Zeitschrift: Tec21
Herausgeber: Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein
Band: 142 (2016)
Heft: 22: Empa NEST : Brutplatz für die Forschung

Artikel: Solides Rückgrat
Autor: Schwartz, Joseph / Kostic, Neven
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-632753

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: 12.12.2025

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

Ausrüstung gehören Batterien, Supercaps, ein Hydrolyseur, um Wasserstoff bereitzustellen, modifizierte Brennstoffzellen (die mit einem Erdgas-Wasserstoff-Gemisch funktionieren), Erdsonden, ein Eisspeicher… Auch der Energy Hub lässt sich wie das NEST in unterschiedlichsten Konfigurationen fahren, und auch er ist überdimensioniert; denn wir wollen die Kombination der Elemente testen.

Das NEST und der Energy Hub sind Teile eines Gesamtsystems. Gibt es noch weitere Bausteine?

Hinzu kommt das Projekt «move – Future Mobility Demonstrator» mit unterschiedlichen Fahrzeugen, die man mit unterschiedlichen Energieträgern betanken kann, sei es mit elektrischem Strom, Wasserstoff oder einem Erdgas-Wasserstoff-Gemisch. Neue Fahrzeugantriebskonzepte und ihre Energieversorgung sollen einen möglichst tiefen CO_2-Ausstoss verursachen. Geplant ist ein weiteres Projekt mit der ETH, das zusätzliche Elemente hinzufügen wird. Wir können das NEST als isoliertes System betreiben oder jene Teile davon, die sich bewährt haben, wachsen lassen und mit dem Rest der Empa verknüpfen. In Zukunft soll sich das Ganze wie ein Industriequartier erweitern und verbinden. Wir müssen umdenken, weg vom Einzelobjekt und hin zum Areal. •

> « Wir müssen umdenken, weg vom Einzelobjekt und hin zum Areal. »

Das Interview führte *Judit Solt*, Chefredaktorin.

TRAGWERK

Solides Rückgrat

Für die einwandfreie Montage der auswechselbaren Forschungsmodule von aussen waren möglichst weit auskragende Decken gefordert. Die Ingenieure entwickelten ein Traggerüst mit eigens konstruierten Stahlpilzen und mit präziser Spannkabelführung – dies sogar im Holzdach.

Text: Joseph Schwartz, Neven Kostic

Das Nutzungskonzept des Forschungsgebäudes NEST forderte Architekten und Tragwerksplaner gleichermassen heraus. Man war sich einig, dass das als grosses Regal konzipierte Gebäude an allen Fassadenflächen offen bleiben und keinerlei Tragelemente in den Fassadenebenen aufweisen sollte. Der Wunsch nach möglichst grossen Deckenflächen für die stockwerkhohen Forschungsmodule bedingte eine Tragstruktur mit entsprechenden Deckenauskragungen, die hohe Anforderungen an die konzeptionelle Entwicklung und die konstruktive Ausbildung des Stahlbetonbaus stellte.

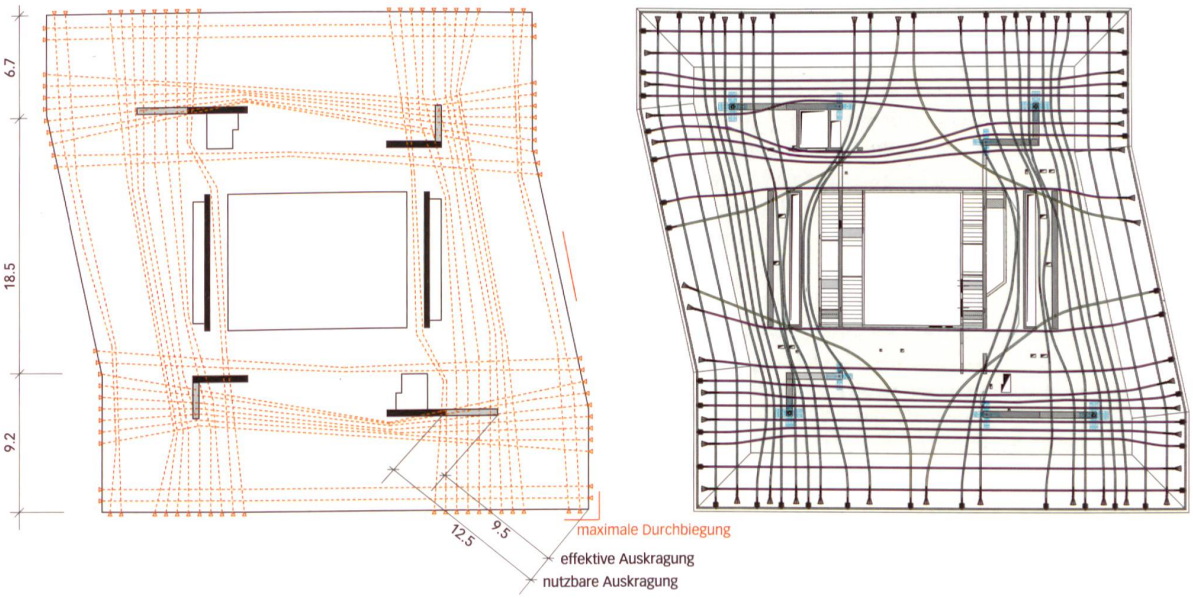
Uneingeschränkte Nutzfläche

Die Planer entwarfen das Konzept in enger interdisziplinärer Zusammenarbeit und entwickelten es zur Optimierung der Nutzungsanforderungen konsequent weiter (Abb. S. 35 unten). Von Anfang an war klar, dass sich die Nutzung am besten mithilfe eines zentralen Kerns erfüllen lässt, der die Erschliessung, die technischen Installationsschächte sowie die wenigen dienenden Räume aufnimmt. Der sich aus dem kastenförmigen Untergeschoss entwickelnde doppelwandige Kern wirkt als Rückgrat der gesamten Struktur, spannt die auskragenden Deckenplatten ein und steift das Gebäude aus. Durch geschickte Anordnung der Wände im Untergeschoss konnten die sehr grossen Kernkräfte möglichst gleichmässig durch die Bodenplatte in den Baugrund eingeleitet werden, sodass das Gebäude flach fundiert werden konnte.

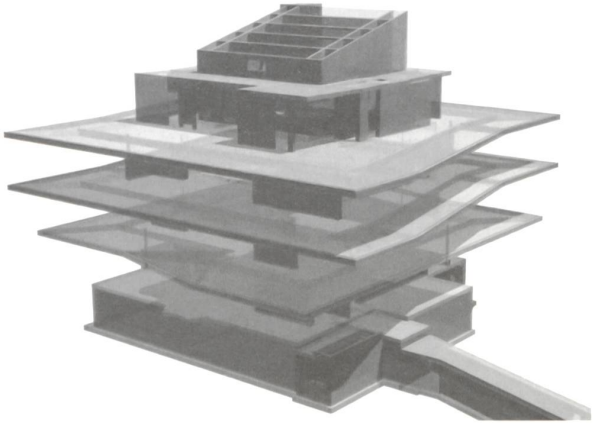
Anlässlich der intensiven Konzeptbesprechungen wurde nach Möglichkeiten gesucht, den Umfang und die Tiefe der Nutzflächen zu variieren und weiter zu vergrössern, was letztlich zum Abweichen von einer rein prismatischen Gebäudefigur führte. Durch die stockwerkweise verschränkte Anordnung der im Grundriss polygonal verlaufenden Deckenränder wurde es nämlich möglich, Nutzflächen zu generieren, die nicht mehr allein durch die effektiven statischen Auskragungen begrenzt sind. Infolge der auf auskragenden Wandscheibenelementen hängenden beziehungsweise aufgelegten Deckenbereiche konnte zum Teil auf streng

Bis zu 9.5 m statische Auskragung, Nutzlasten von 12.0 kN/m² und 60 cm starke Geschossdecken: Die Vorspannung der Decke mit Flachkabeln war unumgänglich, und die Spannkabel mussten in ihrer Lage und Höhe minutiös auf der Baustelle verlegt werden.

Foto: Pietro Corsentino, Streuli; Pläne: Dr. Schwartz Consulting



Grundriss mit den kritischen Bereichen. Die maximale statische Auskragung beträgt 9.1 m, während die nutzbare Auskragung bis 12.5 m beträgt. Links: **Vorspannkonzept** der Decken. Rechts: **bauliche Umsetzung**. Mst. 1:500.



Durch **die stockwerkweise unterschiedlich langen und teilweise auskragenden Wände** werden grosszügige Nutzflächen generiert.

übereinanderliegende Wände verzichtet werden; so wurden stockwerkweise alternierend Deckenbereiche entwickelt, deren nutzbare Auskragung grösser ist als die effektive statische Auskragung (Abb. oben).

Sonderanfertigung gegen Durchstanzen

Die sich daraus ergebenden tragwerkstechnischen Herausforderungen sind aus den Abbildungen S. 37 ersichtlich. Es sind einerseits die grossen Schubbeanspruchungen der Decken in den Bereichen der Wandenden und andererseits die Durchbiegungen an den Deckenrändern. Zur Vermeidung von Durchstanzversagen der Decken im Bereich der Wandenden war die Anordnung einer lokalen Schubverstärkung unerlässlich. Mit Bügelbewehrung allein konnte der Durchstanzwiderstand der 55 bis 60 cm starken Obergeschossdecken unter maximal 6.5 MN nicht gewährleistet werden. Es wurden spezielle in der Sichtbetonkonstruktion integrierte Stahlpilze entwickelt, die eigens für diesen Bau konstruiert wurden. Diese Durchstanzpilze wurden mit weiteren in den Beton integrierten Stahlelementen ergänzt, die die Funktion kräftiger Bewehrungen übernehmen. Einerseits sind dies die schweren Druckbewehrungen aus Vollrundstahl, die die erwähnten grossen Deckenlasten mittels Kopfbolzendübeln in die Wände einleiten. Die auskragenden Wandelemente, an denen sowohl unten als auch oben konzentrierte Deckenlasten von rund 6.5 MN wirken, mussten zusätzlich mit Spannkabeln versehen werden, um die Zugkräfte aus der unteren Decke aufzunehmen. Andererseits wurden die unteren Stahlpilze zusammen mit den aufgehenden Rundstählen derart mit kräftigen Stahllaschen und Ankerplatten ergänzt, dass die geneigten Spannkabel mit dem integralen Stahlbauteil verbunden werden konnten, was einen sehr direkten und eleganten Kraftfluss in den extrem hoch beanspruchten Knotenbereichen ermöglicht, wie die Modellierung mit dem kontinuierlichen Spannungsfeld eindrücklich illustriert (Abb. S. 37 oben links). Vier weitere als Bügelbewehrung wirkende Spannkabel erhöhen den Schubwiderstand der Wandscheiben.

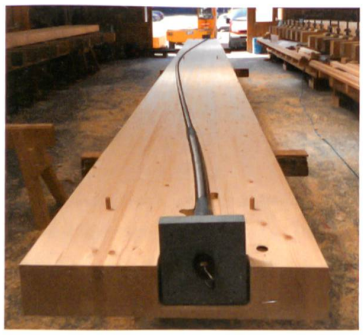
Verformungsarm dank Vorspannung

Die zweite grosse Herausforderung bestand in der Kontrolle der Verformungen der Decken infolge ihrer beträchtlichen Auskragungen von bis zu rund 10 m über die Eckdiagonalen gemessen.

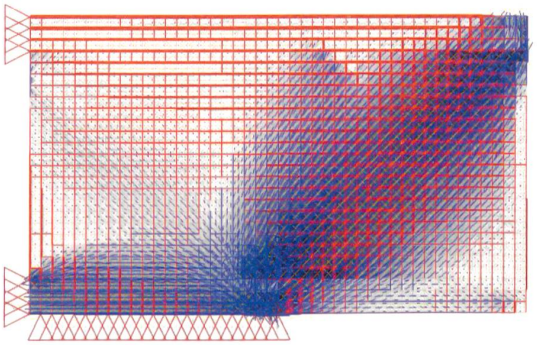
Einerseits die grossen zu berücksichtigenden Nutzlasten von 10 bis 12 kN/m² und andererseits die respektablen Eigenlasten liessen die Ausbildung der Decken mit ausschliesslich schlaffer Bewehrung als wenig zweckmässig erscheinen, sind doch insbesondere die Kriechverformungen problematisch,

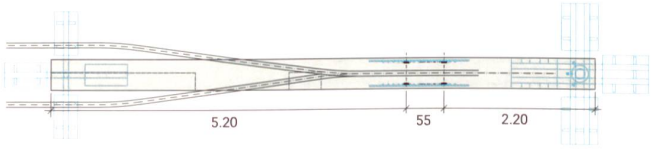
Vorgespannte BSH-Träger

Die Überdachung besteht aus einem rund 12.5 m weit gespannten Brettschicht-Primärträger, der durch ca. 10 m lange Sekundärträger belastet wird. Um auch hier die Verformungen klein zu halten, wurde der Brettschicht-Primärträger ebenfalls so vorgespannt, dass die Umlenkkräfte des Spannkabels die ständigen Lasten weitgehend kompensieren. Innovativ ist dabei die gekrümmte Führung des Kabels unter Anwendung eines Spannsystems mit Verbund. Um dieses Konzept ausführbar zu machen, wurde der Brettschichtträger in Querrichtung aus zwei dünneren Trägerhälften zusammengesetzt, in die vorgängig Nute für das gekrümmte Kabel sowie für die Spannköpfe gefräst wurden. Nach dem Zusammenleimen der Trägerhälften und Spannen des Kabels konnten diese durch dünne vertikale Bohrungen problemlos ausinjiziert werden.

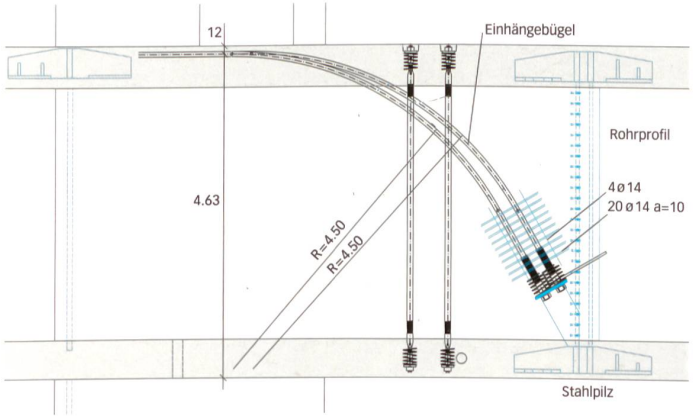


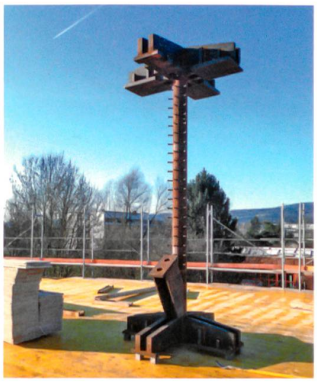
Visualisierung: Dr. Schwartz Consulting; Foto: Gramazio & Kohler





Oben: Spannungsfeld in den hochbeanspruchten auskragenden Wandelementen (links) und bauliche Umsetzung (rechts).
Unten links: Ansicht und Schnitte der einbetonierten Vorspannkabel und Stahlpilz, Mst. 1:100.
Unten rechts: speziell konfektionierte, in den Beton eingelegte Stahlelemente.





Pläne: Dr. Schwartz Consulting; Fotos: Neven Kostic

weil sie nicht eindeutig mittels einer Deckenüberhöhung kompensiert werden können. Daher wurden die Decken konsequent vorgespannt, wobei die 1900 kN-Flachkabel derart geführt wurden, dass die ständigen Lasten weitgehend durch die Umlenkkräfte der Vorspannung kompensiert werden und somit weder elastische noch Kriechverformungen unter ständigen Lasten auftreten.

Ein weiterer Vorteil der Vorspannung besteht darin, dass sie die Steifigkeit der Betonplatten beträchtlich erhöht und entsprechend die Verformungen im Gebrauchszustand unter den hohen Nutzlasten der Module reduziert. Dabei vergrössert sie auch den Durchstanzwiderstand der Decken infolge der geringeren Rotationen über den Stützen einerseits, und andererseits durch den Einfluss der geneigten und gekrümmten Kabel im Bereich der Stützen, die somit ihre Umlenkkräfte direkt ins Auflager einleiten können. Nichtsdestotrotz wurden die kritischen Bereiche der Decken zusätzlich mit einer Bügelbewehrung versehen. Unter Berücksichtigung der beschriebenen Kriterien wurde die Geometrie der Kabel sowohl im Grundriss als auch im Schnitt sorgfältig planerisch entwickelt und minutiös auf der Baustelle umgesetzt.

Angewandte Forschung

Beim NEST handelt es sich um ein Forschungsgebäude. Deshalb war es naheliegend, der geplanten Holzüberdachung im Dachgeschoss mit innovativen und experimentellen Lösungsansätzen – unter anderem mit vorgespannten Brettschichtträger (vgl. «Vorgespannte BSH-Träger», S. 36) – zu begegnen.

Das Tragwerk des Forschungsgebäudes Empa NEST stellte sehr hohe Anforderungen an die Planenden und an die Ausführenden. Dank bewusster und engagierter interdisziplinärer Zusammenarbeit ab der ersten Konzeptphase, dem sehr starken Vertrauensverhältnis sowohl der Planenden untereinander als auch mit der Bauherrschaft sowie dem grossen Einsatz und dem respektvollen Umgang aller Beteiligten in der Ausführungsphase konnten die technischen und baulichen Herausforderungen souverän gemeistert werden. •

Prof. Dr. Joseph Schwartz, Dr. Schwartz Consulting, jschwartz@drsc.ch

Dr. Neven Kostic, Dr. Schwartz Consulting, nkostic@drsc.ch