Zeitschrift: Tec21
Herausgeber: Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein
Band: 136 (2010)
Heft: 26: Learning Center EPFL

Artikel: Technik nach Mass
Autor: Moser, Rolf / Jaboyedoff, Pierre
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-109630

Nutzungsbedingungen
Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation
L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use
The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 15.07.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

TECHNIK NACH MASS

Die Gebäudetechnik des Learning Centers der EPFL erforderte innovative Ideen und die Zusammenarbeit vieler Fachleute und Firmen. Das Gebäude musste trotz nahezu fehlenden Steigzonen und mangelndem Platz in der Decke technisch ausgerüstet werden. Zudem galt es, unter erheblichem Kostendruck hohe energetische und architektonische Ansprüche zu erfüllen.

Bereits in der Wettbewerbs- und Konzeptphase legte die Bauherrschaft Wert auf alternative Ansätze. Diese waren angesichts des ungewöhnlichen Konzeptes des Gebäudes auch notwendig, wollten die Architekten doch fast komplett auf vertikale Verbindungen im Erdgeschoss verzichten. Es wurde deshalb flächendeckend eine natürliche Lüftung vorgeschlagen. In der folgenden Projektphase wurde dieses Grundkonzept weiterentwickelt, um den Frischluftbedarf der Nutzer auch bei geschlossenen Fenstern zu garantieren.

INNOVATIVES ENERGIEKONZEPT

Die natürliche Lüftung ist ein wesentlicher Grundpfeiler des Energiekonzeptes. Ab Aussentemperaturen von rund 14 °C wird das Gebäude natürlich belüftet und gekühlt. Als Grundlage für die Dimensionierung und Ausgestaltung führte das Büro Sorane aufwendige Simulationen durch (Abb. 2–4). Die natürliche Lüftung lebt von den Höhenunterschieden, die sich aber auf die verschiedenen Bereiche des Erdgeschosses unterschiedlich auswirken. Die Simulation wies nach, dass die Lüftung und Kühlung für alle Nutzungsbereiche gute Resultate liefert, die Wärme in den beiden höchstgelegenen Zonen der Studierendenarbeitsplätze und des Restaurants jedoch nicht vollständig abgeführt werden kann. Dort wurde deshalb zur Unterstützung eine Kühldecke eingebaut. Sobald diese aktiviert wird, schliessen sich die Fenster in den entsprechenden Zonen. Eine weitere Einschränkung für die natürliche Lüftung ergibt sich für die innen liegenden (abgetrennten) Räume: Diese besitzen keine Öffnungen gegen aussen und werden deshalb das ganze Jahr über mechanisch belüftet.
Parallel zur Lüftung und Kühlung sollten die zu öffnenden Fenster auch für die Entrauchung des Erdgeschosses genutzt werden. Für diese Anwendung verlangte die Gebäudeversicherung spezielle Simulationen mit definierten Brandszenarien. Im Brandfall werden die rund 140 Fenster des Erdgeschosses komplett geöffnet.
Für die natürliche Lüftung ist die Strategie der Fensteröffnung wesentlich komplexer: Bereichsweise werden die Fenster in vier Positionen gruppenweise geöffnet. Die Regelstrategie wurde so gewählt, dass mit möglichst geringen Fensteröffnungen ein guter Lüftungs- und Kühleffekt erreicht werden kann. Damit wird auch potenziellen Komfortproblemen wie Durchzug und Lärm entgegengewirkt. Bei starken Windböen oder Regen befehlen Wind- und Regenwächter die automatische Schliessung der Fensterflügel.
Wie alle Gebäude auf dem Areal der EPFL profitiert das Rolex Learning Center von einer energetisch vorbildlichen Arealversorgung. Aus einer Seewasserfassung bezieht die EPFL ganzjährig Wasser mit einer Vorlauftemperatur von 7 °C. Dieses wird einerseits als Quelle für Wärmepumpen, andererseits für die Kühlung genutzt. Dies hat dazu beigetragen, dass das Gebäude mit dem Minergielabel ausgezeichnet wurde.

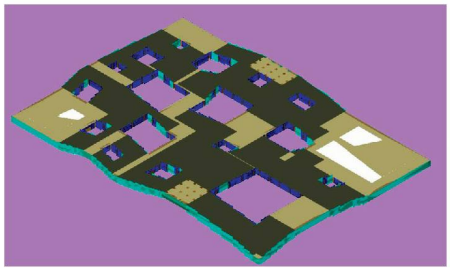
ZURÜCKHALTENDE GEBÄUDETECHNIK

Die Architektursprache des Gebäudes sollte durch eine zurückhaltende Gebäudetechnik unterstützt werden. Im Team mit den Architekten und dem Generalunternehmer wurden daher speziell angepasste Lösungen entwickelt. In einem ersten, lange verfolgten Ansatz wurde die Heizung und Lüftung des Erdgeschosses über Bodenkisten mit Gitterabdeckungen entlang den Fassaden geplant. Diese sollten gleichzeitig für die Beheizung und als Lüftungsauslässe verwendet werden. Weil solche Elemente aber nur in segmentierter Form

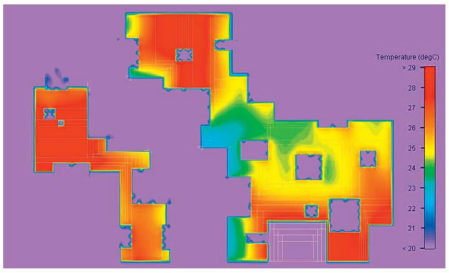
01

01 Die riesige künstliche Landschaft ist nicht in Brandabschnitte unterbrochen. Möglich war diese Ausnahmeregelung, weil die Hausfeuerwehr der EPFL auf der anderen Strassenseite stationiert ist und innert Sekunden vor Ort sein kann. Sprinkleranlagen gibt es keine, um die Bibliothek nicht durch Löschwasser zu beschädigen. Die weisse Gipsdecke ist bis auf die Rauchmelder von sichtbaren Installationen freigehalten; die Beleuchtung ist in Boden, Stützen und Möbel integriert. Der graue Teppich trägt zum ruhigen Bild bei (Foto: js/Red.)
02 Abstrahiertes Zonenmodell des gesamten Erdgeschossbereiches (Grafiken: Sorane SA)
03 Simulation Innentemperatur in der grossen und in der kleinen Schale, Überhitzung bei ursprünglicher Disposition der Fensterflügel
04 Simulation Innentemperatur in der grossen und in der kleinen Schale, Werte bei optimierter Disposition der Fensterflügel

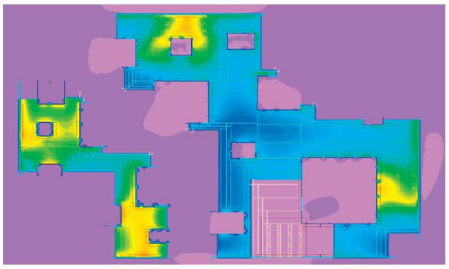
machbar sind, hat man diese Lösung verworfen (formale und technische Probleme entlang Fassadenrundungen bei gleichzeitiger Steigung). Die Belüftung über den Boden wurde schliesslich mit unabhängigen Boden-Quellauslässen umgesetzt. Dazu waren erst handelsübliche Produkte vorgesehen, aus Kosten- und Ästhetikgründen wurden dann aber die Auslässe mit einem statisch verstärkten Lochblech erstellt und mit einem luftdurchlässigen Teppich abgedeckt. Um die langfristige Funktion der Auslässe bei Verschmutzung zu erhalten und um Staubaufwirbelungen zu vermeiden, wurden die Auslässe auf lediglich gut einen Drittel der Durchtrittsgeschwindigkeit eines handelsüblichen Boden-Quellauslasses dimensioniert. Eine besondere Herausforderung bildete dabei die Verklebung des Teppichs mit dem Gitter, ohne einen zu grossen Druckabfall aufzubauen.
In der grossen Bibliothek, die in der Nord-West-Ecke des Gebäudes liegt, müssen stabile Raumtemperaturen und -luftfeuchten eingehalten werden, um Dokumente und Bücher auf Dauer nicht zu schädigen. Die Kühlung wurde aus Kostengründen und wegen des knappen Platzangebots durch Lüftungskanäle mit lokalen Umluftkühlgeräten gelöst. Diese sind aufwendig verkleidet, wodurch eine ästhetisch und akustisch ansprechende Lösung erreicht werden konnte.
Die Fassaden sind verglast, wobei die Zweifach-Isolierverglasung zum Teil gewölbt ist. Aufgrund der grossen Scheibenhöhen musste der Kaltluftabfall an den Scheiben vermieden werden. Dazu waren in den ersten Konzepten Bodenkonvektoren und später Heizkörper vorgesehen; in einer numerischen Simulation wurde anschliessend nachgewiesen, dass der Kaltluftabfall auch mit einer Bodenheizung mit einem entsprechenden Verlegeabstand



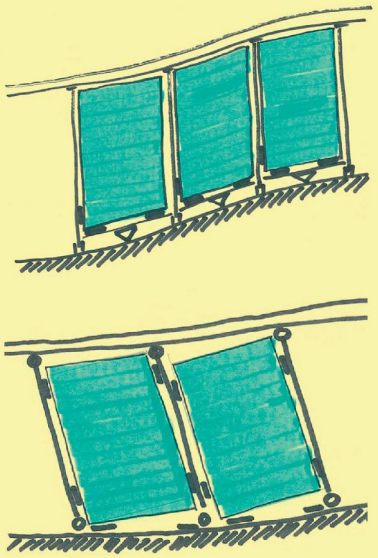
02



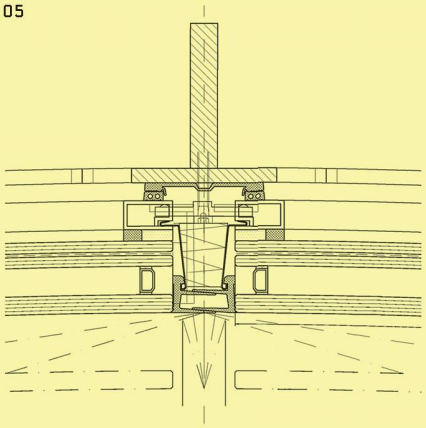
03



04



05



06

07

ROHBAU FORDERT FASSADE

Die Kunst im Fassadenbau besteht darin, architektonische und technische Vorgaben in Einklang zu bringen. Das wird zu einer besonderen Herausforderung, wenn – wie beim Learning Center EPFL – eine anspruchsvolle Geometrie und grosse Tragwerksverformungen aufeinander treffen.

Zwischen Boden- und Deckenplatte spannt sich die Glasfassade wie eine transparente Haut mit planen rhomboïden Scheiben für die Aussenfassaden und konkaven sowie einigen konvexen rautenförmigen Gläsern für die Patios. Technisch gesehen handelt es sich hier um 4700 m² Glas. Das sind 700 Gläser, die fast alle unterschiedliche Formen haben, obwohl alle Scheiben 2.25 m breit und ihre vertikalen Kanten, mit Ausnahme der 4.80 m hohen Multipurpose-Halle, 3.30 m lang sind. Die Computer-Visualisierungen veranschaulichten die architektonischen Vorgaben nach hoher Transparenz und Fluidität der Fassade. Diese wurden durch gebogene Patiogläser, Aussenfassaden ohne vorstehende Abdeckleisten, schlanke Pfosten und möglichst kleine Fugen zwischen den einzelnen Scheiben umgesetzt. Die Gebäudetechnik ihrerseits forderte einen niedrigen U_{cw}-Wert von 1.6–1.7 W/m²K, einen mobilen aussen liegenden Sonnenschutz sowie zahlreiche motorisierte Öffnungsflügel zur natürlichen Belüftung des Gebäudes. Das ist soweit keine aussergewöhnliche Aufgabe. Die grosse Herausforderung für die Fassade und die damit beauftragten Planer und Unternehmer war die Aufnahme der Verformungen des Rohbaus. Im engen Austausch zwischen Fassadenplaner Emmer Pfenninger Partner AG und Bauingenieur Bollinger Grohmann wurden als Grenzwerte für die vertikalen Verformungen der Betonbodenplatte –20 mm und +7 mm unter Kriechen, Schwinden, Eigengewicht, Wind, Schnee, Temperaturschwankungen und Nutzlasten festgelegt. Die von der Fassade aufzunehmenden Bewegungen aus dem Stahl-Holz-Dach wurden auf –30 mm/+15 mm vertikal und ±27 mm horizontal begrenzt. Zwischen diesen beiden sich stark verformenden Ebenen stehen die steifen Glasscheiben, die trotz allen Bewegungen nicht brechen dürfen und eine dichte Fassade sicherstellen müssen. Um die Verformungen der Boden-Betonschale aufzunehmen, wurden die Gläser in der Projektphase nicht direkt auf dem unteren Riegel, sondern auf einem Waagebalken (Abb. 5 oben) geklotzt, der mittig auf dem Riegel gelagert ist und somit die variierenden Neigungswinkel der sich verformenden Bodenplatte neutralisiert. Die Gläser sitzen immer auf beiden Auflagerklötzen und bewegen sich nur auf und ab, ohne zu kippen. Die vertikalen Kanten der Gläser bleiben also immer lotrecht und können sich nicht berühren. Die seitliche Klotzung nimmt bei den rautenförmigen Gläsern mit einer geneigten Auflagerkante einen Teil des Eigengewichtes auf und stellt sicher, dass das Glas nicht in Kontakt mit der Stütze kommt. Für die planen Aussenfassaden funktioniert dieses Prinzip problemlos. Doch bei den gebogenen Patiofassaden können sich die Scheiben aufgrund ihrer winkelförmigen Anordnung aufeinander zu- bzw. voneinander wegbewegen. Das Kippen der einzelnen Gläser führt zu einem Öffnen oder Schliessen der Fuge. Der Weg einer Glaskante zur Fugenmitte hängt direkt von folgenden drei Parametern ab: dem Glasradius, der Auslenkung aus der Fassadenebene und der Elementbreite. Das heisst, je grösser die Auslenkung aus der Fassadenebene y_{lokal}, umso grösser die erforderliche Fuge, je breiter das Element, umso grösser die erforderliche Fuge und je grösser der Radius, umso kleiner die erforderliche Fuge.

Auf der Basis dieser detaillierten Projektanalysen übernahm in der Ausführungsphase die Firma Roschmann die Verantwortung, die Gläser, je nach Verformung der Pfosten-Riegel-Konstruktion, von einer Seite zur anderen kippen zu lassen, also die Scheiben nur einseitig zu lagern (Abb. 5 unten). An einem 1:1-Modell im Werk wurde dieses Verhalten für die gebogene Fassade unter Maximalverformungen in einem mehrwöchigen Versuch erfolgreich getestet.

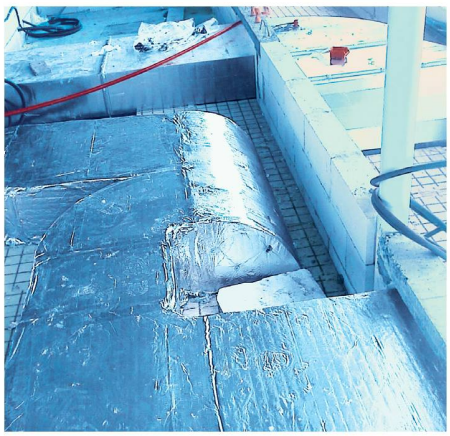
Aus den unterschiedlichen Profilen und Befestigungssystemen, die im Planungsprozess untersucht wurden, wurde für die Ausführung eine Pfosten-Riegel-Konstruktion aus geschweissten T-Profil-Stützen (Flansch 70/10 und Steg 90/15) und asymmetrischen T-Profil-Riegeln gewählt, die sich besonders gut in die Decken- und Bodenkonstruktion integrieren lässt. Die Gläser der Aussenfassaden werden mechanisch im vertikalen Randverbund ohne von aussen sichtbare Befestigung gehalten, um das plane Erscheinungsbild zu erzielen. Die Gläser der Patiofassaden hingegen können nie in ihrer Flucht betrachtet werden und konnten deshalb mit Abdeckleisten ausgeführt werden. Die Zweifach-Isoliergläser bestehen aus einer äusseren 10-mm-Scheibe ESG-H, 14 mm Scheibenzwischenraum mit Argonfüllung und einer inneren 2×6mm-Verbundglasscheibe, welche die Absturzsicherheit gewährleistet. Die Zweifachisolierverglasung hat einen Ug-Wert von 1.1 W/m²K und einen g-Wert von 57 %, der mit den aussen liegenden Lamellenstoren bis auf 15 % reduziert werden kann. Jedes Storenpaket ist gerade, folgt aber facettenförmig in der Ansicht den Neigungswinkeln der wellenförmigen Fassade und im Grundriss den Patioformen.

Betritt man das fertiggestellte Gebäude, spürt man weder die planerischen Anstrengungen noch die hohe Präzision, die auf der Baustelle erforderlich war. Wie in den ersten Visualisierungen prägen die hochtransparenten Fassaden die Leichtigkeit des Gebäudes, sie folgen wie selbstverständlich der Gesamtgeometrie und machen die auftretenden Bewegungen diskret mit.

Steffi Neubert, steffi.neubert@eppag.ch

05 Oben: Handskizze der Projektvariante mit der Glasklotzung auf einer «Waage».
Unten: Handskizze der Ausführungslösung mit der einseitigen Glasklotzung
(Skizzen: EPPAG)
06 Horizontaldetail durch Glasfuge (Projektbasis) (Plan: EPPAG)
07 Glasfassade mit offenem Fensterflügel inkl. der zwei RWA-Kettenantriebe (Foto: Enerconom)

08



09

10

beherrscht werden kann. Der erste Meter ab der Fassadeninnenflucht wurde mit dem sehr engen Verlegeabstand von 10 cm, weitere vier Meter mit einem etwas weiteren von 20 cm realisiert. Die Verteilung erfolgt ab etwa 60 eigens für das Projekt entwickelten Bodenverteilern, in denen gleichzeitig die Regulierung der Heizkreise, die Überwachung der Fenster und die Steuerung der Volumenstromregler erfolgt. Die Steuerung der Fenstermotoren wird aus Brandschutzgründen im Untergeschoss geregelt. Die auf den Säulen aufgebrachten Raumtemperaturfühler wurden eigens für dieses Projekt entwickelt.
Wie vorgängig erwähnt, wurde in den Simulationen in den zwei höchstgelegenen Bereichen der Bedarf an Kühldecken nachgewiesen. Auch für verschiedene Sitzungszimmer musste die geringe Kühlwirkung der Lüftung durch eine Kühldecke ergänzt werden. Die Kühldecken wurden in die Gipsdecke integriert und sind im fertigen Zustand nicht sichtbar (Abb. 8).
Die spezielle Einbauweise und die relativ hohen Vorlauftemperaturen bedingten eine vorsichtige Auslegung der Kühldeckenleistung. Auch für die Elektroerschliessung wurde für das Gebäude eine spezielle Lösung entwickelt. Der Anschluss von Geräten und Licht für die Studierendenarbeitsplätze erfolgt aus ausfahrbahren Bodensteckdosen, die sich diskret in den Bodenaufbau integrieren.

SCHWIERIGE PLATZVERHÄLTNISSE

Eine grosse Herausforderung bildete die Erschliessung für die verschiedenen Installationen. Die Einschränkungen ergaben sich zur Hauptsache aus folgenden Randbedingungen: In der Einstellhalle im Untergeschoss stand für die Verteilung lediglich eine Höhe von 45 cm zur Verfügung, die teilweise noch mit Dämmung belegt ist. In den erhöhten Bereichen des Erdgeschosses konnten gar keine Installationen in den Beton eingebracht werden, weil diese Zonen zu stark mit Bewehrung gefüllt sind. Steigzonen zwischen Boden und Decke des Erdgeschosses gibt es abgesehen von wenigen Ausnahmen keine. Diese Einschränkungen bewogen die Planer zu differenzierten Lösungen. Die Aufbereitung von Luft, Wärme und Elektrizität erfolgt in fünf über den Grundriss verteilten Zentralen; von dort aus wird die Verteilung normalerweise über die Decke der Einstellhalle und dann über die flachen Bereiche des Erdgeschosses im Doppelboden bewerkstelligt. In der Welle konnte die Erschliessung in der Aufbauhöhe der Wärmedämmung integriert werden. Während der Projektentwicklung sah sich das Team mit der Schwierigkeit konfrontiert, dass das Platzangebot insbesondere wegen statischer Anforderungen zurückging und gleichzeitig die Platzbedürfnisse für die Verteilung stiegen. Dies führte dazu, dass in einigen Bereichen der verfügbare Platz für Installationen komplett ausgenutzt und eine aufwendige Koordination nötig wurde (Abb. 9). Im Bereich der Welle wurde für die Verteilung von Luft und Wärme die Aufgabe mit flexiblen Rohrmaterialien gelöst (Abb. 10).

MASSANZUG MIT BESCHRÄNKTEM SPIELRAUM

Die Erfahrungen aus den ersten Betriebsmonaten zeigen: Das Gebäude funktioniert, und der Minergiestandard ist erreicht. Die komplexen Aufgaben konnten nur dank einer engen Zusammenarbeit aller an der Planung und Realisierung beteiligten Firmen erfolgreich gelöst werden. Der Erfolg ist umso höher zu bewerten, als das Gebäude auch unter grossem Kostendruck realisiert werden musste.
In Bezug auf die Nutzungsflexibilität sei indes auch ein kritischer Blick erlaubt: Die zukünftigen Entwicklungsmöglichkeiten sind durch den massgeschneiderten Gebäudetechnik-Anzug mit einem konventionellen Projekt sicherlich nicht vergleichbar, weil relativ beschränkt. Nachrüstungen sind – insbesondere im Bereich der Welle – nur unter Vorbehalt möglich, Platzreserven sind kaum vorhanden. Immerhin wurden die technischen Anlagen auf den installierten Teilen mit leichten Leistungsreserven realisiert. So wird das Gebäude im Rahmen seiner Zweckbestimmung seine Aufgabe auch in Zukunft befriedigend erfüllen.

08 Kühldecke (Fotos: Enerconom)
09 Installationen im Doppelboden
10 Flexible Rohre im Boden der Welle

Rolf Moser, Enerconom AG, moser@enerconom.ch
Pierre Jaboyedoff, Sorane SA, pierre.jaboyedoff@sorane.ch