Zeitschrift: Hochparterre : Zeitschrift für Architektur und Design
Herausgeber: Hochparterre
Band: 30 (2017)
Heft: 3

Artikel: Berechnet bauen
Autor: Herzog, Andres
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-730929

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: 09.12.2025

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

Berechnet bauen

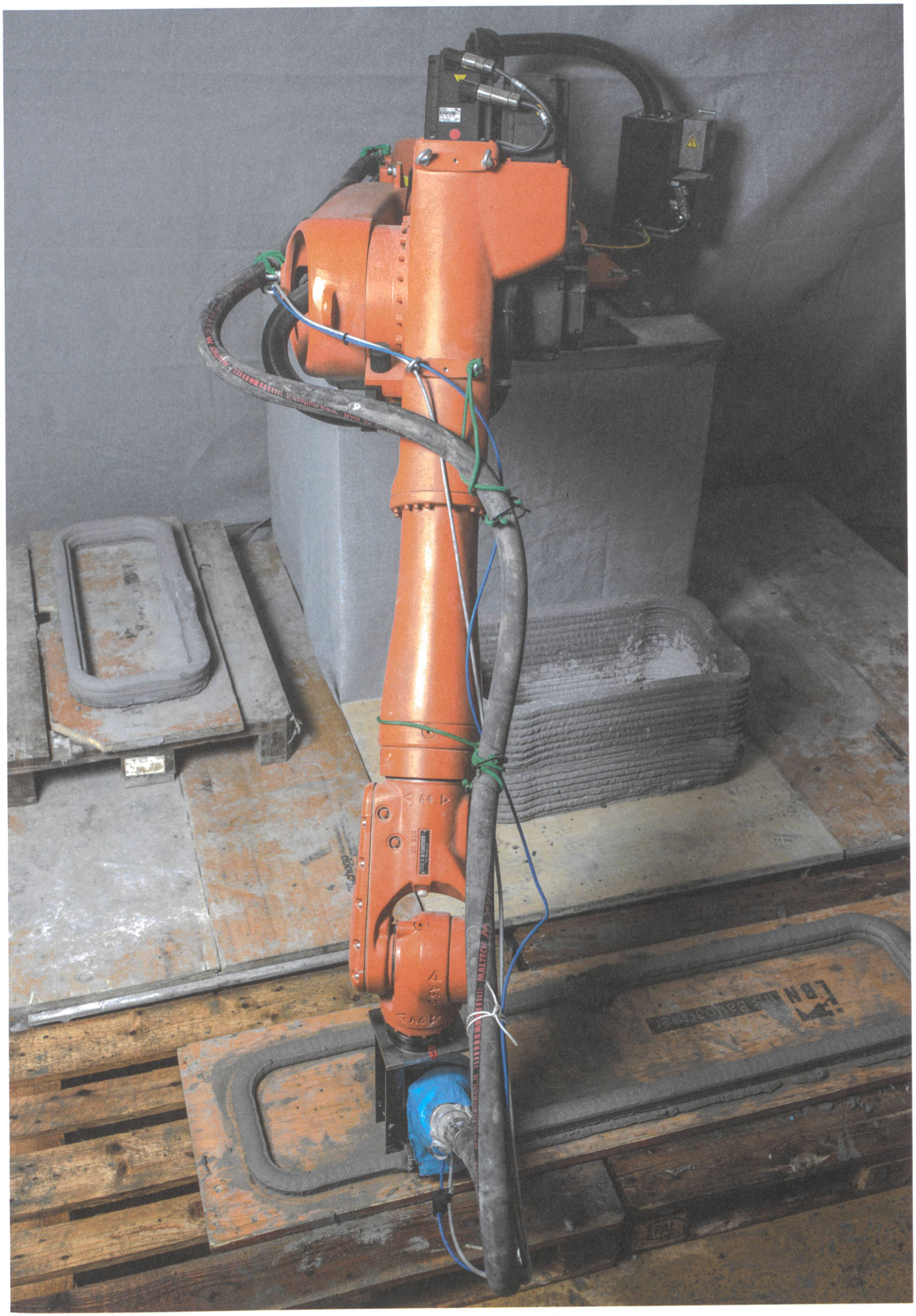
Roboter drucken Beton, nageln Holzlatten und schichten Backstein: Die digitale Revolution erfasst das Bauwesen. Augenschein in vier Werkstätten.

Text:
Andres Herzog
Fotos:
Gian Paul Lozza

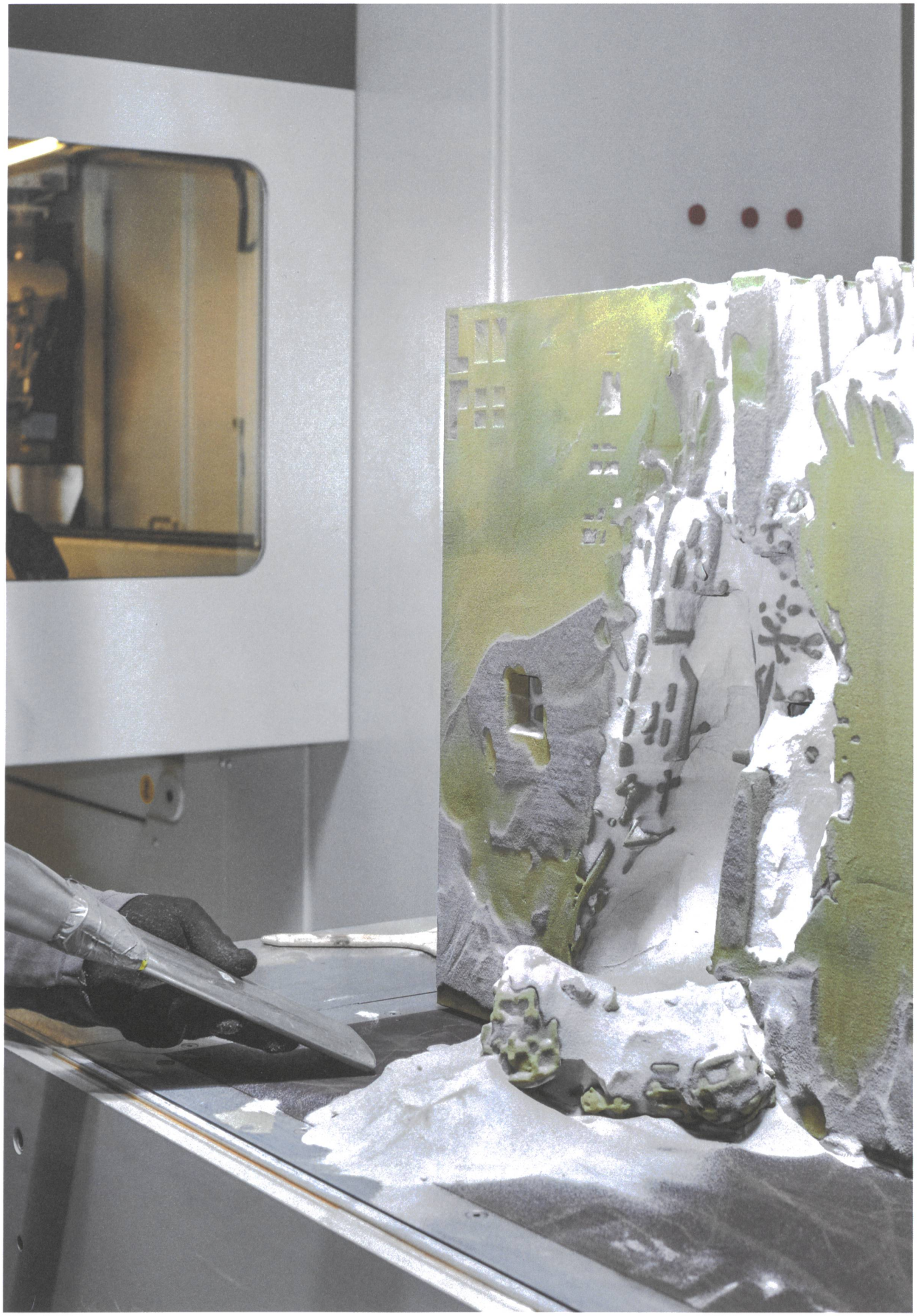
Die Zukunft kommt aus einer Düse, ist Simon Steinegger überzeugt. Der Geschäftsführer von Imprimere steht in einem Schuppen am Ende eines streng bewachten Ruag-Geländes in Altdorf. Hinter ihm fährt ein oranger Roboterarm durch den Raum und trägt Mörtel in flachen Würsten auf, ähnlich wie ein Konditor den Zuckerguss aufspritzt. «Mit dem Extrusionsdruck sollen dereinst Skulpturen, Fassadenteile und gar ganze Häuser entstehen», prophezeit Steinegger. Seit 2015 testet er den gedruckten Fortschritt. Mit der Mutterfirma Niederberger Engineering im Rücken, die Fassadenroboter, Drehscheiben oder Heukranen entwickelt, will er vom Urnerland aus die Welt erobern. Dieses Jahr hofft er, die erste Maschine zu verkaufen.

In der Schweiz gibt es noch keine Baufirmen, die am Markt drucken. Imprimere ist eine der ersten, die es versuchen wollen. Verwenden lassen sich allerlei Materialien. Am meisten verspricht ein Baustoff, der die Architektur schon einmal revolutionierte: Beton. Der flüssige Stein ist das wichtigste Baumaterial der Welt, was den Umsatz anbelangt. Die Idee ist einfach: Der 3-D-Drucker soll die Schalung überflüssig machen, die bis zu fünfzig Prozent der Kosten ausmacht. Der Holzbau, der jedem Betongebäude vorangeht, entfällt.

Steinegger stellt einen Testdruck auf den Tisch: Ein Ring aus Beton, in der Mitte eine Lage Armierungseisen. Um die Zugkraft aufzunehmen, muss der Beton mit Stahl bewehrt werden. Doch wie soll man diesen mitdrucken? Imprimere löst das Problem mit einer verlorenen Schalung. Der Roboter druckt die Hülle eines Elements, verlegt die Bewehrung und giesst die Schalung mit herkömmlichem Beton aus. Das Verfahren kreuzt die digitale Präzision →



Extrusionsdruck für Betonelemente: Der Prototyp der Firma Imprimere schichtet in Altdorf Zementwürste auf.



Binderjet-Druck: Ein Mitarbeiter der Metallgiesserei Christenguss in Bergdietikon saugt den überschüssigen Quarzsand ab. Foto: Giuseppe Micciché

→ mit der analogen Robustheit. «So können wir sämtliche SIA-Normen einhalten», sagt Steinegger. Der Extrusionsdruck ist allerdings nicht besonders genau: Eine Schicht misst rund einen auf drei Zentimeter. Wo genauere Details gefragt sind, soll der Roboter die Oberfläche verstreichen und fräsen. Auf Computeranimationen verspricht Imprimere eine vollautomatische Fertigungsanlage: von der Zementpumpe bis zum Stahlschneider, alles aus einer Hand.

Eigenschaften drucken

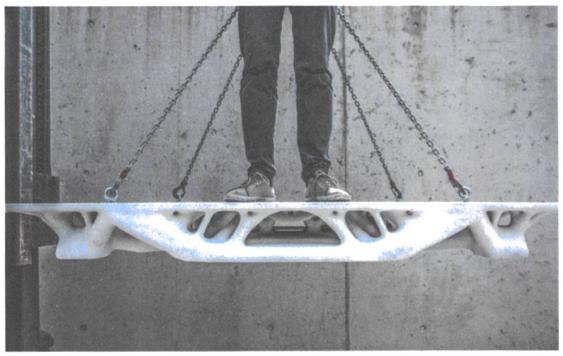
Steinegger ist nicht der einzige, der knobelt. Einige Tage später sitzt er neben anderen Neugierigen an einer Konferenz der ETH Zürich zu digitalem Beton. Der Hörsaal ist voll. Die Professur von Gramazio Kohler präsentiert eine Betonarmierung, die als Schalung dient siehe ‹Ein nationaler Effort›, Seite 48. Der italienische Tüftler Enrico Dini zeigt die erste gedruckte Brücke, die er Tage zuvor in Barcelona eröffnet hat. Ein Vertreter des Zementgiganten Lafarge Holcim referiert über die Festigkeit von Beton. «Viele Forschungen sind interessant», meint Steinegger. «Doch als Start-up müssen wir irgendwann Geld verdienen.»

Auch Benjamin Dillenburger, ETH-Professor für digitale Bautechnologien, spricht an der Konferenz. Der Mann mit wildem Haar und verschmitztem Lächeln will keine Evolution. Er will einen Neuanfang. «Wenn der 3-D-Drucker nur die Effizienz der Fabrikation standardisierter Bauteile steigert, haben wir das Potenzial verschenkt», sagt er. Es brauche andere Entwurfsmethoden. Mit der begehbaren Skulptur ‹Digital Grotesque› zeigte er 2013, was er meint: Einen Monat lang schichtete ein Drucker künstlichen Sandstein auf. Das Resultat war eine bizarre Mischung aus Gotik und H. R. Giger, die aus 260 Millionen mit Algorithmen errechneten Facetten besteht.

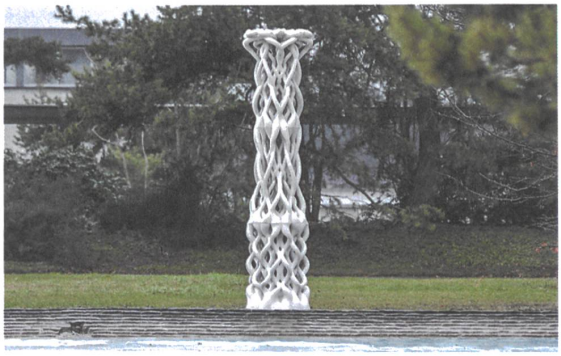
Dahinter steckt ein anderes Verfahren. Es wird nicht Beton aus einer Düse gepresst, sondern Quarzsand Schicht für Schicht aufgetragen und mit einem Bindemittel fixiert. Die Genauigkeit: 0,28 Millimeter pro Schicht. Für das Centre Pompidou in Paris arbeitet Dillenburger an einer zweiten Version der Installation, die der Metallgussspezialist Christenguss in der Nähe von Zürich herstellt. Noch feiner aufgelöst als zuvor, mit Löchern und Poren noch freier geformt. Die Skulpturen spiegeln Möglichkeiten. Sie stehen in Kunsthallen, nicht auf der Baustelle. «Die Festigkeit und die Wetterbeständigkeit sind noch nicht hoch genug für tragende Bauteile», sagt der Professor.

In Dillenburgers Büro spriessen die Formen: Auf Tischen stehen feinmaschige Netzstrukturen, am Boden liegt ein geripptes Deckenelement, dazwischen schlängelt sich eine mannshohe Säule hinauf, gewoben aus einem Wust von Würsten. Der Binderjet-Druck automatisiert keine Handarbeit, er führt eine neue Fertigungsmethode ein. Das eröffnet Perspektiven: «Ob ich eine Box oder eine fein facettierte Struktur drucke, macht für die Maschine keinen Unterschied», sagt Dillenburger. Das ist zum Beispiel beim Extrusionsdruck von Imprimere anders, bei dem komplizierte Geometrien die Bauzeit verlängern. Die Hoffnung liegt jedoch unter der Oberfläche. Weil das Verfahren praktisch Korn für Korn aufbaut, können nicht nur die Form oder die Farbe variieren, sondern auch die Eigenschaften des Materials. So sind Verläufe möglich zwischen weich und fest oder transparent und opak. Dillenburger spricht von «funktionalen Gradienten». Noch sei die Technik zu teuer für die Architektur. Im Möbelbau gibt es aber schon Prototypen, etwa einen Sessel von Zaha Hadid.

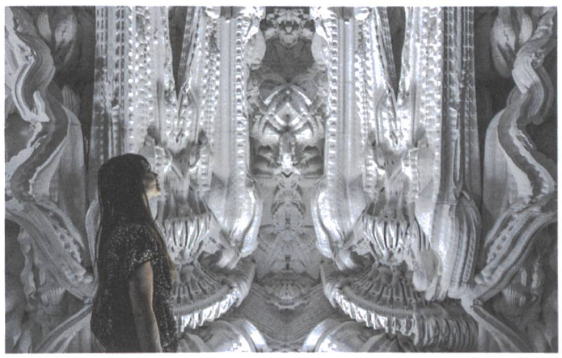
3-D-Drucker könnten helfen, Material zu sparen. Sie drucken nur, was nötig ist, und optimieren die Geometrie wie bei einem Knochen. Jeder ein kleiner Calatrava. Für das Forschungshaus ‹Nest› in Dübendorf entwickelt →



Für das Forschungsgebäude ‹Nest› in Dübendorf tüftelt die ETH an einer Betondecke, die erheblich Material einspart.
Fotos: ETH-Professur Benjamin Dillenburger



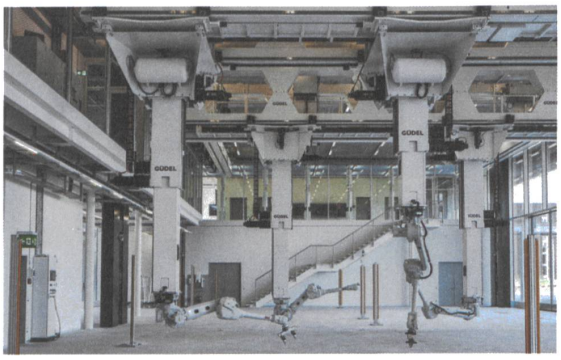
2013 druckte Benjamin Dillenburger für das Schweizerische Architekturmuseum eine Säule, die sich vielfältig schlängelt.



Die Skulptur ‹Digital Grotesque› besteht aus 260 Millionen Facetten, die ein Algorithmus errechnet hat.

Die hölzernen Iglus des Künstlers Oscar Tuazon für die Art Basel 2016 hat der Roboter des Holzbauers Erne hergestellt.
Foto: Stefan Altenburger

Das Holzdach des Arch-Tec-Labs der ETH Zürich wurde zu 99 Prozent digital gefertigt, verkündete die Hochschule stolz.
Fotos: Andrea Diglas



Ein nationaler Effort
Fabrizio Gramazio und Matthias Kohler sind die Väter der digitalen Baukunst in der Schweiz. Ein Grossteil der Anwendungen am Markt geht auf ihre Forschung zurück. Was die beiden 2005 an ihrer ETH-Professur in Zürich mit einem Roboterarm und ein paar Backsteinen begonnen haben, wird heute international beachtet. 2014 startete der Bund den Nationalen Forschungsschwerpunkt ‹Digitale Fabrikation›, den Kohler leitet und in den bis Ende 2017 25 Millionen Franken fliessen. Die ETH Zürich koordiniert die Grundlagenforschung zusammen mit der EPFL, der Empa und der Berner Fachhochschule. Das Spektrum umfasst mehr als zwanzig Projekte: Automation im Stahlbetonbau, 3-D-Druck, Baustellenroboter, komplexe Tragstrukturen, neuartige Holzverbindungen. 2015 hat die ETH Zürich einen MAS Digitale Fabrikation lanciert. Seit 2016 steht den Forschern mit dem Arch-Tec-Lab auf dem Hönggerberg ein Labor der Extraklasse zur Verfügung.
www.dfab.ch

→ Dillenburger eine leichte Decke, die achtzig Prozent Material einsparen soll. Aus Sand druckt die Maschine eine Schalung, die mit faserverstärktem Beton ausgefüllt wird. «Architekten können die innere Struktur ihrer Bauten entwerfen», schwärmt Dillenburger. Dazu müssen sie Schnitt und Grundriss verlassen und dreidimensional zeichnen. «Es ist paradox», so der Professor: «Wir können drucken, was mit herkömmlichen CAD-Werkzeugen gar nicht modellierbar ist.»

Holz – vom Modul zur Freiform

Es passiert wie von Geisterhand. Der Roboter rollt über das Wandelement, scannt dessen Position, holt sich eine Abdeckplatte, misst diese ein, legt sie auf das Element, nagelt sie rundum fest und sägt den Übersatz ab. Den Werkzeugkopf wechselt die Maschine zwischen den Arbeitsschritten selbstständig. Je nachdem, ob er gerade fräst, bohrt oder ein Brett mit Saugnäpfen fasst.

‹Woodflex 56› heisst das Ungetüm, das so gross ist wie eine Autowaschanlage. Es steht seit zwei Jahren in der Fabrikationshalle des Holzbauers Erne, der am Rand von Stein im Fricktal ein Areal besetzt. Der industrielle Holzbau prägt die Architektur: Fast hundert Meter misst die Haupthalle, ein mit Wellblech verschalter Gewerbebau. Bekannt geworden ist der Roboter mit dem Arch-Tec-Lab an der ETH Zürich, in dem das Institut für Technologie in der Architektur forscht und dessen geschwungenes Dach er zu 99 Prozent digital fertigte, wie die Hochschule stolz verkündete. Für die Art Basel 2016 hat die Maschine die hölzernen Iglus des Künstlers Oscar Tuazon hergestellt. Der Brotjob ist banaler. «Achtzig bis neunzig Prozent der Aufträge bestehen aus planaren Bauteilen», sagt Thomas Wehrle, der den Bereich Spezialbau leitet. Der Süddeutsche trägt eine Faserpelzweste, darunter ein Hemd. Zwischen Werkstatt und Büro, das ist sein Beruf.

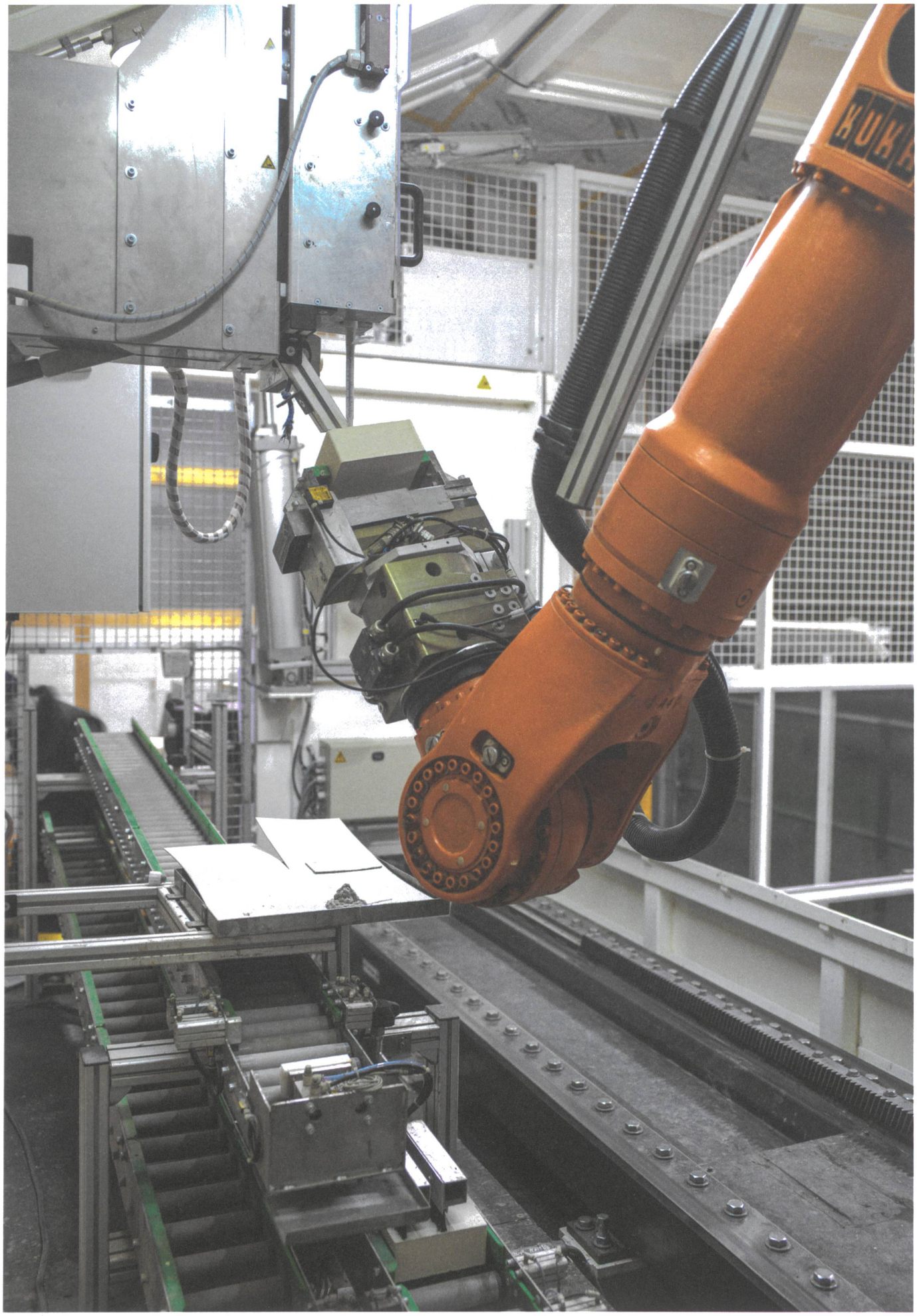
Das Wandelement, das nun fertig ist, baut der Roboter für ein Hochregallager von Roche. Das ist keine Hexerei. Bisher hat Erne solche Elemente von Hand hergestellt. Der Roboter arbeitet nicht schneller, aber präziser: Die Genauigkeit liegt bei einem Millimeter – über den fünfzig Meter langen Arbeitsbereich. Und es braucht weniger Mannstunden. Höhere Qualität bei tieferen Kosten ist ein Wettbewerbsvorteil, gerade in Deutschland, wohin Erne die Fühler ausstreckt. Zudem spart der Roboter Material. Der Verschnitt lag beim Arch-Tec-Lab bei drei Prozent. Eine Zahl, die kein Zimmermann erreichen kann.

Automatisch und autonom

Computergesteuerte Maschinen gibt es im Holzbau seit drei Dekaden. ‹Rechnerischer Abbund› hiess das früher. Neu an den Robotern ist die Freiheit. Einerseits geometrisch: Der Stahlarm kann Bauteile 360 Grad im Raum montieren; er ist nicht auf die Fläche beschränkt wie die ‹Weinmann›, die Multifunktionsbrücke in der Halle nebenan. Andererseits personell: Der Roboter funktioniert autonom. Der Arbeiter kann zwar eine Platte von Hand legen, die die Maschine festnagelt. Das ist aber die Ausnahme. Ein unsichtbarer Käfig aus Laserstrahlen umgibt ihren Arbeitsbereich, damit sie niemanden zu Boden stösst. Sensoren an den Rollen erkennen, ob etwas im Weg liegt. Bei automatischen Abbundmaschinen müssen zwei Personen vor Ort sein, beim Roboter genügt eine. Selbst wenn diese ausfällt, kann niemand zu Schaden kommen.

Der Zimmermann, der vorher die Handarbeit erledigte, sitzt nun am Computer und überwacht den Roboter. Einfache Fehler kann er selbst beheben. Streikt die Maschine, loggt sich ein IT-Fachmann aus der Ferne ins System ein. Mit der Automation nimmt die Abhängigkeit →

Multifunktionale Holzbearbeitung in der Werkhalle von Erne in Stein AG: Die ‹Woodflex 56› misst, sägt, bohrt, fräst und nagelt.



Stählerner Maurer: Der Roboter der Ziegelei Keller in Pfungen bestreicht einen Backstein mit Leim, um ihn für ein Fassadenelement eines Gebäudes von Zaha Hadid zu platzieren.

→ von der Technik zu. «Am Anfang stand der Roboter wegen kleiner Problem auch mal länger still», erinnert sich Wehrle. Heute dauert es höchstens ein paar Stunden. Noch macht die Maschine die Menschen nicht überflüssig. Neben dem Bildschirm liegt ein gedruckter Plan. Arbeiter können mit den Code-Zeilen nichts anfangen, wenn sie die Details prüfen oder auf der Baustelle das Modul montieren. «Der Roboter hat kein Qualitätsbewusstsein», sagt Wehrle. Bisher habe Erne wegen der Automatisierung niemanden entlassen müssen.

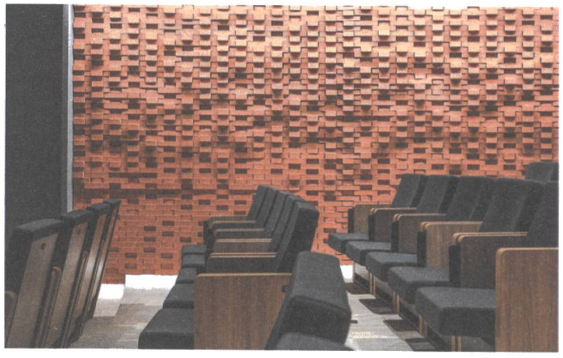
Erne ist nicht der einzige Holzbauer in der Schweiz, der auf Roboter setzt. «Viele Zimmereien rüsten auf», beobachtet Wehrle. Mivelaz Bois in Le Mouret im Freiburger Saanebezirk war eine der ersten. Blumer-Lehmann in Gossau SG hat sich auf den Abbund von Sonderbauteilen spezialisiert, die Architekten von Welt wie Shigeru Ban, Norman Foster oder Bernhard Tschumi träumen lassen. Erne setzt auf integrierte Bauelemente, die die Firma fixfertig zusammenbaut. ‹Baugruppenfertigung› nennt Wehrle dies. Zum Beispiel Wandelemente, die die ‹Woodflex 56› mit komplexen Formen beplankt. Oder ein Bodenelement, in das das Gerät eine Duschwanne fräst, die mit Flüssigkunststoff ausgegossen wird. Der Roboter rückt die Gewerke zusammen. Der Holzbauer muss auch von Bauphysik oder IT eine Ahnung haben. Eine Herausforderung, wie Wehrle meint: «Die Ausbildung bereitet die Lehrlinge nicht auf diesen Spagat vor.»

Backstein – ausgefallen schichten

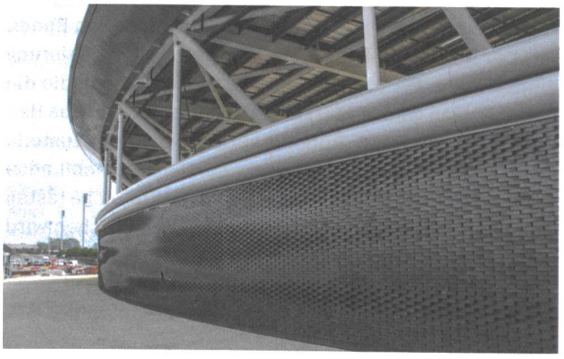
Christian Keller lehnt sich zurück in seinem verglasten Büro. Der Chef der Ziegelei Keller in Pfungen bei Winterthur sieht der Zukunft neugierig entgegen. Sein Kerngeschäft ist so alt wie das Bauen selbst: Backstein. Bereits 2007 kaufte Keller einen stählernen Gehilfen. Zwar werden die Backsteine weitgehend automatisiert gebrannt, die Montage aber ist Handarbeit. Der Roboter löst diese nicht ab, er ergänzt sie. Seine Präzision erlaubt, mit Ziegeln wie mit Pixeln zu arbeiten und Bilder zu bauen. Das Weingut Gantenbein in Fläsch siehe ‹Weingut Gantenbein: Lichtertanz und Schattenspiel›, Themenheft von Hochparterre, Februar 2008, Kellers Ofenhalle siehe Hochparterre 3/14 oder das Wohnensemble ‹Le Stelle› in Locarno siehe Hochparterre 11/15 liessen den schweren Stein tanzen. Von Hand undenkbar.

All dies sind spezielle Lösungen, keine Effizienzgewinne en masse. Das verdeutlicht schon der Platz, den der Roboter einnimmt: Ein Kabäuschen in einer riesigen Lagerhalle, in der die Firma das Material für das Tagesgeschäft aufbewahrt: Betonfertigteile, Armierungseisen, Transportvorrichtungen. Weitaus die meisten Backsteine werden nach wie vor von Hand verlegt. 2016 lancierte die Ziegelei sogar einen Stein, der die digitale Optik imitiert: Der ‹Kelesto Flex› siehe Hochparterre 12/16 ist verzerrt, als hätte ihn der Roboter schief verlegt. Platzieren kann ihn jede Maurerhand. Auf das Aussehen reduziert ist bislang auch die Roboterfertigung. Einzig beim Hörsaal für das Max-Plank-Institut in Frankfurt hilft das Muster in der Mauer, die Akustik zu verbessern. Ansonsten liegen die Steine schräg, um schön zu sein.

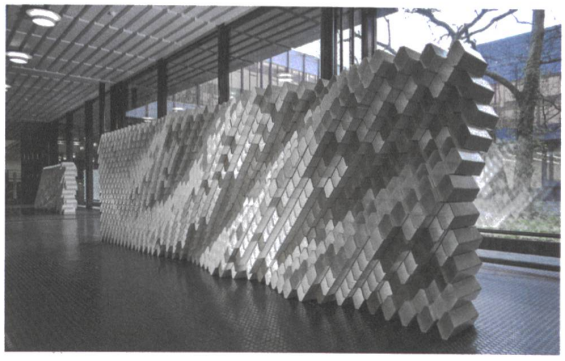
Keller arbeitet zusammen mit der Firma Rob Technologies, die aus der Forschung der ETH-Professur Gramazio Kohler hervorging und auch andere bei der Roboterisierung unterstützt, etwa den Holzbauer Erne. Ursprünglich sollte Rob Technologies den Planern die Software lizenzieren, die aus einem Bild automatisch die Verdrehung der Steine errechnet. «Doch die Architekten nutzten sie nicht», so Keller. Nicht nur die Software überforderte sie, auch die Hardware. «Man muss das Material kennen, um das Potenzial auszuschöpfen.» →



Das Backsteinmuster im Hörsaal des Max-Plank-Instituts in Frankfurt am Main sorgt für eine weiche Akustik.
Foto: Thomas Ott



Das Ornament der Ziegelei Keller verleiht dem Fussballstadion von Rafael Viñoly in Manchester zusätzlichen Schwung.
Foto: Keller Ziegeleien



Die Firma Rehau will Plastikelemente zu Akustikwänden aufschichten, um Grossraumbüros zu beruhigen.
Foto: Gramazio Kohler, ETH Zürich

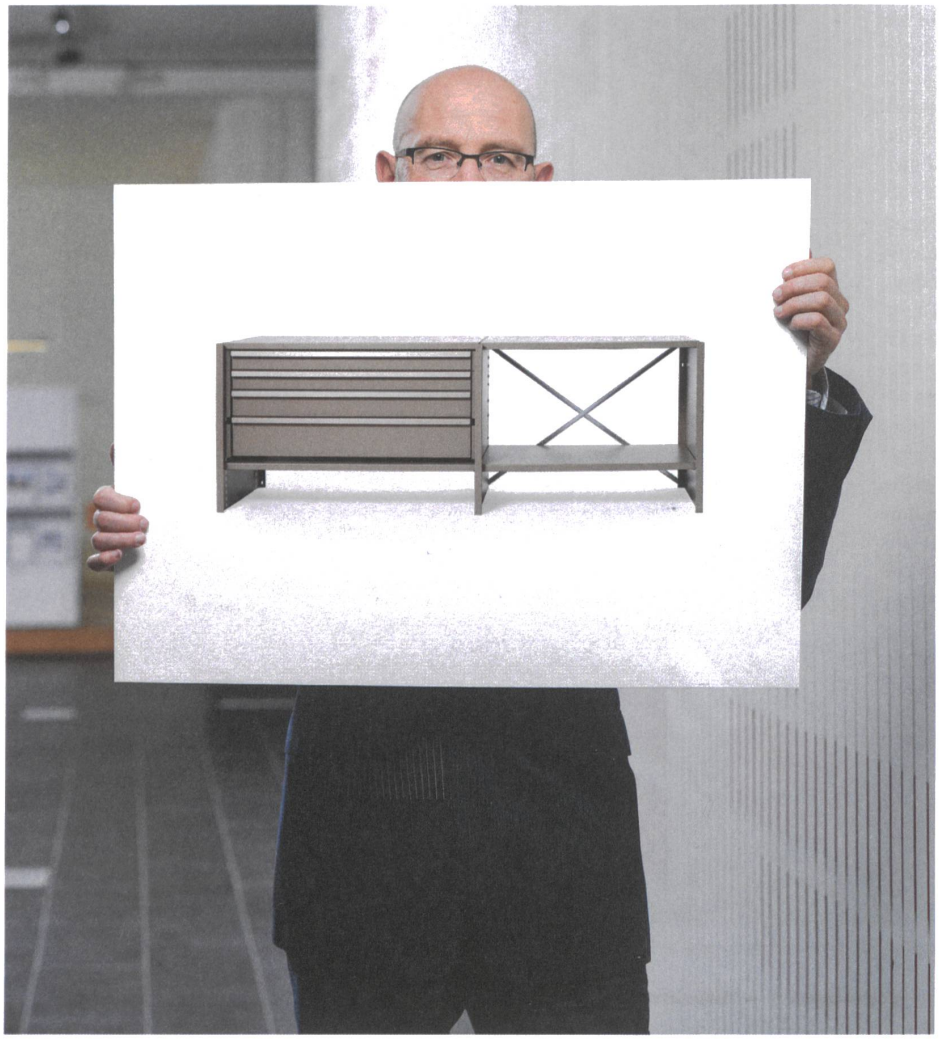
Kommentar

Formenzauber und Planerpflicht

Seit der Moderne wird der Fortschritt besungen, auf dass er die Baukultur aus dem händischen Basteln heraushebe: Maschinen, die die Schwerarbeit abnehmen, Materialien, die kein Know-how voraussetzen, Vorfertigung, die die Launen des Wetters umschifft. Doch der Fortschritt rollt langsam. Der Markt ist kleinteilig und abgeschottet, es geht um zu viel Geld für risikoreiche Versuche, jedes Haus fängt wieder bei null an: ein Loch im nassen Boden.

Der Roboter weckt die Hoffnung auf Rationalisierung einmal mehr. Für die ‹disruptiven Technologien›, die die Ineffizienzen ganzer Märkte vertilgen, erscheint das Bauen vielversprechend. Roboter verheissen eine Baustelle, die so effizient ist wie ein Fliessband. Die Automobilindustrie macht es vor. Doch an die staubige Baubranche tasten sich die Roboter nur vorsichtig heran. Versprochen wird meist nicht Effizienz, sondern wunderbare Form. Das Ornament ist ein Kulturgut, kein Verbrechen. Was aber ist gewonnen, wenn sich Betonoberflächen millionenfach brechen? Wenn die Digitalisierung einzig dazu dient, Orgien der Ästhetik zu feiern, wird die Technik zum Selbstzweck. Roboter müssen helfen, Ressourcen zu schonen. Energie zu sparen. Rohstoffe zu recyceln. Günstiger zu bauen. Individueller zu gestalten. Die Gesundheit zu schonen.

Bisher haben die programmierten Bauarbeiter spielerisch gezeigt, wozu sie fähig sind. Nun müssen sie beweisen, dass sie die Probleme der Bauwirtschaft anpacken können. Wenn Betondecken fünfmal dünner werden, geht der Welt der Sand vielleicht doch nicht aus. Wenn Roboter mit einfachen Latten riesige Spannweiten fast ohne Abschnitt meistern, steigern sie die Holzverwertung. Wenn sie in Krisengebieten rasch und günstig Unterschlupf drucken, lindern sie Leid. Dazu braucht es Architekten, die in grossen Mustern denken und die Technik in den Dienst der Gesellschaft stellen. Sonst führen die Maschinen vor allem dazu, dass wir noch mehr auf die Tube drucken. Im Büro hat die Digitalisierung den Papierverbrauch erhöht, nicht reduziert. **Andres Herzog**



«Lagerregal?»

Andreas Malzacher, Partner

Gräub Office ist Ihr Partner für die Planung und Einrichtung von Arbeitswelten. Jeder Raum, jedes Detail ist passend umgesetzt.

Ein schönes Beispiel für unseren Anspruch: Das Universalregal L 1006 ist ein Allrounder vom 4. UG bis ins 4. OG. Kompromisslos funktional und reduziert. lista.com

LISTA
making workspace work

GRÄUBOFFICE

Planen, Einrichten. graeuboffice.ch

→ Nach zehn Jahren mit dem Roboter weiss Keller: Die Bauwirtschaft scheut das Experiment. «Steine fliegen nicht gerne», schmunzelt er. Selbst wenn die Mauern luftig schwingen, belastet Keller sie nur auf Druck. Das ist sicherer. Verklebt werden die Ziegel mit einem zertifizierten Leim. Am Computer wird jeder einzelne Stein simuliert, um den Kräfteverlauf genau zu verfolgen. Damit es trotz Sonderanfertigung keine Überraschungen gibt.

Der Mensch als Zudiener der Maschine

Die Erwartungen, die der Roboter weckte, waren gross. «Wir sind ursprünglich von mehreren tausend Quadratmetern Fassadenfläche pro Jahr ausgegangen», so Keller. Das Fazit ernüchtert: In der Schweiz lassen sich die ‹Robmade›-Projekte an einer Hand abzählen. Für eine Massenproduktion ist die Anlage gar nicht ausgerichtet, da die Steine manuell auf das Zufuhrband gelegt werden: Der Mensch als Zudiener der Maschine. Auch für die Kalibrierung am Anfang oder kleine Schlusssteine braucht es menschliches Feingefühl.

Trotzdem hat sich die frühe Investition gelohnt, alleine schon fürs Prestige. Das Know-how der Firma Keller ist gefragt: Sie hat nach Deutschland und England geliefert, wo sie für ein Fussballstadion von Rafael Viñoly in Manchester oder ein Einfamilienhaus von Zaha Hadid in London gemauert hat. Für Christian Keller war klar, dass die Schweiz zu klein ist. «Doch als KMU fehlt uns das Wissen, um die Welt von heute auf morgen zu erobern», sagt er. «Das fängt schon bei den Sprachkenntnissen an.» Zurzeit berät die Firma eine Ziegelei in Australien, die ihre Mauern digitalisieren möchte. Auch Produzenten anderer Materialien wollen von den Erfahrungen lernen. Neben dem Container des Roboters sind Plastikrohre gestapelt. Keller unterstützt den deutschen Kunststoffspezialisten Rehau, der die Elemente zu Akustikwänden aufschichten und verschweissen will. Frei gestaffelt sollen sie Büros beruhigen.

In der Nische hielt die Robotermauer schliesslich der Preis. Sie ist teurer als eine zweischalige Klinkerfassade und vergleichbar mit einer Stahl-Glas-Hülle. «Die Planung ist aufwendiger und die Verankerung komplizierter», erklärt Keller. Zudem sei die Vorfabrikation nicht günstiger; der Transport und die Logistik kosten. Und: «Der Maurer arbeitet extrem effizient», so Keller. Er glaubt darum nicht, dass die Roboter den Menschen auf der Baustelle ersetzen werden, weil sie schneller sind. Vielleicht aber, weil es irgendwann keine Maurer mehr gibt. «Die Schweiz hat ein Nachwuchsproblem», sagt Keller. Schon heute werden Backsteine geschliffen und mit Nut und Kamm versehen, um das Handwerk zu erleichtern. «Damit kann ein Ungelernter nach der ersten Lage mauern.» Wenn gar niemand mehr diese harte Arbeit anpacken will, wird es am Roboter liegen, das Handwerk zu retten. ●

Ausstellungen
‹Hello, Robot› heisst es bis am 14. Mai in Weil am Rhein im Vitra Design Museum. Und vom 15. März bis am 19. Juni zeigt das Centre Pompidou in Paris ‹Imprimer le monde›.

Ab Mitte März online: Bilder der Installation von Benjamin Dillenburger im Centre Pompidou.

www.hochparterre.ch

Licht und Luft für Innovationen. Zeitgemässes Design, maximale Wärmedämmung, nicht sichtbare Motoren und optimaler Lichteinfall: Ein VELUX Flachdach-Fenster vereint Funktionalität und Ästhetik in einem und fügt sich perfekt in jede Architektur ein. Die geprüfte Durchsturzsicherheit ohne störende Schutzgitter sorgt für Sicherheit auf höchstem Niveau. Weitere Lichtblicke für mehr Tageslicht finden Sie auf velux.ch/flachdach

VELUX®