

HORTUS – Ein Leuchtturmprojekt der Nachhaltigkeit.

Tobias Huber
ZPF Ingenieure
Basel, Schweiz



HORTUS – ein Leuchtturmprojekt der Nachhaltigkeit

1. Projektübersicht

1.1. Aufgabe

Auf dem BaseLink Areal in Allschwil bei Basel entwickeln SENN, Herzog & de Meuron und ZPF Ingenieure gemeinsam ein Bürogebäude von ca. 10'000 m² Nutzfläche für umweltbewusste (Tech-)Firmen. Das Bauwerk setzt einen neuen Standard für Nachhaltigkeit: Es zahlt die graue Bauenergie innerhalb einer Generation zurück und ist bereits nach rund 30 Jahren energiepositiv. Ein neuartiger Mix aus Naturmaterialien reduziert darüber hinaus den Ausstoß der grauen Emissionen gegenüber einem in konventioneller Massivbauweise erstellten Bürobau um mehr als 50%. Der geplante Bau trägt den Namen HORTUS – House of Research, Technology, Utopia and Sustainability.

1.2. Areal

Das HORTUS wird Teil des BaseLink Areals in Allschwil bei Basel. Dort beziehen in den nächsten Jahren unter anderem der Switzerland Innovation Park Basel Area, das Schweizerische Tropen- und Public-Health-Institut, das Pharmaunternehmen Basilea Pharmaceutica Ltd., sowie das Department of Biomedical Engineering und das Innovation Office der Universität Basel ihre Büros und Labors.

Basel ist nach Zürich und Genf die drittgrößte Stadt der Schweiz. Sie liegt im äußersten Nordwesten des Landes im Dreiländereck Schweiz, Frankreich und Deutschland am Rheinknie. In der trinationalen Metropolitanregion Basel-Mulhouse-Freiburg leben zurzeit etwa eine Million Menschen. Basel ist eines der weltweit wichtigsten Zentren der pharmazeutischen Industrie, mit der Novartis AG, F. Hoffmann-La Roche, Syngenta AG und der Lonza Group. In Basel und seiner Agglomeration gibt es verschiedene Life Science Cluster. Der Neueste entsteht auf dem ehemaligen Familiengartenareal am Bachgraben in Allschwil, das jetzt BaseLink heißt und von verschiedenen Investoren entwickelt wird.

Das größte Gebäude des Areals, der Switzerland Innovation Park Main Campus, wurde im August 2022 seinen Nutzern übergeben. Der hochoptimierte, flexibel nutzbare Betonbau entsteht ebenfalls in einer Zusammenarbeit von Herzog & de Meuron mit ZPF Ingenieure im Auftrag von SENN.

1.3. Auftrag

Nach der Planung des SIP Main Campus auf dem BaseLink-Areal bekommen ZPF Ingenieure von der Bauherrschaft die Anfrage, für dasselbe Areal mit Herzog & de Meuron einen Büroneubau zu entwickeln, der neue Maßstäbe im Bereich der Nachhaltigkeit setzt. Das Gebäude soll sich in einer Generation (30 Jahre) energetisch amortisieren und zirkuläres Bauen erlauben. Zudem sollen die Zielvorgaben des SIA-Merkblatts 2040 «Effizienzpfad Energie» bezüglich der durch die Erstellung bedingten Treibhausgase eingehalten und die der Grauen Energie noch übertroffen werden.

Das HORTUS wird seine Erstellungsenergie innerhalb einer Generation, also unter 30 Jahren, «zurückzahlen». Dies wird einerseits dadurch erreicht, dass die gesamte verbaute Energie dank Einsatz von Materialien wie Holz, Lehm und Altpapier geringgehalten wird. Andererseits wird die Energieernte über Photovoltaik maximiert. Und wenn HORTUS nach vielen Jahren der Nutzung nicht mehr gebraucht wird, werden seine Teile kompostiert, wiederverwendet oder zumindest thermisch verwertet.

2. Analyse Nachhaltigkeitsziele

2.1. Die 3 Säulen der Nachhaltigkeit

Für HORTUS soll die Vereinbarkeit von ökologischer und ökonomischer Nachhaltigkeit sichergestellt und in der Breite angewendet werden. Es soll kein Luxus-Ökobau entstehen.

2.2. Betrachtung von CO₂ und Energiebedarf

Der Bausektor ist für etwa 50% des weltweiten CO₂-Ausstosses verantwortlich ^[1] (die Zementindustrie allein für 8%). Die Hälfte davon entfällt auf Betrieb und Nutzung («operational carbon»), die andere Hälfte ist mit der Erstellung und der Fabrikation der Bauten und Baustoffe verbunden («embodied carbon») ^[2].

Seit der ersten Ölpreiskrise in den 1970er Jahren liegt der Fokus beim Bauen auf der Reduktion des «operational carbon». In Zukunft werden wir uns auf die Reduktion des «embodied carbon» konzentrieren.

2.3. Verteilung der Umweltbelastungen im Gebäude

Als ersten Schritt untersuchen wir anhand gängiger Schweizer Normen (SIA 2032-2010) ^[3], welche Bauteile welchen Anteil am Gebäude und an seinem CO₂-Fussabdruck haben. Dabei betrachten wir Gebäude nicht nach Gewerken, sondern nach Bauteilen und finden heraus, dass die großen Bauteile Wände, Decken, Fassaden, Fundament und Dach zusammengenommen über 80% der CO₂-Emissionen der Gebäudeerstellung ausmachen. Im Umkehrschluss bedeutet das, dass wir nur 5 Bauteile optimieren müssen, um 80% des CO₂-Ausstosses zu verbessern – denn die Betriebsenergie soll das Gebäude selbst erzeugen.

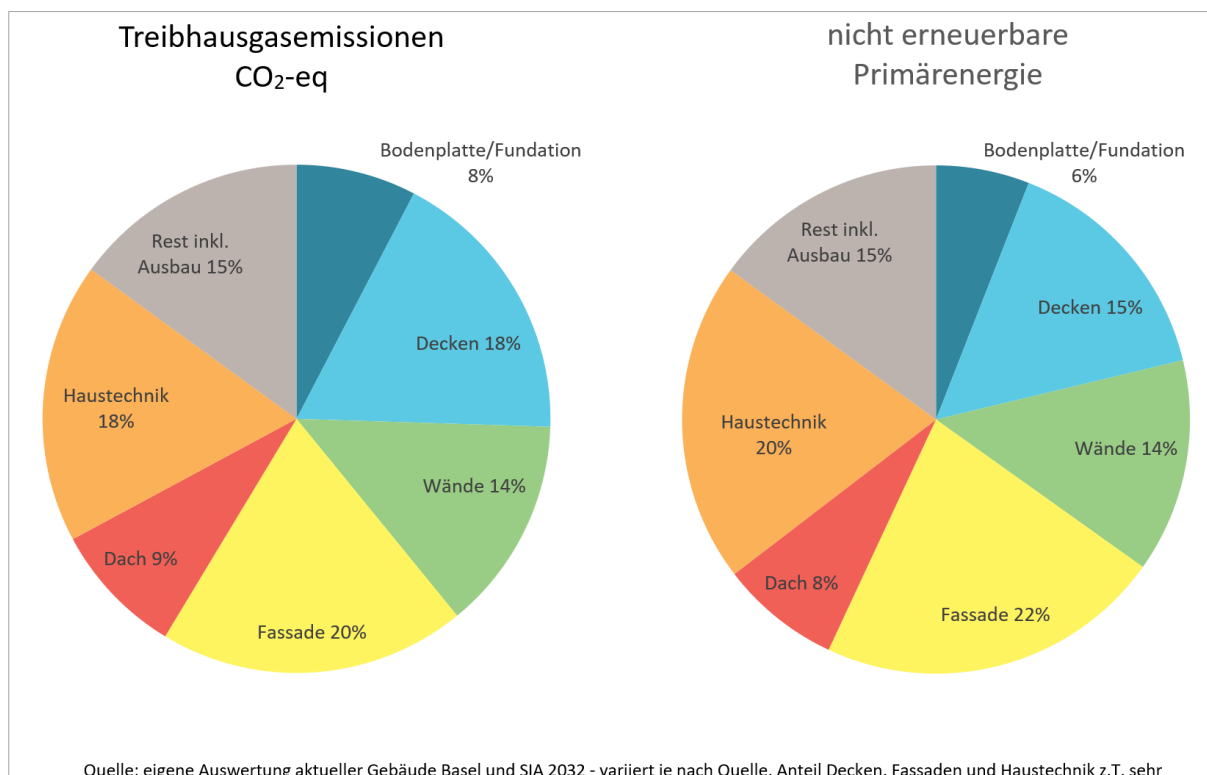


Abbildung 1: Analyse der Verteilung der Umweltbelastungen; Quelle vgl. Grafik

Von diesen fünf Bauteilen identifizieren wir Decken, Fassade und Wände als wesentlich, untersuchen und optimieren sie weiter. Dazu vergleichen wir zunächst unterschiedliche Standard-Decken- und Tragsysteme sowie Stützenraster nach Gesichtspunkten wie ökologischer

[1] Vgl. Langen, K. 2019; Bauwirtschaft und Klimaschutz: Stahl, Beton und Zement verschlingen Energie; Deutschlandfunk Kultur;

[2] Vgl. Prof. Dr. Habert, Guillaume; Eine Diät für fossil erzeugte Gebäude; TEC21 Nr. 11-2022 vom 08.04.2022, Seite 24 ff; Espazium Der Verlag für Baukultur;

[3] Vgl. SIA-Merkblatt 2032:2010: Graue Energie – Ökobilanzierung für die Erstellung von Gebäuden; © SIA Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein 2010;

und ökonomischer Nachhaltigkeit sowie Nutzungstauglichkeit. [4] Der Vergleich zeigt, dass neben dem Material vor allem auch die daraus abgeleitete Konstruktion über die Nachhaltigkeit entscheidet. Kurz: Je weniger Material in der Konstruktion, desto nachhaltiger.

2.4. Umkehr der Herangehensweise

Für diese ungewöhnliche Aufgabe scheinen uns die gängigen Wege nur bedingt zielführend. Also hinterfragen wir zunächst den Planungsprozess an sich: Was passiert, wenn wir nicht das Tragwerk auf Grundlage des Architekturentwurfs, sondern die Architektur basierend auf dem optimalen Tragwerk entwickeln? Wenn das Gebäude also in einem inversen Prozess vom Material über die Konstruktion zur Architektur entsteht?

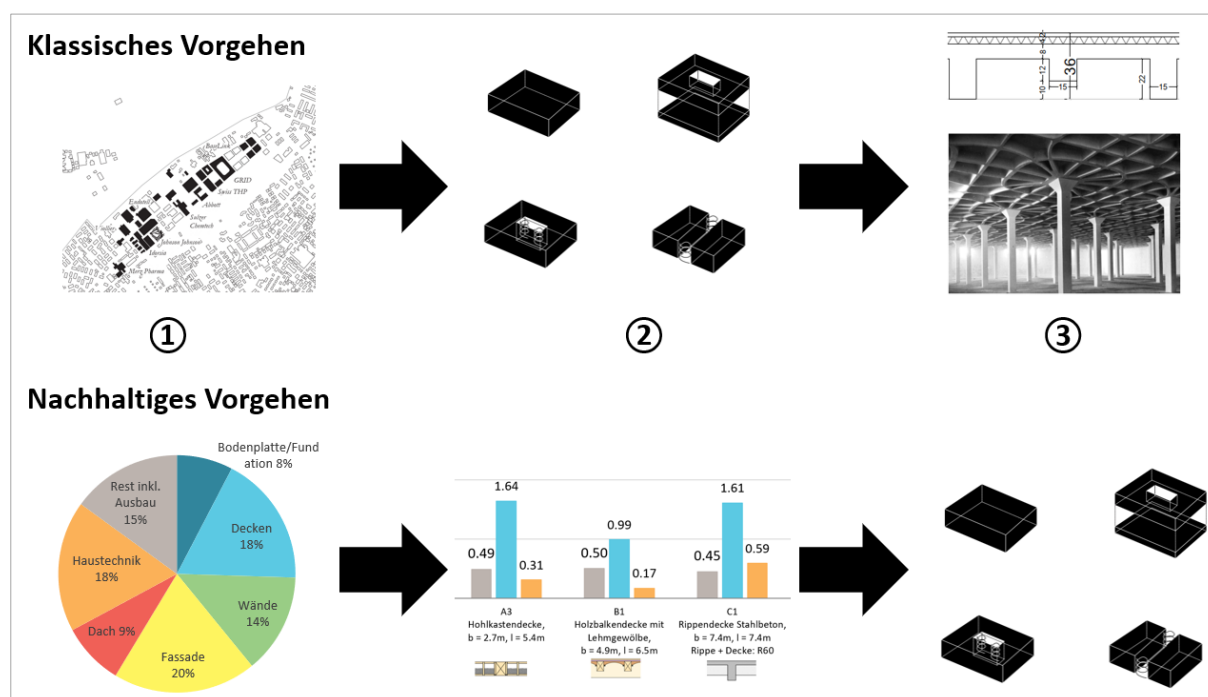


Abbildung 2: Umkehr der Herangehensweise; Quelle: Herzog & de Meuron

2.5. Übersicht HORTUS

Das Gebäude ist über einen breiten Durchgang in das Atrium, das grüne Herz, zugänglich. Zu einem Laubengang hin öffnen sich im Erdgeschoss öffentlich nutzbare Räume. Von hier werden die ringförmig angelegten ca. 10.000 m² Büronutzflächen in den Obergeschossen erschlossen. Regenwasser wird für das Biotop im Atrium verwendet. So entsteht eine grüne Oase mit Mikroklima, die Lebensraum für Pflanzen und Tiere schafft. Dank seiner hohen Aufenthaltsqualität dient das Atrium zusätzlich als Erholungsort für Mitarbeitende. Ein Wintergarten lädt im hinteren Bereich zum Arbeiten ein. Das Erdgeschoss ist ein belebter, für alle zugänglicher Ort. Die vertikal berankten Innenhoffassaden filtern CO₂ und andere Schadstoffe und sorgen so für ein angenehmes Raumklima und Wohlbefinden.

Die offenen Grundrisse ermöglichen ein großes Maß an Flexibilität und unterschiedliche Nutzungen. Jedes Stockwerk verfügt über gemeinschaftlich nutzbare Aufenthaltsräume für Mitarbeitende. Das Erdgeschoss wird mit gastronomischem Angebot öffentlich genutzt und nach Süden öffnet sich das Gebäude mit einer Terrasse zu einem vorgelagerten Park.

Das Team untersucht verschiedene Gebäudekonstellationen immer auch hinsichtlich ihrer Umweltbelastung. Dabei stellt sich für die Grundstücksgröße und -form der Gebäudekörper mit Innenhof und ohne Unterkellerung als optimal heraus.

[4] Vgl. ZPF Ingenieure (2021): Deckensysteme im Vergleich, in Themenfokus «Hortus», Hochparterre; <https://www.hochparterre.ch/nachrichten/themenfokus/blog/post/detail/irb-6700-und-der-dreck/1627550418-2/>

Das Atrium erhöht den Tageslichteinfall und verringert die Raumtiefe. Dadurch kann auf eine mechanische Lüftung verzichtet werden, die Fenster können für eine natürliche Querlüftung geöffnet werden, was auch zur Nachtauskühlung dient. Die kompakte Gebäudeform reduziert Energieverluste und den Ausstoß grauer Emissionen. Auf ein Kellergeschoss aus Beton wird verzichtet, wodurch der Aushub und die Anteile an energieintensiver Konstruktion unter Terrain minimal bleibt und der Bau geradezu über der Landschaft schwebt. Die Luft unter dem Gebäude ist im Sommer kühl und im Winter warm. Dieser energetische Vorteil wird gemeinsam mit Geothermie, die das Haus mit Energie zum Heizen und Kühlen versorgt, zur Temperaturregulierung im Gebäude genutzt. Eine Photovoltaik-Fläche von ca. 5.000 m² auf dem Dach und entlang der externen Brüstungen sorgt für eine unabhängige Versorgung mit erneuerbarer und ressourcenschonender Solarenergie und schafft gleichzeitig so viel Überschuss, dass die graue Energie für den Bau des Gebäudes innerhalb von 30 Jahren wieder abgebaut wird. Nach einer Generation ist HORTUS somit ein energiepositives Gebäude.



Abbildung 3: Visualisierung HORTUS; © Herzog & de Meuron

Der Entwurfsprozess unterliegt einer ausgeprägt analytisch-akademischen Materialanalyse, bei der Baumaterialien auf ihre ökologischen und physikalischen Eigenschaften geprüft und verglichen werden. Ein Hauptkriterium dabei ist, dass der Ursprung möglichst natürlich und aus nachwachsenden Rohstoffen sein soll. Ganz im Sinne des Cradle-To-Cradle-Prinzips werden alle verwendeten Bauteile katalogisiert, um im ökologischen Kreislaufsystem für eine Wiederverwertung zur Verfügung zu stehen.

Eine reduzierte Palette aus erneuerbaren Materialien wie Holz, Lehm und Zellulose, sowie Glas für Fenster und Solarpaneele unterstreichen den ökologischen Grundgedanken des mehrgeschossigen Holzbaus.

HORTUS zeigt, dass Nachhaltige Gebäude zugleich ästhetisch, gesund und nützlich für Gesellschaft, Umwelt und Wirtschaft und lokale Energie- und Rohstoffquellen sein können.

3. Die Holz-Lehm-Decke

Aus unseren Untersuchungen und Vergleichen verschiedener Fassaden- und Wandsysteme hinsichtlich ökologischer Nachhaltigkeit und Wirtschaftlichkeit, kristallisiert sich als ideal für das HORTUS ein System heraus, bei dem wir Holz und Lehm miteinander kombinieren – und zwar in einer Art und Weise, in der die jeweiligen Materialien ihre Stärken hinsichtlich Tragfunktion, Bauphysik und Ästhetik vollumfänglich zur Geltung bringen können.

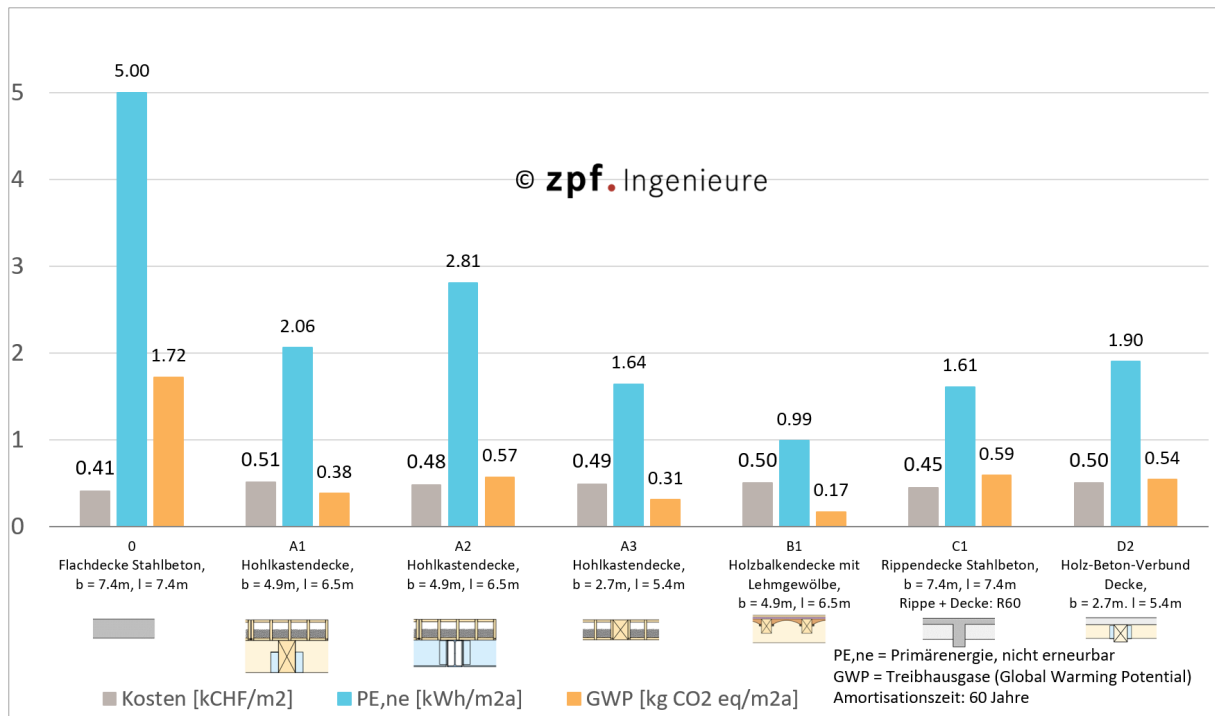


Abbildung 4: Ökobilanz von Deckensystemen; © ZPF Ingenieure

3.1. Material

Die primäre Tragstruktur besteht aus Vollholz Fichte/Tanne und – wo große Kräfte auftreten – aus Stabschichtholz Buche. Um möglichst unverleimtes Vollholz einsetzen zu können, berücksichtigen wir marktübliche Querschnitte. Und für Formstabilität und Querkrafttragfähigkeit beschränken wir uns auf marktfreie Querschnitte wo immer möglich. Anstelle des Buchen-Stabschichtholzes sind zunächst verzahnte Buchenbalken vorgesehen, was aber wegen des Materialverhaltens nicht realisierbar und zudem teuer ist. Die Beplankung der Deckenoberseite ist aus Dreischichtplatten, nachdem wir diagonalverlegte Holzbretter verwenden mussten. Den Lehm stampfen wir materialgerecht, also ausschließlich druckbeansprucht als Gewölbe zwischen den Holzträgern ein. Er wirkt brandschützend für die Holzteile und durch seine Masse werden die schallschutztechnischen Eigenschaften der Decke deutlich verbessert.

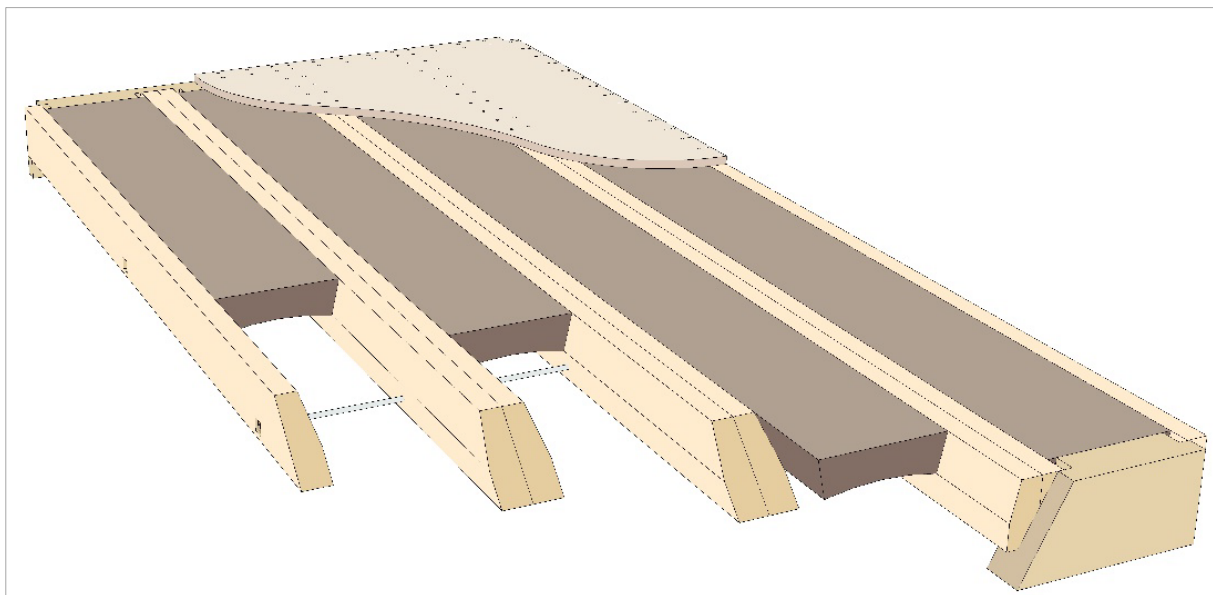


Abbildung 5: Konstruktion Holz-Lehm-Deckenelement; © ZPF Ingenieure

Lehm reguliert Feuchte, neutralisiert Gerüche und wirkt antiseptisch. An der Deckenunterseite bietet er eine einfach aktivierbare thermische Masse zur Wärmespeicherung – perfekt für ein angenehmes Raumklima. Lehmvorkommen gibt es vielerorten, sodass es ein lokaler Baustoff ist und der optimalen Stampflehmmischung i.d.R. lediglich noch diverse Zusätze beizumengen sind.

3.2. Konstruktion

Wir entwickeln die Holz-Lehm-Decke mit wiederlösbaren Steck- oder Schraubverbindungen im Full Circle Design. Der naturbelassene Lehm und die unbehandelten Vollholzbalken können am Ende ihres Lebenszyklus einfach und nahezu vollständig in den natürlichen Kreislauf zurückgeführt oder recycelt werden. Die metallischen Verbindungsmittel werden vollständig recycelt, die restlichen Holzelemente werden um-/weitergenutzt, zu Holzwerkstoffen verarbeitet oder – im ungünstigsten Fall – thermisch verwertet.

Nachdem der Feuerwiderstand REI60 für das Deckensystem auf Grundlage eines Brandversuchs bestätigt wurde, müssen wir im nächsten Schritt herausfinden, wie wir eine solche Holz-Lehm-Decke ökonomisch herstellen können, damit sie mit Betondecken konkurrieren kann. Das Rohmaterial Lehm ist mit ca. 40 €/m³ deutlich günstiger als Beton. Aber die bisher übliche Verarbeitung von Stampflehm benötigt in erster Linie Manpower und Zeit, also hohe Personalkosten, sodass letztlich eine Lehmdecke bei rund 600 €/m² und eine Betondecke bei 200 €/m² liegt. Ziel muss sein, mit den Kosten für den Quadratmeter Lehmdecke unter 200 € zu kommen. Hierzu laufen Versuche für die automatisierte Herstellung unter Einsatz von Robotern. Und parallel entwickeln wir mit Unternehmen Produktionsweisen, da es bislang keine standardisierte automatisierte Verarbeitung von Lehm gibt. Von der Baustellenfabrikation haben wir uns mittlerweile verabschiedet – sie fordert erhebliche Maßnahmen in der Baustelleneinrichtung, die letztendlich die CO₂-Bilanz im Vergleich zum Materialeinbau im Werk und Anlieferung auf die Baustelle verschlechtern und zudem die Kosten erhöhen.

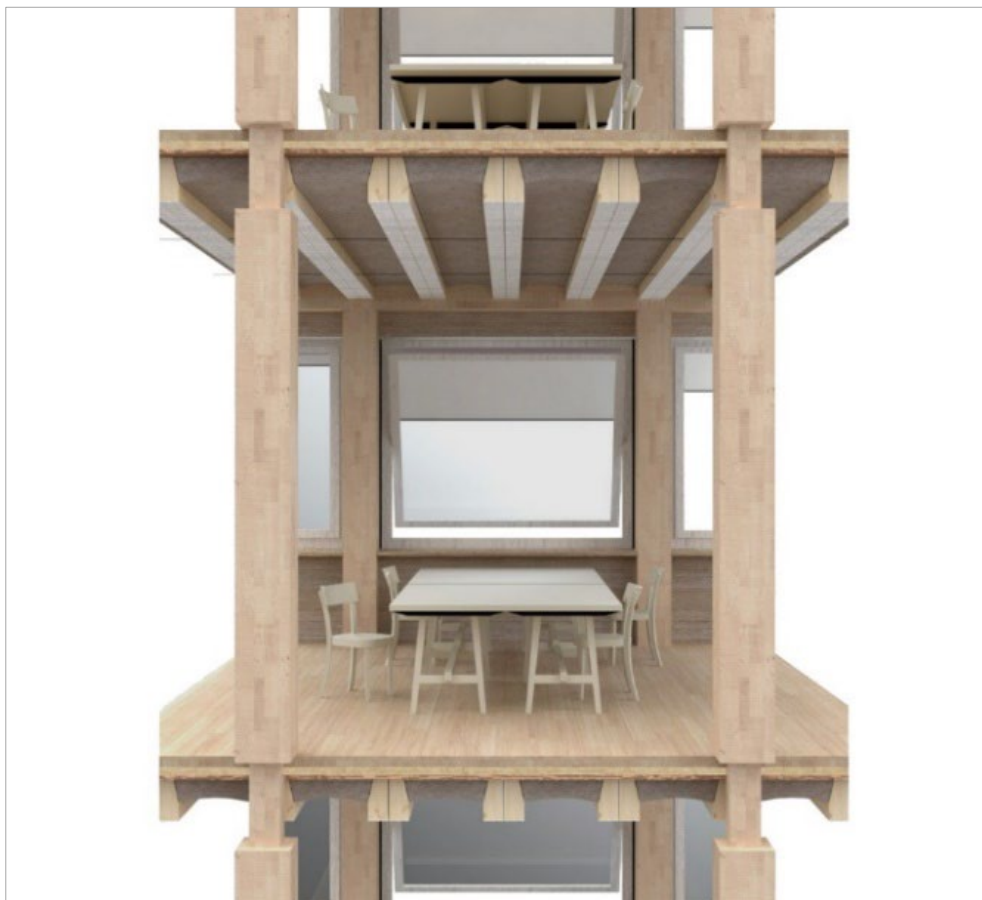


Abbildung 6: Visualisierung Konstruktion HORTUS; © Herzog & de Meuron

Das Tragsystem von HORTUS ist ein flexibler, effizienter Skelettbau mit innenliegenden Fachwerken zur Aussteifung. Der Gebäudeentwurf von Herzog & de Meuron basiert auf dem Trag- und dem Deckensystem sowie dem auf die ökologische Nachhaltigkeit hin optimierten Stützenraster von 2.8 m x 5.6 m. Planerteam und Investor untersuchen gemeinsam verschiedene bauliche Optionen, um im Spannungsfeld von Kosten- und Nutzungsoptimierung und weiteren Aspekten Lösungen zu finden, durch die HORTUS einen neuen Standard für Nachhaltigkeit setzt.

3.3. Startup rematter.earth

In Frühjahr 2022 gründen wir mit Forschungspartnern ein eigenes Startup: «rematter.earth». Mit Rematter wollen wir die Forschung, Entwicklung, Herstellung und Verbreitung eines vollwertigen Ersatzes für Betondecken durch hochinnovative, skalierbare und nachhaltige Holz-Lehm-Elemente vorantreiben ^[5]. Durch den Ersatz von Betondecken durch Lehm kann der CO₂-Ausstoss signifikant reduziert werden. Die ersten Patente sind angemeldet, und die ersten Projekte sind in Arbeit.

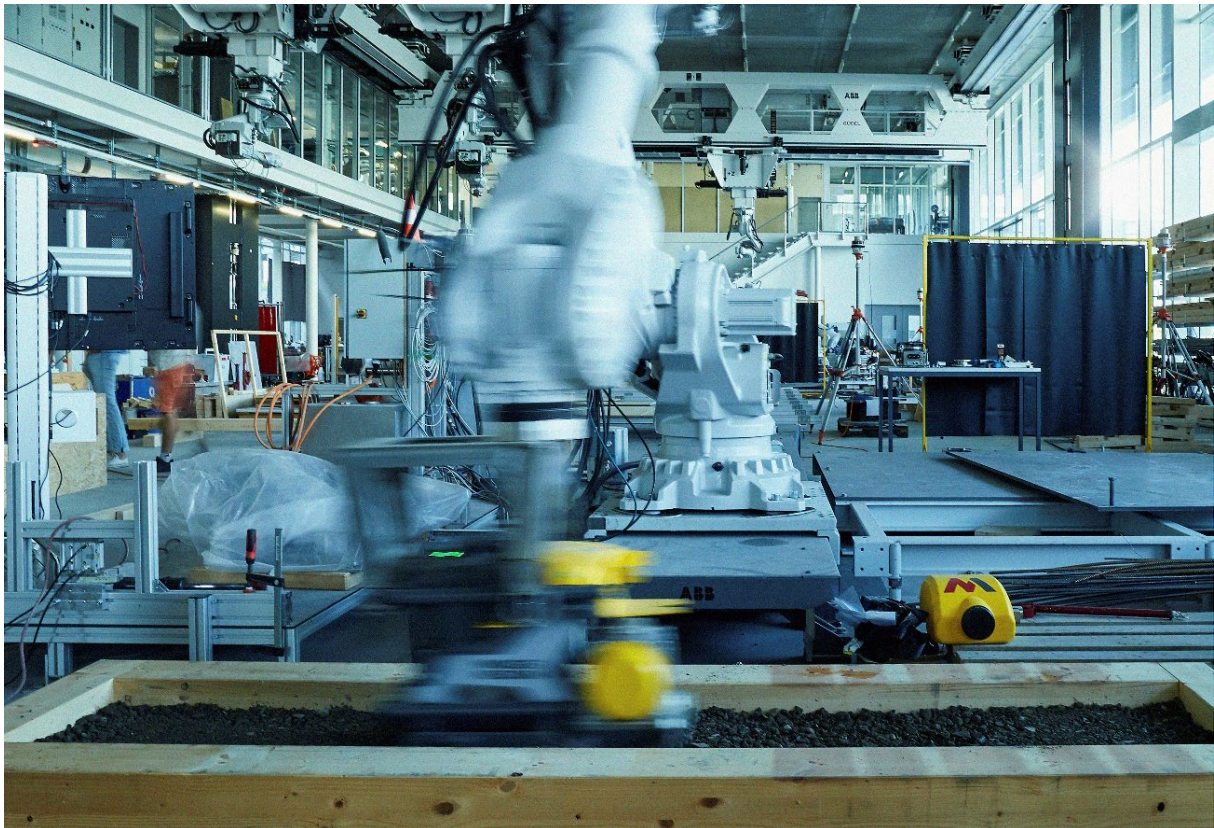


Abbildung 4: Versuch für die automatisierte Herstellung eines Holz-Lehm-Deckenelements; Foto © Ephraim Bieri

3.4. EcoTool

Unsere Vergleiche verschiedener Wand, Decken und Fassadenaufbauten hinsichtlich ihrer Nachhaltigkeit entwickeln seit ihrer Erstanwendung für HORTUS eine Eigendynamik. In der Folge beauftragt uns der Kanton Basel-Stadt, ein Excel-Tool für den Einsatz bei Architekturwettbewerben zu erarbeiten, denn die ökologische Nachhaltigkeit soll in Basel ein wichtiges Kriterium zur quantitativen Beurteilung eingereichter Beiträge sein. Mit dem Tool können zunächst die wesentlichen Bauteile Wände, Decken, Fassaden, Fundament und Dach, mittlerweile ganze Neubauten, zukünftig auch Umbauten, Sanierungen und Mischformen, basierend auf aufgearbeiteten und vereinfachten Werten der «Ökobilanzdaten im

[5] Vgl. www.rematter.earth;

Baubereich» der KBOB, Stand 2022 ^[6] bezüglich ihrer ökologischen Nachhaltigkeit abgeschätzt werden. Dieses Excel-Tool entwickeln wir weiter, zur Web-App, die EcoTool ^[7] heißt und seit Frühjahr 2023 online zur Verfügung steht – für alle und kostenlos.

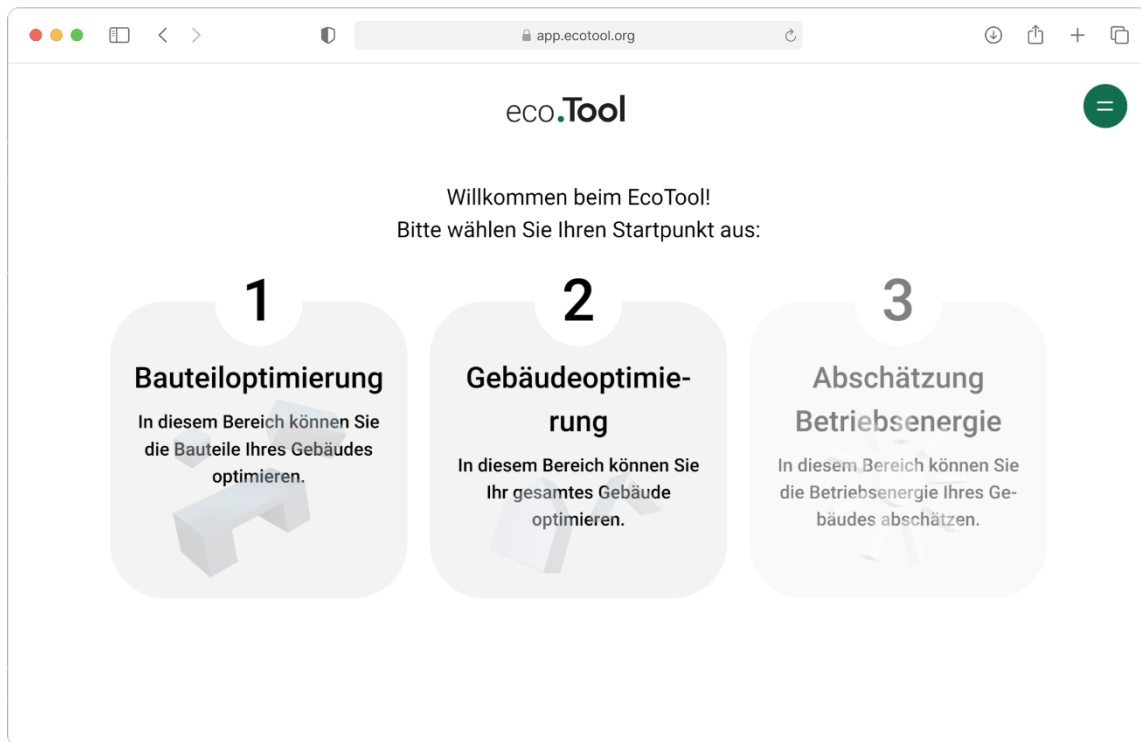


Abbildung 5: Gebäudeanalyse mit EcoTool von ZPF Ingenieure

[6] Vgl. Koordinationskonferenz der Bau- und Liegenschaftsorgane der öffentlichen Bauherren KBOB; Ökobilanzdaten im Baubereich 2009/1:2022; www.kbob.admin.ch/kbob/de/home/themen-leistungen/nachhaltiges-bauen/oekobilanzdaten_baubereich.html;

[7] Vgl. www.ecotool.org;