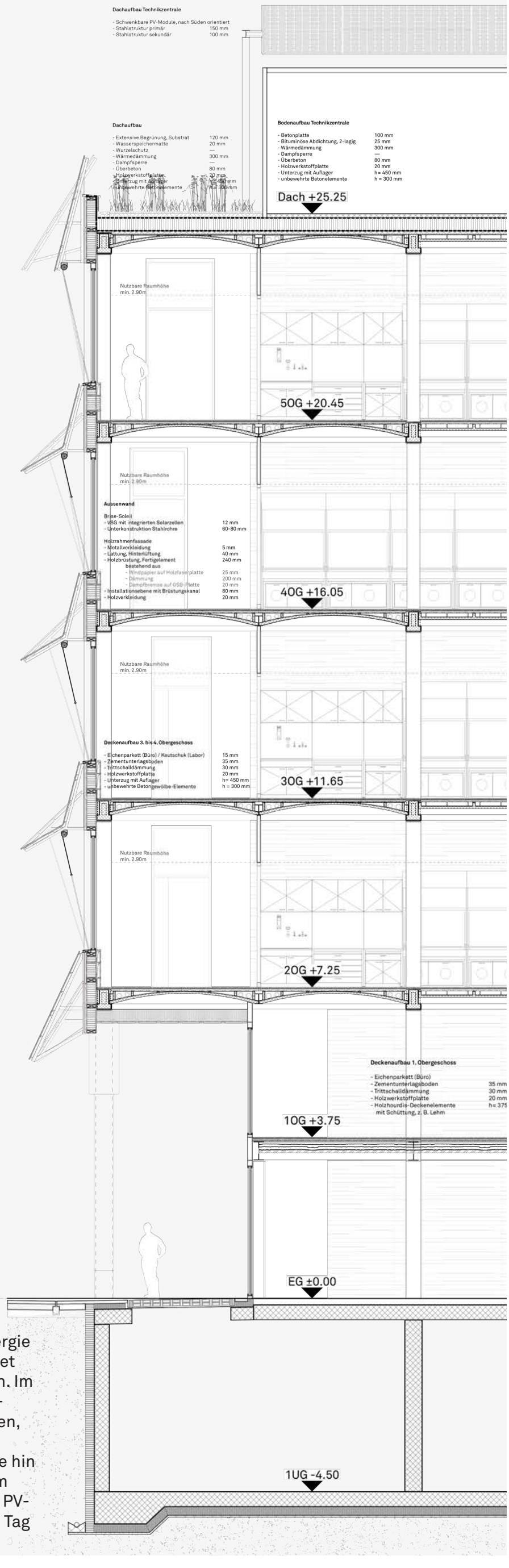
WESTANSICHT HPF MIT ERWEITERUNG

5 10 20



SCHNITTE UND ANSICHTEN MIT KONTEXT





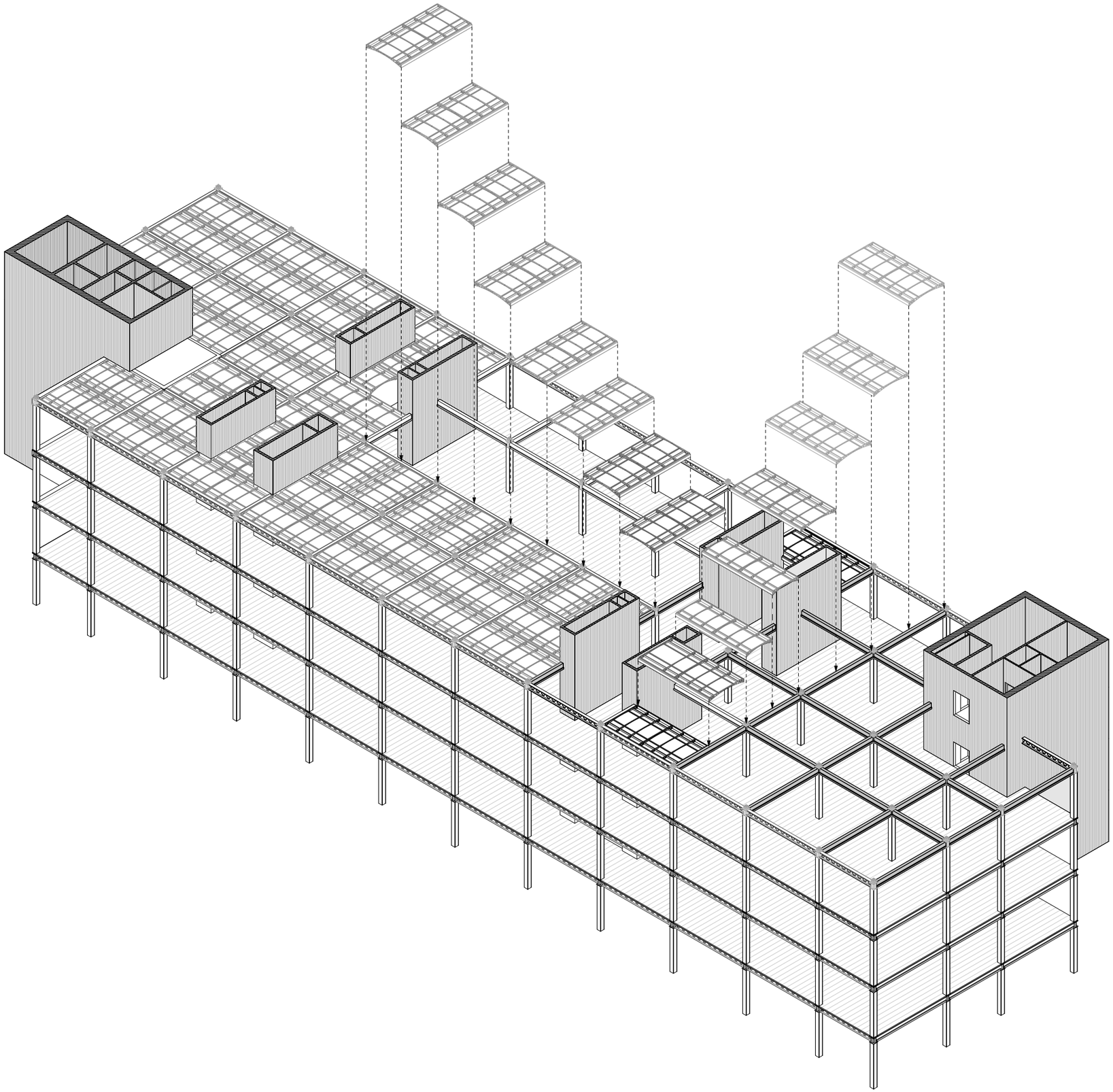
Das Laborgebäude ist energieintensiv, möglichst viel dieser Energie sollte daher vom Gebäude selber bereit gestellt werden. Es bietet sich daher an, einen hohen Anteil PV in der Fassade zu verbauen. Im Laborneubau wird das Thema von Steiner: grosse Kerne und dazwischen gespannte, gebänderte Fassaden wieder aufgenommen, anders als bei Steiner aber nicht als flache Haut-, sondern sehr tiefe, plastisch geformte PV-Fassade. Die Module sind zur Achse hin in zwei Winkeln angeordnet, einer für die Sonneneinstrahlung im Sommer optimiert, der andere für jene im Winter. Zwischen den PV-Brüstungen sind Markisen eingespannt, die dem Haus über den Tag hinweg einen performativen Charakter geben.

KONSTRUKTIONSSCHNITT NEUBAU INTERDISZIPLINÄRES LABORGEBÄUDE

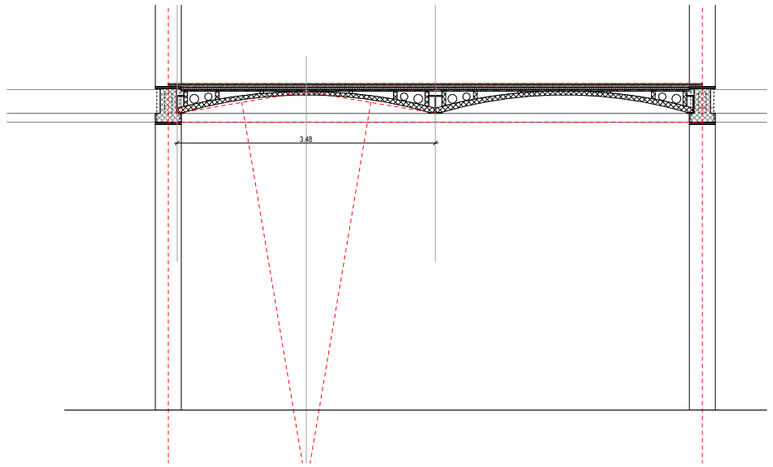
Um die wertvollen und heute nicht mehr erhältlichen Grinatal-Brüstunselemente zu bewahren wird vorgeschlagen, die Fassade innen aufzudämmen (anstatt wie bei anderen Sanierungen auf dem Campus die gesamte Fassade zu ersetzten).

Die Originalfassade hat lediglich 30 mm Dämmung zwischen den Paneelen. Um die bauzeitlichen Fenser zu erhalten werden die Brüstungen innen aufgedämmt und durch eine neue Fensterschicht innen zu einem Kastenfenter erweitert. Auf diese Weise kann von Aussen der charakteristische Ausdruck der Fassade bewahrt werden.

KONSTRUKTIONSSCHNITT BESTAND UND ERWEITERUNG HPF-LABORGEBÄUDE



AXONOMETRIE BAUABLAUF DES LABORNEUBAUS



Die Geometrie der Betonbögen folgt der Segmentbogenlogik

Konstruktion

Das Gebäude nimmt die Entwurfsthemen der Steinerbauten (Kerne und dazwischen eingespannte, gerasterte Fassaden) auf und versucht sie weiter zu spinnen. Dies soll auch bei der Konstruktion geschehen.

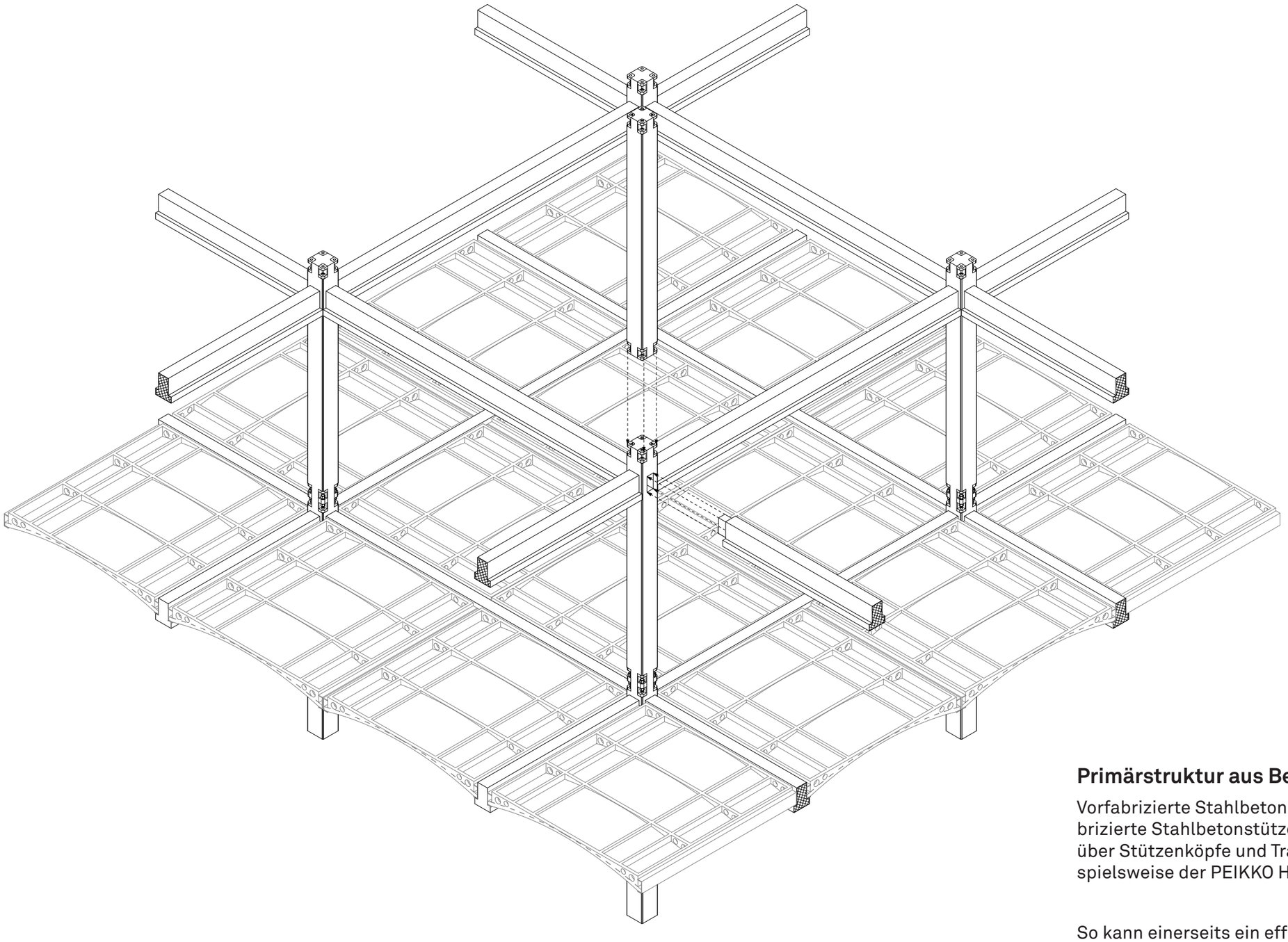
Die Medien, Erschliessungen und diennden Räume sind in massiven Kernen aus Beton gebündelt.

Dazwischen eingespannt ist eine modulare, wieder demontierbare Struktur aus Betonstützen, Stahlknoten, Beton-Unterzügen und eingehängten Deckenelementen. Die Horizontalaussteifung des Gebäudes erfolgt dabei über die Kerne.

Für Laborstrukturen hat sich ein Raster von 7.20m bewährt. Für ressourcensparende Strukturen sind kleinere Spannweiten zwar besser, aber für die angedachte Labornutzung sind sie nicht geeignet. Die Spannweite ist für einen sinnvollen Einsatz von Holzträgern nicht geeignet. Aus diesem Grund ist die Verwendung von Stahl oder Beton Unterzügen nötig. Für die einzelnen Deckenelemente können aber effiziente Lösungen gefunden werden.

Die Deckenelemente bestehen aus vorfabrizierten bewehrungslosen Betonbögen, die in die Stahlbeton-Primärstruktur eingehängt werden. Sie folgen der Segmentbogen-Geometrie und sind folglich nur auf Druck belastet, sodass sie ohne Armierung funktionieren (Bewehrung ist ein grosser Faktor bei der schlechten embodied-carbon-bilanz von Stahlbeton). Die Elemente werden trocken gefügt, sodass sie bei Bedarf problemlos wieder ausgebaut werden können.

Die Effizienz im Bereich der CO3-Ersparnis geht auf Kosten der Konstruktioshöhe. Im Vergleich zu einer Beton-Flachdecke mit 26cm Stärke ist die Konstruktionshöhe dieses Systems 45 bis 50 cm.



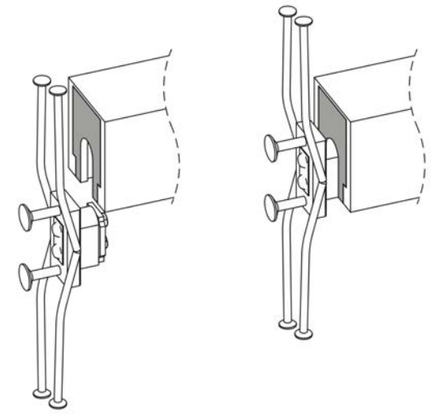


Abb. 6: Peikko PC Konsole

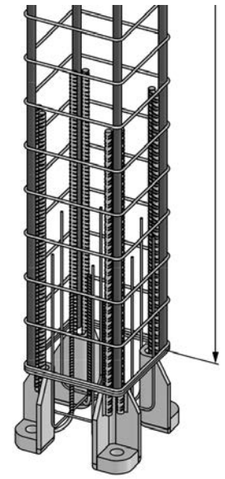


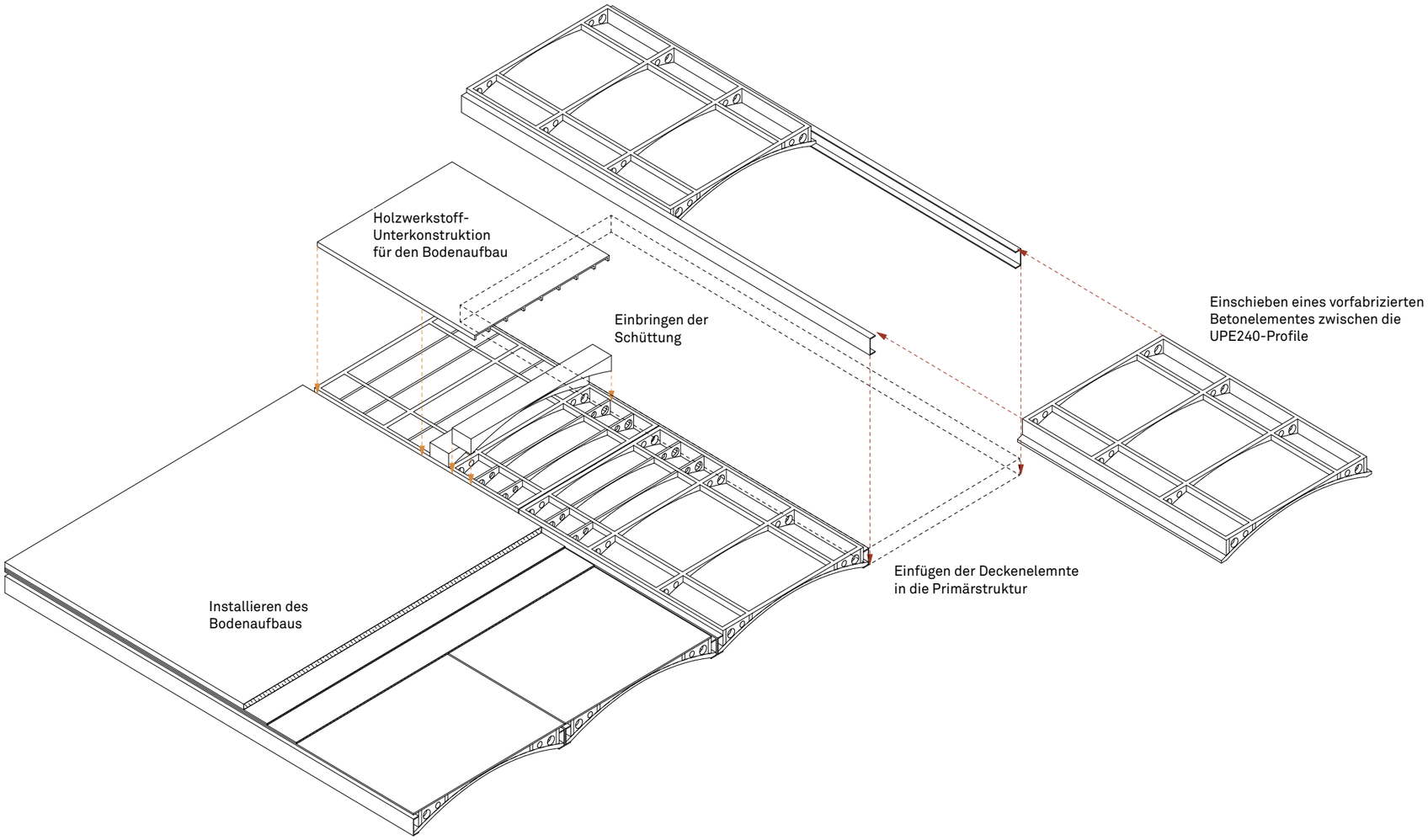
Abb. 7: Peikko HPKM Stützenschuh

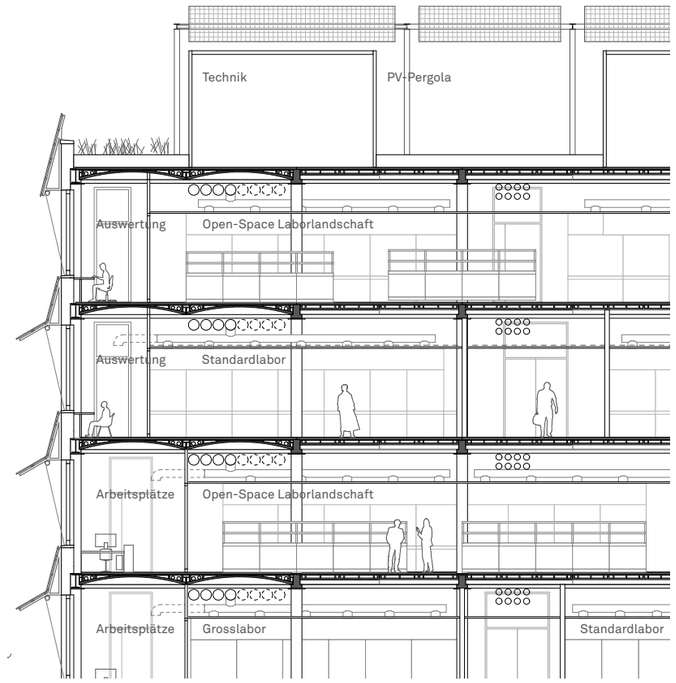
Primärstruktur aus Beton — aber nicht vergossen

Vorfabrizierte Stahlbeton-Unterzüge bzw. Stahl-Unterzüge sowie vorfabrizierte Stahlbetonstützen werden mittels geschraubten Verbindungen über Stützenköpfe und Trägerkonsolen miteinander verbunden. (Beispielsweise der PEIKKO HPKM Stützenschuh und PEIKKO PC Konsolen)

So kann einerseits ein effizienter Vorfertigungsgrad im Werk gewährleistet werden und andererseits eine End-of-life-disaddembly sichergestellt werden. Da die Elemente alle auf einem normierten Raster von 7.20 x 7.20 basieren, können sie theoretisch auch auseinandergebaut werden und wieder zu einem neuen Gebäude gefügt werden.

MONTAGEAXONOMETRIE PRIMÄRSTRUKTUR UND DECKENKONSTRUKTION



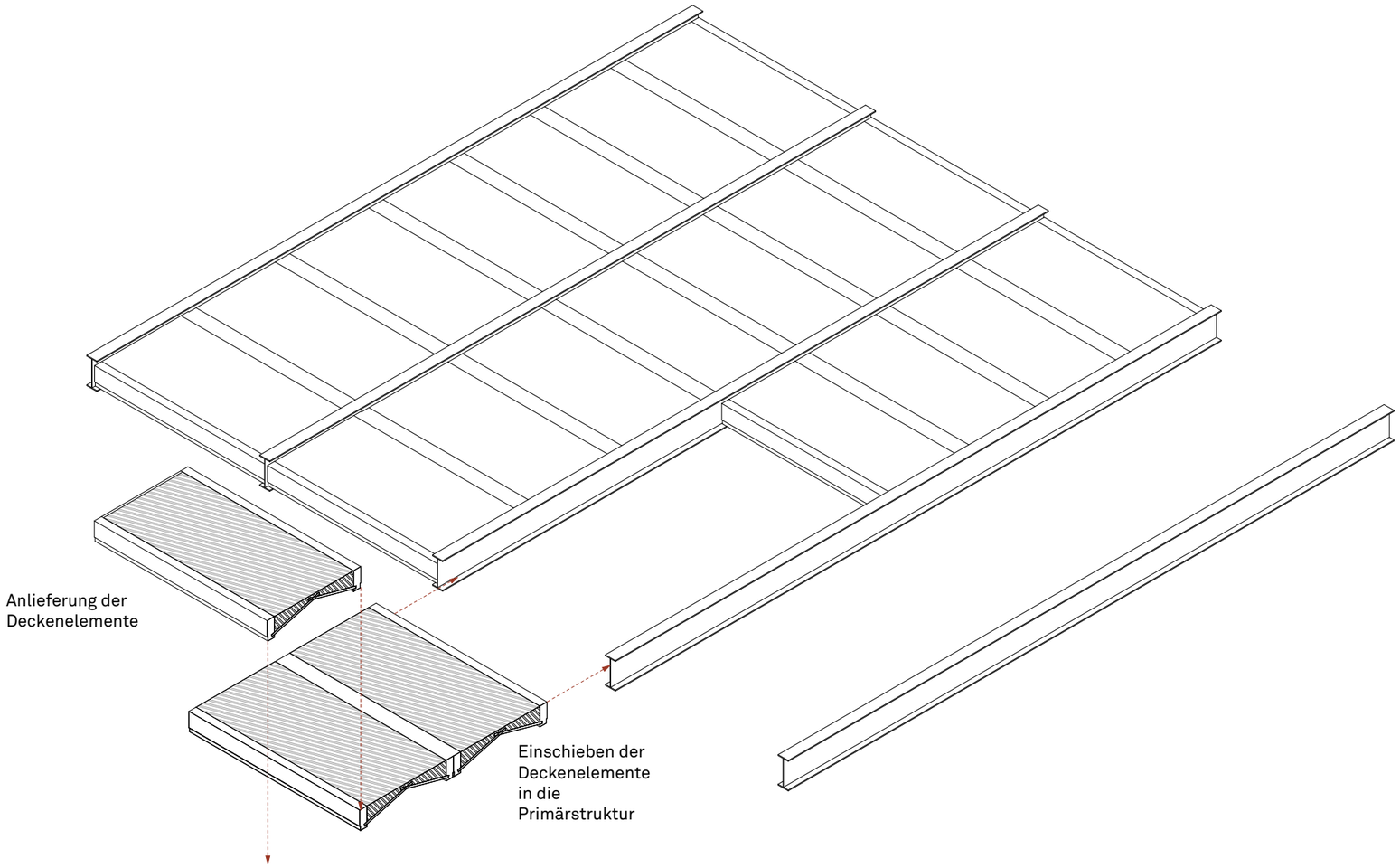


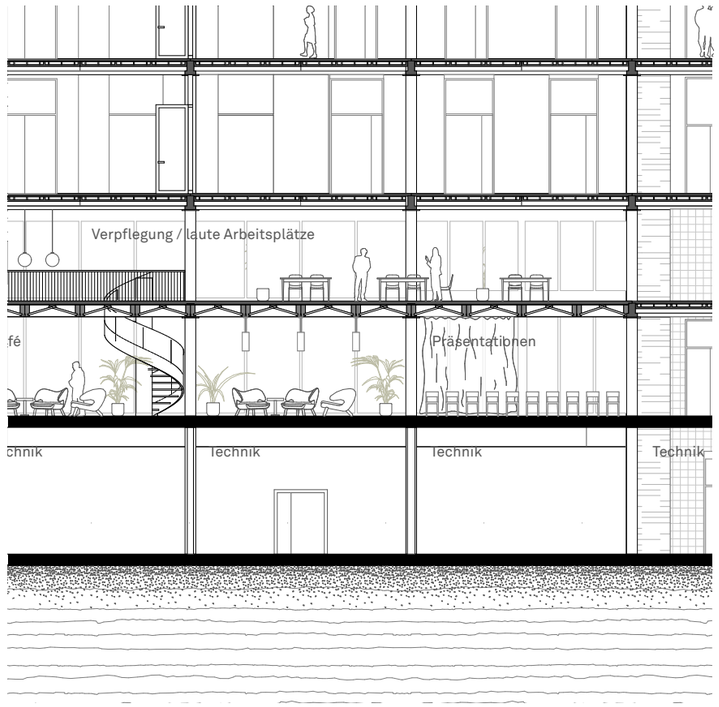
Deckensystem im Neubau

DECKENSYSTEM I

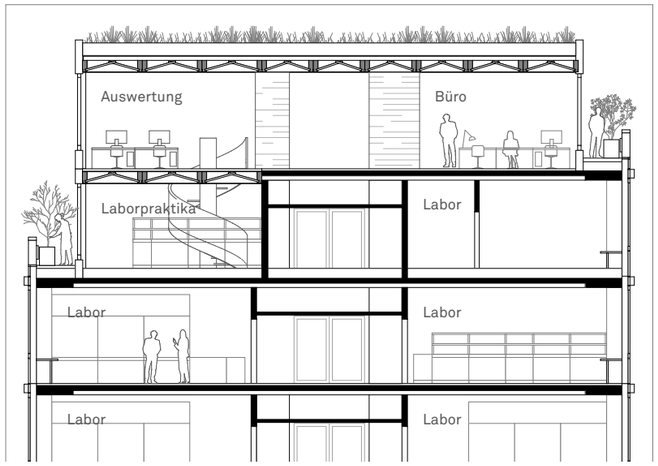
Im Werk vorfabrizierte Betonelemente, die nur auf Druck belastet sind. Ihre optimierte Geometrie folgt dem Kraftverlauf und bildet einen Segmentbogen. Dadurch funktionieren sie ohne Bewehrung (Bewehrungsstahl ist ein grosser Faktor in der schlechten Emissionsbilanz von Beton). Die Deckenelemente spannen 7.20 m weit und bestehen aus mehreren vorfabrizierten Gewölbeelementen, die zwischen zwei UPE240 Profile eingespannt sind und so zusammen ein Bogenelement bilden. Dies ermöglicht einee spätere End-of-life-disassembly. Schubkräfte werden durch Nachbarelemente kompensiert. Die Gewölbeelemente besitzen Quer-und Längsrippe, um Querkräfte beim Versetzen während dem Bau oder beim Betrieb des Gebäudes aufnehmen zu können.Die Hohlräume bilden Platz für eine Schüttung, sowie um Installationen zu verteilen. Eine Holzwerkstoffplatte bildet die Unterkonstruktion für den Bodenaufbau.
Dieses System kommt im Neubau sowie im Anbau des HPF zur Anwendung.

DECKENSYSTEM 1: NEUBAU LABORGEBÄUDE UND ANBAU HPF-BESTANDESGEBÄUDE





Deckensystem im Neubau



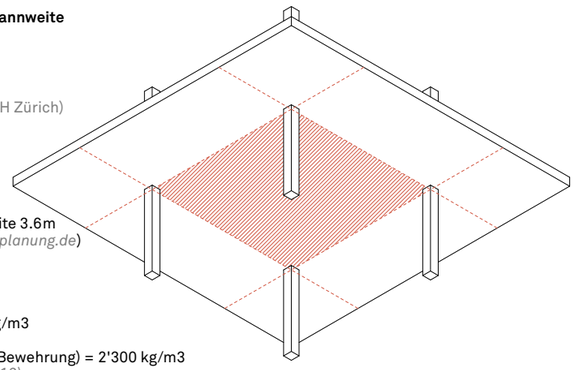
Deckensystem in der Aufstockung

DECKENSYSTEM II

Vorfabrizierte Elemente aus Holz, bestehend aus zwei Massivholzträgern und einem dazwischen eingespannten Hourdis aus zwei miteinanderverzinkten Holzwerkstoffplatten. Eine Schüttung aus Lehm oder Bauschutt sorgt für Masse, die für Raumklima und Akustik wichtig ist. Dieses System eignet sich für kleinere Spannweiten und kommt in der Aufstockung des HPF Gebäudes sowie im 1. Obergeschoss des Neubaus zur Anwendung, welches als umbaubares Zwischengeschoss ausgestaltet ist. Durch ihr Gerichtetsein und die spannungsvolle Deckenuntersicht tritt dieses System in eine Verwandtschaft mit dem Betonbogen-System, ist aber bedingt durch die geringeren Spannweiten enger gerastert.

DECKENSYSTEM 2: FLEXIBLES ERDGESCHOSS DES LABORNEUBAUS UND AUFSTOCKUNG DES HPF-BESTANDESGEBÄUDES

Beton-Flachdecke, geringe Spannweite



Deckenfeld 3.6 x 5.6 m
Nutzlast 500 kg/m2
(Richtlinie für Laborbauten, ETH Zürich)
5 kN / m2

Vordimensionierung
d ≥ 0.125m (bei einerSpannweite 3.6m
(Online-Rechner igu-tragwerksplanung.de)

Gewählte Plattenstärke
d gewählt =0.15 m

Gewicht Stahlbeton = 2'500 kg/m3
Last = 25 kN / m3
Gewicht Hochbaubeton (ohne Bewehrung) = 2'300 kg/m3
(KBOB eco-bau / IPB2009/1:2016)

Parameter

Fläche 20.16 m2
Dicke 0.15 m

Volumen

Volumen Betonplatte = 20.16 m2 * 0.15m = 3.024m3

Dichten

Dichte total 2'500 kg/m3
Beton 2'300 kg/m3 *(KBOB)*
Bewehrung Armierungsstahl 7'850 kg/m3 *(KBOB)*

Gewicht

Gewicht
Beton 3.024m3 * 2'300 kg/km3 = 6'955kg
Annahme: 120kg Bewehrung pro m3 Stahlbeton
Bewehrung 3.024m3 * 120 kg/m3 = 362.88 kg

Treibhausgasequivalente
Beton 0.099 kg CO2-eq
Bewehrung 0.682 kg CO2-eq

Treibhausgasemissionen
Beton 6'955kg * 0.099 kg CO2-eq = 688.5 kg
Bewehrung 362.88 kg * 0.682 kg CO2-eq = 247.5 kg
Total 936 kg CO2

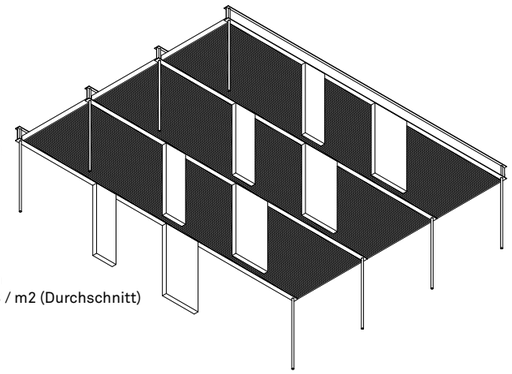
46.43 kg C02 / m2

Benchmark:
Beton-Flachdecke
3.6 x 5.6 m

Benchmark konventionelle Bauweise 100% der Emissionen

Benchmark: Status Quo

Brettstapeldecke



Parameter

Deckenfeld 3.6 x 5.6 m
Nutzlast 500 kg/m2
(Richtlinie für Laborbauten, ETH Zürich)
5 kN / m2

Fläche
20.16 m2

Stärke 0.26 cm
Materialbedarf 0.22 m3 / m2 (Durchschnitt)

Geeignet für Spannweiten von 4.8m

0.04 kg CO2-eq pro m2 Deckenfläche

Dichte
Brettstapeldecke 470 kg/m3

Gewicht
Brettstapeldecke = 0.22 x 20.16 x 470 = 2084.54 kg

Treibhausgasequivalente
0.174 kg CO2-eq / m3 (Fichte Vollholzbretter)

Treibhausgasemissionen

2084.54kg x 0.174 kg CO2-eq = 362.7 kg CO2
Total **362.7 kg CO2**
18 kg CO2 / m2

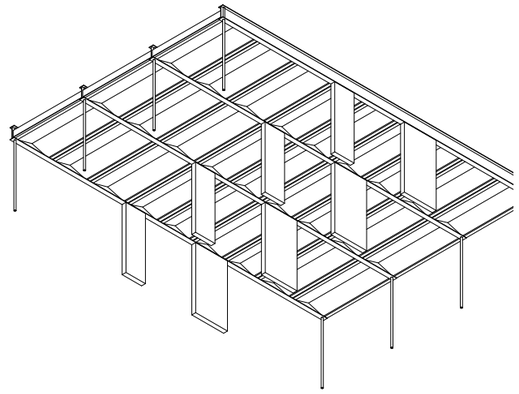
+ effiziente und leicht
+ Nur Holz, keine Hybriden Elemente
+ Materialien mit low embodied carbon
- keine Masse
- flache, generische Deckenuntersichten

Benchmark:
Beton-Flachdecke

38 % der Emissionen einer konventionellen Decke -> bis zu 62% Effizienter

Optioneering mit Brettstapeldecke

Holz-Lehm-Decke



Parameter

Deckenfeld 3.6 x 5.6 m
Nutzlast 500 kg/m2
(Richtlinie für Laborbauten, ETH Zürich)
5 kN / m2

Fläche
20.16 m
Dicke Element maximal
0.45 m

Volumen

pro Deckenfeld à 3.6 x 5.6 m:

2 x Holzbalken (15 x 45 cm)
2 x Holzwerkstofftafel (5 x 100 x 360 cm)

Volumen pro Deckenfeld

6 x Holzbalken = 6* 0.23m3 = 1.38 m3
6 x Holzwerkstofftafel = 6* 0.175 m3 = 1.05 m3
3 x Stampflehmschüttung = 3* 1.1 m3 = 3.3 m3

Treibhausgasequivalente
Konstruktionsvollholz 0.290 CO2-eq
Brettschichtholz 0.336 CO2-eq
Stampflehm 0.019 CO2-eq

Treibhausgasemissionen

Konstruktionsvollholz 174.5 kg CO2
Brettschichtholz 154.9 kg CO2
Stampflehm 125.4 kg CO2
Total **454.8 kg CO2**
22.6 kg CO2 / m2

+ akustische und thermische Masse
+ gerichtetes System, optische und funktionale Verwandtschaft zum Betongewölbesystem
+ spannende Deckenuntersichten
+ Materialien mit low embodied carbon
+ 'Restmaterialien' als Schüttung
- mehr Emissionen als Brettstapeldecke

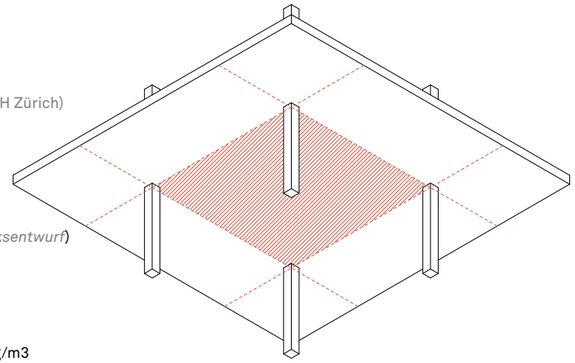
Benchmark:
Beton-Flachdecke

48 %der Emissionen einer konventionellen Decke -> bis zu 52% Effizienter

Optioneering mit Holzhourdisdecke

OPTIONEERING DECKE MIT GERINGER SPANNWEITE

Beton-Flachdecke



Deckenfeld 7.2 x 7.2 m
Nutzlast 500 kg/m2
(Richtlinie für Laborbauten, ETH Zürich)
5 kN / m2

Vordimensionierung
d ≥ li / 35 +0.03 [m]
(P. Block, Faustformel Tragwerksentwurf)

d ≥ 7.2 / 35 + 0.03 = 0.236 m

Gewählte Plattenstärke
d gewählt =0.26 m

Gewicht Stahlbeton = 2'500 kg/m3
Last = 25 kN / m3
Gewicht Hochbaubeton (ohne Bewehrung) = 2'300 kg/m3
(KBOB eco-bau / IPB2009/1:2016)

Parameter

Fläche 51.84 m2
Dicke 0.26 m2

Volumen

Volumen Betonplatte = 51.83m2 * 0.26m = 13.48m3

Dichten

Dichte total 2'500 kg/m3
Beton 2'300 kg/m3 *(KBOB)*
Bewehrung Armierungsstahl 7'850 kg/m3 *(KBOB)*

Gewicht

Gewicht
Beton 13.48m3 * 2'300 kg/km3 = 31'000.3 kg
Annahme: 120kg Bewehrung pro m3 Stahlbeton
Bewehrung 13.48m3 * 120 kg/m3 = 1'617.4 kg

Treibhausgasequivalente
Beton 0.099 kg CO2-eq
Bewehrung 0.682 kg CO2-eq

Treibhausgasemissionen
Beton 31'000.3 kg * 0.099 kg CO2-eq = 3069 kg
Bewehrung 1'617.4 kg * 0.682 kg CO2-eq = 1'103 kg
Total 4172.1 kg CO2

80.5 kg C02 / m2

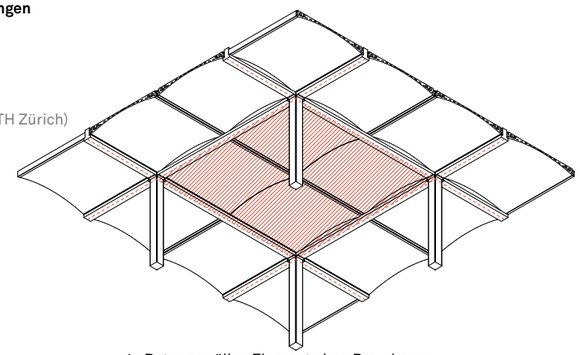
Benchmark:
Beton-Flachdecke

Benchmark konventionelle Bauweise 100% der Emissionen

Betongewölbe ohne Bewehrungen

Parameter

Deckenfeld 7.2 x 7.2 m
Nutzlast 500 kg/m2
(Richtlinie für Laborbauten, ETH Zürich)
5 kN / m2



Fläche
51.84 m2

Volumen
pro Deckenfeld à 7.2 x 7.2 m

4x Betongewölbe-Element ohne Bewehrung
4x UPE 240 Stahlprofile (l=6.98m)
4x vorfabrizierter Stahlbetonträger, T-Profil (ca. 0.35 x 0.45m)
pro Deckenfeld wird der Träger nur 1/2 mal gerechnet

Deckenelement 0.86 m3 unbewehrter Beton
vorfabrizierter Stahlbetonträger 0.79 m3 Stahlbeton
UPE Profil 0.025m3 Baustahl

Volumen pro Deckenfeld

4 x 0.86 m3 = 3.44 m3 unbewehrter Beton
4 x 0.025 m3 = 0.1 m3 Baustahl
1/2 * (4 * 0.79 m3) = 1.58 m3 Stahlbeton
1/2 * (4*0.029 m3) = 0.058 m3 Armierungsstahl

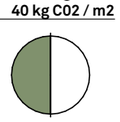
Dichten
Stahlbeton 2'500 kg / m3 *(KBOB)*
Beton (unbewehrt) 2'300 kg / m3 *(KBOB)*
Bewehrung 7'850 kg / m3 *(KBOB)*
Baustahl (Stahlprofil, blank) 7'850 kg / m3 *(KBOB)*

Gewicht
Beton (Stahlbetonträger) 2'300 kg / m3 * 1.58 m3 = 3'634 kg
Bewehrung (Stahlbetonträger) 7'850 kg / m3 * 0.058 m3 = 455.3 kg
Beton (unbewehrte Deckenelemente) 7912 kg
Baustahl 785 kg

Treibhausgasequivalente
Beton 0.099 kg CO2-eq
Bewehrung 0.682 kg CO2-eq
Baustahl

Treibhausgasemissionen
Beton (3'634 kg +7912 kg)* 0.099 kg CO2-eq = 1143 kg
Bewehrung 455.3 kg * 0.682 kg CO2-eq = 310.51 kg
Baustahl 785 kg * 0.738 kgCO2-eq = 579.33 kg
Total 2'032 kg CO2
40 kg C02 / m2

Benchmark:
Beton-Flachdecke



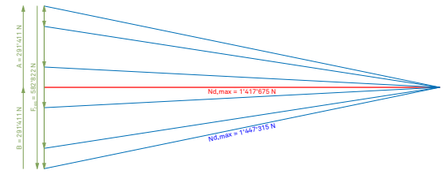
50% der Emissionen einer konventionellen Decke
-> bis zu 50% Effizienter

Dimensionierung der vorfabrizierten Stahlbetonträger

1 Deckenelement
unbewehrter Beton 2 * 0.45m3 -> 2070 kg
Baustahl 2 * 0.025 m3 -> 392.5 kg
Deckenaufbau -> 1200 kg Deckenaufbau
Gewicht 3662.5 kg

Last = 9,81 N/kg * 3662.5 kg = **35929 N**

1/2 Deckenelement
Gewicht 1831.25 kg
Last = 9,81 N/kg * 1831.25 kg = **17965 N**

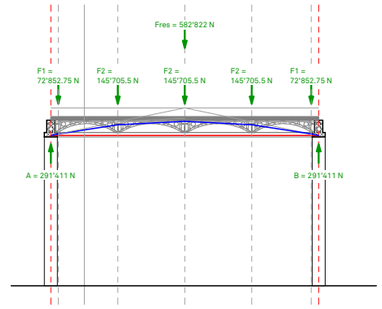


Kräfteplan

Bemessung der Kräfte

F1 und F5
Eigenlast
1.35 * 17'965 N = 24'252.75 N
Nutzlast
1.5 * 5000 N/m2 * 6.48m² = 48'600N
Totale Last
Eigenlast + Nutzlast = 72'852.75 N

F2, F3 und F4
Eigenlast
1.35 * 35'929 N = 48504.15
Nutzlast
1.5 * 5000 N/m2* 12.56m² = 97200 N
Totale Last
Eigenlast + Nutzlast = 145'705.5 N



Lageplan

Bemessung für Zugkräfte

Maximale Zuggkraft im Balken
$N_{d,max}$ = 1'417'675 N

$A_{req} = N_d / f_{td}$ [mm²]
$f_{td} = f_{tk} / y_M = 355 / 1.05 = 338.1$ N/mm²
A_{req} = 1'417'675 N / 338.1 N/mm² = 4193.06 mm²
$A_{req} <= A_{allowed}$ ✓

-> Volumen Armierungsstahl = 0.029 m³

Bemessung für Druckkräfte

Maximale Druckkraft im Balken
$N_{d,max}$ = 1'447'315 N
$A_{req} = N_d / f_{cd}$ [mm²]
$f_{cd} = f_{ck} / y_M = 35 / 1.5 = 23.33$ N/mm²
Annahme: Hochbaubeton C35/45
A_{req} = 1'447'315 N / 23.33N/mm² = 62'036.65 mm² = 0.062 m²

$A_{allowed}$ = 0.11 m²
$A_{req} <= A_{allowed}$ ✓

$A_{req,tot}$ (Zug- und Druckkräfte) = 66229.71mm² = 0.066m²
$A_{req,tot} <= A_{allowed}$ ✓

Benchmark: Status Quo

Optioneering Betongewölbe ohne Bewehrungen

Dimensionierung und Überprüfung der vorfabrizierten Stahlbetonträger

OPTIONEERING DECKE MIT GROSSER SPANNWEITE

ABBILDUNGSVERZEICHNIS

Abb1: Steiner, Albert Heinrich Steiner, Hochschulbauten ETH Zürich Waser-Verlag, Zürich
Abb.2: Steiner, Albert Heinrich Steiner, Hochschulbauten ETH Zürich Waser-Verlag, Zürich
Abb.3: Steiner, Albert Heinrich Steiner, Hochschulbauten ETH Zürich Waser-Verlag, Zürich
Abb.4: GTA-Archiv, Plannachlass von Prof. Albert H. Steiner
Abb.5: GTA-Archiv, Plannachlass von Prof. Albert H. Steiner
Abb.6: PCs® Corbel, Technical Manual, 04/2019
Abb.7: Peikko, HPKM® Column Shoe - ETA, Technical Manual, 05/2014

Die restlichen Darstellungen / Pläne / Abbildungen stammen vom Verfasser.

IMPRESSUM

Leandro Nahuel Barroso
Student am
Departement Architektur, ETH Zürich

Professur Gigon / Guyer
Leitung: Mike Guyer

Prof. Dr. Silke Langenberg
Prof. Dr. Philippe Block

Verfasser: Leandro Nahuel Barroso
Datum der Abgabe: 26.05.2023

IMPRESSUM