

Bauen mit Robotern und 3D-Druckern

Auf dem NEST-Gebäude von Empa und Eawag in Dübendorf bauen acht Professuren der ETH Zürich gemeinsam mit Wirtschaftspartnern das dreigeschossige DFAB HOUSE. Es handelt sich um das weltweit erste Haus, das weitgehend mit digitalen Prozessen entworfen, geplant und auch gebaut wird. Text: ETH Zürich, Hochschulkommunikation, Bilder: NCCR Digital Fabrication

Roboter, die Mauern bauen, und 3D-Drucker, die ganze Schalungen für Geschossdecken drucken – die digitale Fabrikation in der Architektur hat sich in den letzten Jahren rasant entwickelt. Im Rahmen des Nationalen Forschungsschwerpunktes (NFS) Digitale Fabrikation haben sich Architektinnen, Robotiker, Materialwissenschaftlerinnen, Statiker und Nachhaltigkeitsexpertinnen der ETH Zürich mit Wirtschaftspartnern zusammengetan, um gleich mehrere neuartige digitale Bautechnologien vom Labor in die Praxis zu überführen. Gebaut wird auf NEST, dem modularen Forschungs- und Innovationsgebäude, welches die Empa und die Eawag auf ihrem Campus in Dübendorf errichtet haben. Hier können Forschende neue Bau- und Energietechnologien unter realen Bedingungen testen. NEST bietet eine zentrale Support-Struktur mit drei offenen Plattformen, an die einzelne Bauprojekte – sogenannte Innovationsunits – andocken können. Vor Kurzem ist der Startschuss für die Bauarbeiten des DFAB HOUSE erfolgt.

Digital entworfen, geplant und gebaut

Das DFAB HOUSE ist insofern speziell, als es nicht nur digital entworfen und geplant, sondern auch weitgehend mit digitalen Prozessen gebaut wird. Mit diesem Pilotprojekt wollen die ETH-

Professoren herausfinden, inwiefern digitale Technologien das Bauen nachhaltiger und effizienter machen und das gestalterische Potenzial erhöhen können. Die einzelnen Bauteile wurden auf Basis des Entwurfs digital aufeinander abgestimmt und werden nun direkt ab diesen Daten fabriziert. Eine konventionelle Ausführungsplanung entfällt. Ab Sommer 2018 soll das dreistöckige Gebäude mit einer Nutzfläche von 200 Quadratmetern Gastforschenden von Empa und Eawag sowie Partnern von NEST als Wohn- und Arbeitsort dienen.

Vier neue Bauverfahren im Praxistest

Gleich vier verschiedene Bauverfahren werden im Rahmen des DFAB HOUSE erstmals von der Forschung in die gebaute architektonische Anwendung überführt. Die Bauarbeiten starteten mit der so genannten «Mesh Mould»-Technologie, die Ende 2016 mit dem Swiss Technology Award ausgezeichnet wurde. Die von einem interdisziplinären Team entwickelte Bauweise könnte das Bauen mit Beton künftig grundlegend verändern. Eine zentrale Rolle kommt dabei dem zwei Meter grossen Bauroboter «In situ Fabricator» zu, der sich auf Raupen selbst in einer ständig ändernden Umgebung autonom bewegen kann. Ein von ihm fabriziertes Stahldrahtgitter dient sowohl als Scha-

lung als auch als Bewehrung für den Beton. Dank der engmaschigen Struktur des Stahldrahtgitters und der speziellen Betonmischung bleibt der Beton innerhalb des Gitters und fliesst nicht heraus. So resultiert am Ende eine doppeltgekrümmte, tragende Wand, welche die Architektur des offenen Wohn- und Arbeitsbereiches im Basisgeschoss prägen wird. Auf ihr wird ein sogenannter «Smart Slab» zu liegen kommen – eine statisch optimierte und funktional integrierte Geschossdecke, für deren Schalung Forschende grossformatigen 3D-Sanddruck nutzen.

Für die Fassade des Basisgeschosses kommt die Technologie «Smart Dynamic Casting» zum Einsatz. Das automatisierte, robotische Gleitschalungsverfahren kann massgeschneiderte Fassadenpfosten aus Beton fabrizieren. Die beiden oberen Stockwerke mit Einzelzimmern werden mittels «Spatial Timber Assemblies» als räumlich von kooperierenden Robotern zusammengefügt Holzbau im Robotic Fabrication Laboratory der ETH Zürich vorfabriziert.

Zusammenarbeit als Schlüssel zum Erfolg

Für ETH-Professor Matthias Kohler, Gründungsdirektor des NFS Digitale Fabrikation und Initiator des DFAB HOUSE, ist es denn auch die Vielfalt

TECHNIQUE DE CONSTRUCTION NUMÉRIQUE

Construire avec des robots et des imprimantes 3D

Assistés de partenaires économiques, huit chaires de l'EPF de Zurich construisent la DFAB HOUSE de trois étages sur le bâtiment NEST du LFEM et de l'IFAGPE à Dübendorf. Il s'agit de la première maison du monde à être en grande partie projetée, conçue mais aussi construite à l'aide de processus numériques

Des robots qui construisent des murs et des imprimantes 3D qui impriment des coffrages entiers pour des dalles, tels sont les changements radicaux qu'a subis la fabrication numérique en architecture ces dernières années. Dans le cadre du Pôle de recherche national (PRN) « Fabri-

cation numérique », des architectes, des roboticiens, des spécialistes des matériaux, des spécialistes en statique et des expertes du développement durable de l'EPF de Zurich se sont réunis, avec des partenaires économiques, pour transférer plusieurs nouvelles technologies de construc-

tion numérique du laboratoire à la pratique. La construction a lieu sur NEST, le bâtiment de recherche et d'innovation modulable que le LFEM et l'IFAGPE ont érigé à Dübendorf. Les chercheurs peuvent y tester en conditions réelles de nouvelles technologies de construction et d'énergie.

NEST offre une structure centrale de support avec trois plates-formes ouvertes auxquelles des projets de construction, des unités dites d'innovation, peuvent se rattacher. Les travaux de construction de la DFAB HOUSE ont été lancés récemment.



Computergenerierte Visualisierung des DFAB HOUSE
 Visualisation générée par ordinateur de la DFAB HOUSE

an neuartigen Bautechnologien, die das DFAB HOUSE zu einem Leuchtturmprojekt des digitalen Bauens macht. «Im Gegensatz zu Bauprojekten, die nur eine digitale Bautechnologie nutzen, wie zum Beispiel dreidimensional gedruckte Häuser, bringt das DFAB HOUSE verschiedene neuartige, digitale Bautechnologien zusammen. So können wir sowohl die Vorteile jeder einzelnen Methode als auch deren Synergien nutzen und architektonisch zum Ausdruck bringen», so Kohler.

Sämtliche Bauverfahren, die im DFAB HOUSE zum Einsatz kommen, haben die Forschenden der beteiligten ETH-Professuren in den vergangenen

Jahren im Rahmen des NFS Digitale Fabrikation erforscht und entwickelt. Dass die Technologien nach so kurzer Zeit bereits den Weg auf die Baustelle finden, ist einerseits möglich, weil die verschiedenen wissenschaftlichen Disziplinen Hand in Hand gearbeitet haben, und andererseits aufgrund der erfolgreichen Kooperation von Forschung und Industrie. «Wir sind überzeugt, dass sich die Zusammenarbeit für beide Seiten lohnt. Immer mehr Schweizer Unternehmen wie die Erne AG Holzbau, die als Generalplaner des DFAB HOUSE fungiert und bereits in den Bau des Arch_Tec_Lab an der ETH Zürich involviert war, wollen die Chancen der

Digitalisierung proaktiv nutzen. Wir beobachten dies mit grosser Freude», sagt Kohler.

Vom digitalen Bauen zum digitalen Wohnen

Digitale Technologien werden auch zum Einsatz kommen, wenn das DFAB HOUSE ab Sommer 2018 bewohnt sein wird. Unter der Federführung der digitalStrom AG und in Kooperation mit mehreren anderen Schweizer Unternehmen werden neue Smart-Home-Lösungen und Internet-of-Things-Technologien getestet. Dazu gehören Geräte und Systeme, die intelligent miteinander kommunizieren, lernfähig sind und das >

Projeté, conçu et construit numériquement

La DFAB HOUSE est spéciale en ce sens qu'elle a non seulement été projetée et conçue numériquement, mais qu'elle est aussi en grande partie construite à l'aide de processus numériques. Avec ce projet pilote, les professeurs de l'EPF cherchent à déterminer dans quelle mesure les technologies numériques peuvent rendre la construction plus durable et plus efficace, et renforcer le potentiel créatif. Les différents éléments ont été coordonnés numériquement les uns aux autres sur la base du plan et sont désormais fabriqués directement à partir de ces données. Une planifi-

cation conventionnelle de l'exécution devient inutile. Dès l'été 2018, le bâtiment de trois étages d'une surface utile de 200 m2 devrait servir de lieu de vie et de travail à des chercheurs invités du LFEM et de l'IFAGPE ainsi qu'à des partenaires de NEST.

Quatre nouveaux procédés de construction à l'essai pratique

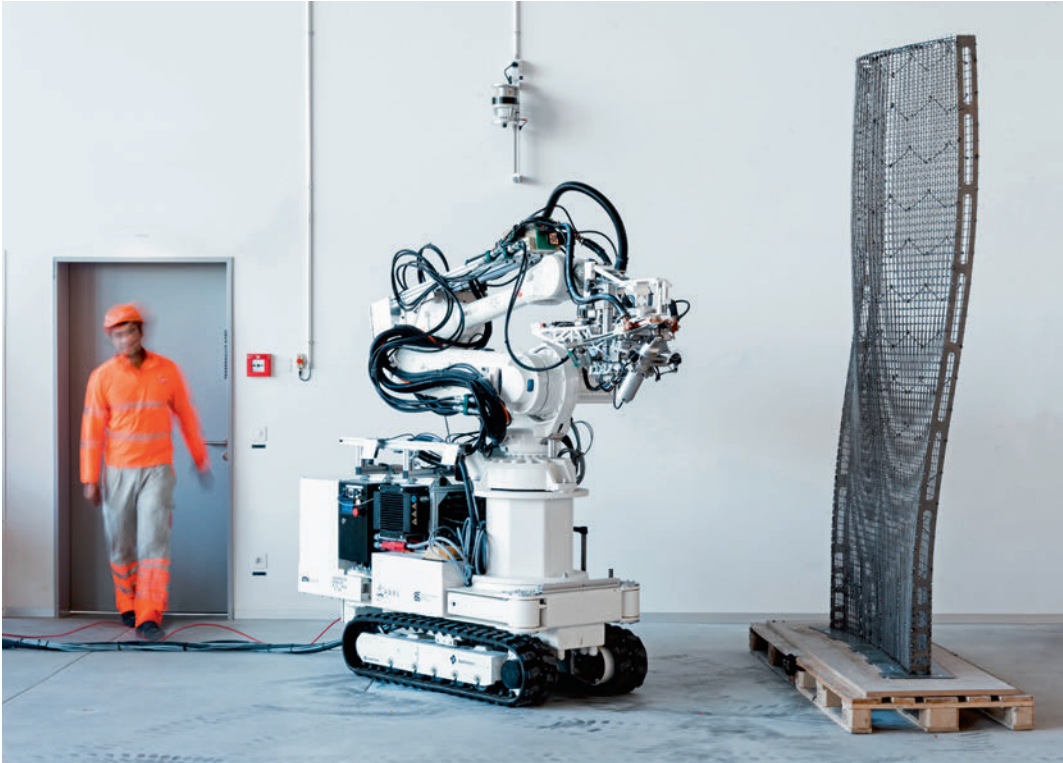
Dans le cadre de la DFAB HOUSE, quatre procédés de construction différents sont transférés simultanément de la recherche à l'application architecturale construite pour la première fois. Les travaux de construction ont commencé avec la technologie « Mesh Mould », récompensée par le

Swiss Technology Award fin 2016. La méthode de construction, développée par une équipe interdisciplinaire, pourrait révolutionner l'usage du béton à l'avenir. « In situ Fabricator », le robot de construction de deux mètres de haut qui peut se déplacer en toute autonomie dans un environnement en évolution constante grâce à des chenilles, joue un rôle central. Un treillis en câbles d'acier qu'il a fabriqué sert de coffrage et d'armature pour le béton. Grâce à la structure étroite du treillis et au mélange spécial de béton, ce dernier ne coule pas du treillis.

Il en résulte un mur porteur à double courbure qui marquera l'ar-

chitecture de l'espace de vie et de travail au rez-de-chaussée. Une « Smart Slab » (dalle intelligente) y reposera. Il s'agit d'une dalle statiquement optimisée et fonctionnellement intégrée dont le coffrage est réalisé par impression 3D grand format en sable.

La technologie « Smart Dynamic Casting » est mise à profit pour la façade du rez-de-chaussée. Le procédé de coffrage glissant automatisé et robotisé est capable de fabriquer des poteaux de façade en béton sur mesure. Les deux étages supérieurs, avec des chambres individuelles, sont préfabriqués sous forme d'une charpente en bois spatiale assemblée par des robots coopérants dans le >



Der Roboter «In situ Fabricator», ausgerüstet mit dem Mesh Mould toolhead (links), und der Mesh-Mould-Prototyp mit geschwungener Geometrie (rechts) am Robotic Fabrication Laboratory der ETH Zürich.

Le robot In situ Fabricator, équipé de la tête d'outil Mesh Mould (à gauche) et le prototype Mesh Mould à géométrie courbe au Robotic Fabrication Laboratory de l'EPF de Zurich.



TECHNIQUE DE CONSTRUCTION NUMÉRIQUE

> Robotic Fabrication Laboratory de l'EPF de Zurich.

La collaboration, clé du succès

Pour Matthias Kohler, professeur à l'EPF, directeur fondateur de la fabrication numérique NFS et initiateur de la DFAB HOUSE, c'est la diversité des technologies de construction novatrices qui font de la DFAB HOUSE un projet phare de la construction numérique. « Contrairement à des projets de construction qui n'utilisent qu'une technologie de construction telle que des maisons imprimées en 3D, la DFAB HOUSE allie plusieurs technologies de construction numériques novatrices. Nous pouvons ainsi exploiter tant les avantages de chaque méthode que leurs synergies et leur permettre de s'exprimer sur le plan architectural », déclare-t-il. Les chercheurs des chaires de l'EPF participants ont étudié et développé ces dernières années dans le cadre de la fabrication numérique NFS tous les procédés de construction utilisés dans la DFAB HOUSE. Les techno-

logies se retrouvent sur le chantier en si peu de temps grâce au travail main dans la main des différentes disciplines scientifiques et à la coopération fructueuse de la recherche et de l'industrie. « Nous sommes convaincus que la collaboration est profitable aux deux parties. De plus en plus d'entreprises suisses telles qu'Erne AG Holzbau, planificatrice générale de la DFAB HOUSE qui avait déjà participé à la construction de l'Arch_Tec_Lab de l'EPF de Zurich, souhaitent saisir de manière proactive l'opportunité de la numérisation. Cela nous réjouit énormément », affirme M. Kohler.

De la construction numérique à l'habitat numérique

Les technologies numériques seront également déployées lorsque la DFAB HOUSE sera habitée dès l'été 2018. De nouvelles solutions Smart Home et des technologies Internet des objets sont testées sous la houlette de digitalSTROM SA et en coopération avec plusieurs autres entreprises

suisses. En font partie des appareils et des systèmes qui communiquent intelligemment, sont doués d'une capacité d'apprentissage et contrôlent le bâtiment pour améliorer à la fois l'efficacité énergétique et le confort d'habitation.

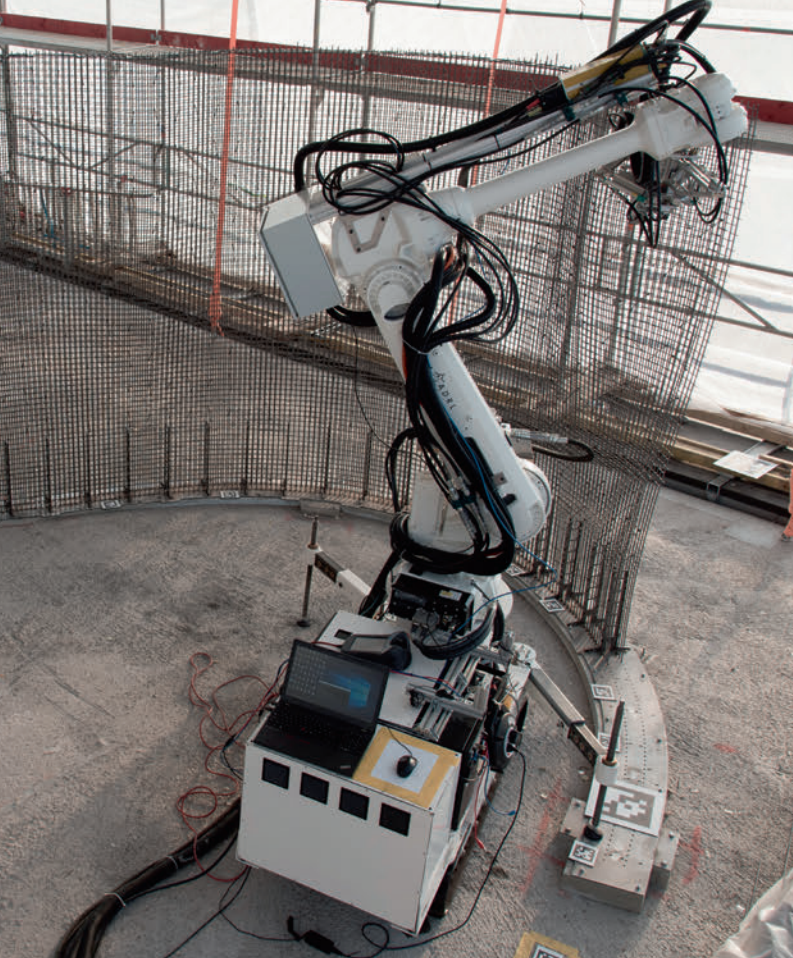
Chaires de l'EPF participant à la DFAB HOUSE

- Prof. Matthias Kohler, chaire d'architecture et de fabrication numérique
- Prof. Fabio Gramazio, chaire d'architecture et de fabrication numérique
- Prof. Benjamin Dillenburger, chaire de technologies de construction numériques
- Prof. Joseph Schwartz, chaire de conception de structures
- Prof. Robert Flatt, Institut des matériaux
- Prof. Walter Kaufmann, Institut de statique et de construction
- Prof. Guillaume Habert, Institut de gestion de la construction et de l'infrastructure

• Prof. Jonas Buchli, Institut de robotique et de l'intelligence des systèmes

L'EPF de Zurich et NEST

Outre la DFAB HOUSE, l'EPF de Zurich est également chargée d'une autre unité de NEST : les groupes des professeurs Philippe Block et Arno Schlüter de l'Institut de technologie en architecture développent actuellement l'unité « HiLo », qui associe l'approche de construction ultra légère dans les planchers et les toitures à une façade solaire adaptative. Dimensionnée sous forme de bâtiment PlusEnergie, HiLo devrait produire moitié plus d'électricité qu'elle n'en consomme. Le chantier devrait être lancé début 2018. L'unité « Vision Wood », qui étudie les applications futuristes du bois dans la construction, a elle aussi vu le jour grâce à des chercheurs de l'EPF. ■



Bei der Erstellung der geschwungenen Armierung.
Lors de la construction de l'armature courbée.



So - geschwungen und verwunden - wird sich die mit Stahl armierte Betonwand präsentieren.
Le mur en béton armé se présente ainsi, courbé et gauchi.

> Gebäude so steuern, dass sowohl die Energieeffizienz wie auch der Wohnkomfort verbessert werden.

Beteiligte ETH-Professuren am DFAB HOUSE

- Prof. Matthias Kohler, Professur für Architektur und Digitale Fabrikation
- Prof. Fabio Gramazio, Professur für Architektur und Digitale Fabrikation
- Prof. Dr. Benjamin Dillenburger, Professur für Digitale Bautechnologien
- Prof. Dr. Joseph Schwartz, Professur für Tragwerksentwurf

- Prof. Dr. Robert Flatt, Institut für Baustoffe
- Prof. Dr. Walter Kaufmann, Institut für Baustatik und Konstruktion
- Prof. Dr. Guillaume Habert, Institut für Bau- und Infrastrukturmanagement
- Prof. Dr. Jonas Buchli, Institut für Robotik und Intelligente Systeme

Die ETH Zürich im NEST

Die ETH Zürich ist nebst dem DFAB HOUSE noch bei einer weiteren Unit von NEST federführend: Die Gruppen von Prof. Philippe Block und Prof.

Arno Schlüter vom Institut für Technologie in der Architektur entwickeln derzeit die Unit «HiLo», die Ultraleichtbauweise in Boden und Dach mit einer adaptiven Solarfassade kombiniert. HiLo ist als Plus-Energie-Gebäude ausgelegt und soll 50 Prozent mehr Strom produzieren, als es selber verbraucht. Der Baustart ist für Anfang 2018 geplant. Auch die Unit «Vision Wood», die zukunftsweisende Anwendungen der Ressource Holz im Bauwesen erforscht, entstand mit Beteiligung von ETH-Forschenden. ■