

# Wenn Roboter Mauern bauen und Fliesen legen

Neues Forschungslabor an der ETH soll weltweit neue Massstäbe in der Architektur und im Bauwesen setzen.

Martin Läubli

Es ist eine leicht geschwungene Ziegelmauer. Ohne Mörtel. Die Steine liegen präzise aufeinander, zwischen den Fugen ist viel Luft. Bereits kommt der nächste Stein, der Maurer legt ihn sanft hin. Millimetergenau arbeitet er, aber langsam. Nach jedem Stein hält er inne, orientiert sich, verschiebt sich leicht und holt mit seinem Arm den nächsten Ziegel in der Reihe, die dank einem Förderband stets ergänzt wird. Die Hand des Maurers hat eine Saugvorrichtung, seine Beine sind Raupen wie bei einem Minibagger. Der Bauroboter steht derzeit im Robotischen Fertigungslabor auf dem Hängberg, dem Science City Campus der ETH Zürich. Die Maschine selber hat auf den ersten Blick nichts Aufregendes. Ähnliche Roboterarme sind in der Industrie seit langem im Einsatz. Es ist der künftige Arbeitsort des Roboters, der überrascht die Baustelle.

Soll die Maschine den Arbeiter ersetzen? Das war das Szenario mancher Science-Fiction-Autoren bereits Anfang des letzten Jahrhunderts. Der Begriff Ersatz gefällt Matthias Kohler nicht. Der Professor für Architektur und Digitale Fabrikation am Departement Architektur der ETH Zürich sieht den Roboter als Ergänzung: «Es wäre weder sinnvoll noch innovativ, einfach die Handarbeit des Menschen zu kopieren.» Die Maschine soll das machen, was sie besser machen kann – komplexe, mathematisch beschreibbare Strukturen hoher Präzision.

## Chance für Architekten

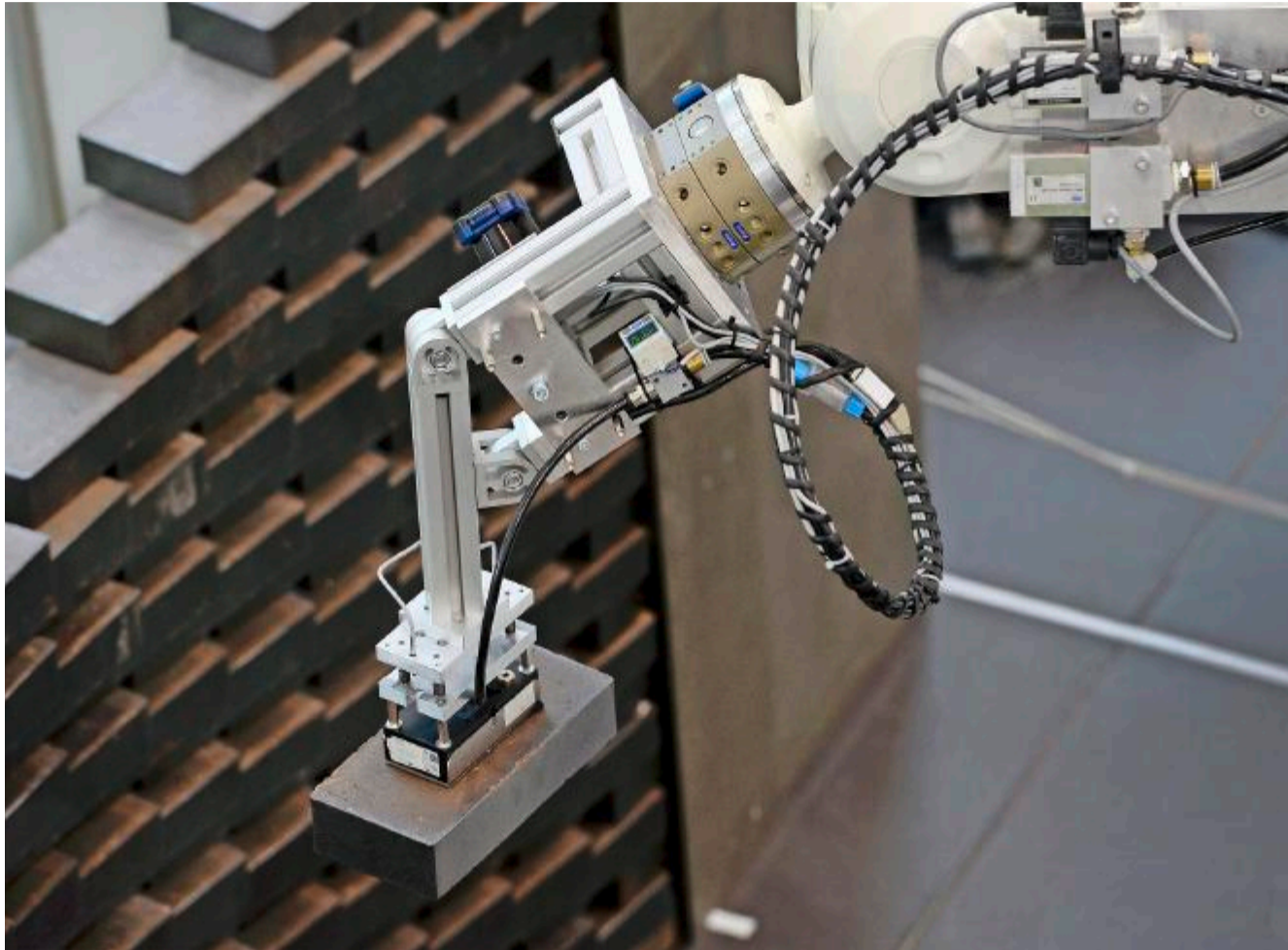
Die Baustelle blieb bisher weitgehend von einer Digitalisierung verschont. «Der Bauprozess läuft immer noch äusserst konventionell ab», sagt Matthias Kohler. Obwohl Ingenieure und Architekten seit bald dreissig Jahren mit der CAD-Software (Computer-Aided Design) ein Instrument zur Hand haben, das die Designarbeit veränderte und vereinfachte, auf die Machart hatte das bisher keinen grossen Einfluss.

## Roboter haben Fachwerkträger für ein Holzdach aus über 48 600 Elementen zusammengefügt.

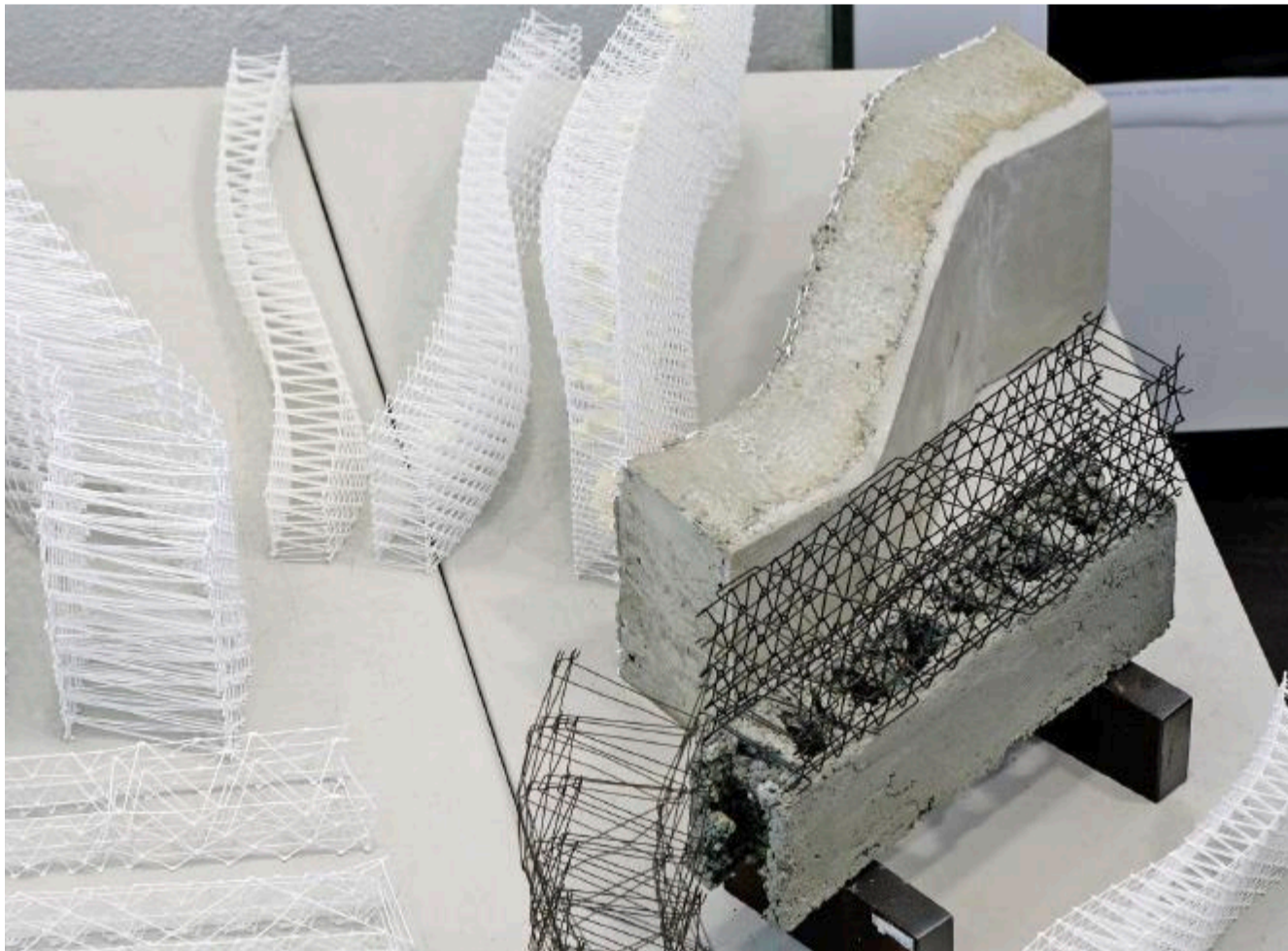
Das könnte sich in Zukunft ändern. «Die Digitalisierung bringt eine neue Baukultur, für den Architekten ist es ein Paradigmenwechsel», sagt Kohler. Für den Architekten der Zukunft steht nicht mehr nur der architektonische Entwurf im Vordergrund, sondern auch dessen Realisierung. Das heisst: Material- und Fabrikationslogik fliessen bereits beim Entwerfen ein. «Das vergrössert nicht nur den Gestaltungsspielraum grundlegend, sondern ermöglicht auch völlig neue Bauweisen», so Kohler.

Das Zauberwort in der Architektur heisst digitale Fabrikation. Roboter machen bereits heute Formen und Strukturen möglich, die ohne Maschine undenkbar wären. Mit der Professur für Architektur und Digitale Fabrikation der ETH Zürich mischt das Team um Matthias Kohler und Fabio Gramazio seit 2005 weltweit ganz vorne mit. Auf Initiative der Gruppe konnte im letzten Jahr überdies ein Nationaler Forschungsschwerpunkt «Digitale Fabrikation» lanciert werden, womit das Thema nun unter den ehrgeizigsten Projekten des Schweizerischen Nationalfonds rangiert. Das Projekt soll als Katalysator für die digitale Fabrikation im Gebäudemassstab dienen.

Einen Schub für die Forschung erwarten die ETH-Wissenschaftler zudem mit dem Neubau Arch\_Tec\_Lab des Instituts für Technologie in der Architektur, dessen Forschungsinfrastruktur nächsten Herbst eröffnet wird. Im Neubau soll laut Information der ETH das weltweit erste Forschungslabor für «grosso-massstäbliche, roboterbasierte Fabrikation in der Architektur und im Bauwesen» entstehen. Das ETH-Architektenteam ent-



Der Roboterarm saugt einen Ziegelstein an und legt ihn dann präzise auf die Mauer. Fotos: Doris Fanconi



Maschinen haben ein Stahldrahtgeflecht als Armierung konstruiert, in das später Beton eingegossen wird.

wickelte die Dachkonstruktion des Neubaus gleich selbst. Diese wurde zu einem Demonstrationsprojekt und zeigt die Vorteile der digitalen Fertigungstechniken. Das gut 2300 Quadratmeter grosse, frei geformte Holzdach besteht aus 168 einzelnen Fachwerkträgern, die durch Roboter der Schweizer Holzbaufirma Erne aus insgesamt 48 624 Holzelementen zusammengefügt wurden.

## Vielseitige Roboter

Eine Multi-Robotik-Anlage im Neubau erlaubt es, Konstruktionen zu testen, an denen vier Roboter in Kooperation arbeiten. Für Bauroboter kann die Umgebung einer Baustelle simuliert werden. Zum Zuge kommt nicht nur der Mauerbauer. Da die «Hand» des Roboters ausgetauscht werden kann, gibt es auch den Fliesenleger oder die Maschine, die ein Stahldrahtgeflecht konstruiert, in das flüssiger Beton eingegossen wird. Das Drahtgitter dient nach der Aushärtung als Armierung. «So können wir ohne Verschalung Betonmauern bauen und

Material sparen», sagt ETH-Architekt Matthias Kohler. Selbst mit fliegenden Robotern experimentieren die Architekten zusammen mit dem ETH-Institut für Dynamische Systeme und Regelungstechnik.

Morgen kommen diese Innovationen allerdings noch nicht auf den Markt. «Das sind alles Prototypen, wir reden von einem Zeithorizont von zehn bis fünfzehn Jahren», sagt der ETH-Architekt. Die grosse Herausforderung ist denn auch nicht die Hardware, die grundsätzlich auf Industrierobotern aufbaut. «Es ist die Software, welche die Millionen Daten von Sensoren, Kameras und Lasern schnell verarbeiten und dem Roboter ein Feedback geben muss», sagt Jonas Buchli, Leiter des ETH-Labors für Agile Robotik und ebenfalls am Nationalfondsprojekt beteiligt.

So muss zum Beispiel der Roboter auf der Baustelle ständig auf Veränderungen etwa des Untergrunds reagieren. Dafür tastet er regelmässig mithilfe eines Laserscanners die Umgebung ab. Mit den

Daten baut der Computer eine virtuelle Umwelt auf. Allerdings braucht das System dafür derzeit 30 bis 60 Sekunden. Das ist noch zu langsam, um auf einer Baustelle effizient zu arbeiten.

Entscheidend aber wird sein, wie diese Technologie in der Architektur und Bauwirtschaft umgesetzt wird. Einen ersten Schritt machten die ETH-Forscher. Sie entwickelten eine Software, die es ermöglicht, gängige CAD-Programme mit robotischer Fertigung zu kombinieren.

Der Kostendruck jedenfalls wird in Zukunft in der Bauwirtschaft weiter steigen, und die Suche nach qualifizierten Fachleuten wird schwieriger werden. Möglicherweise wird in weiter Zukunft der Bauarbeiter auf manchen Baustellen zum Qualitätskontrolleur des Roboters.



Video Fliegende Roboter bauen eine Seilbrücke

seilbruecke.tagesanzeiger.ch

LabOhr

## ETH-Solarflug über Amazonas

Ein ungewöhnliches Experiment planen diese Woche Forscher des Labors für Autonome Systeme der ETH Zürich. Das unbemannte Solarflugzeugmodell **Atlantik Solar** soll über den Tropischen Wald des Amazonas zwischen Barcarena und Caxiuaia im brasilianischen Bundesstaat Para fliegen. Der Versuch ist ein **Härtetest** für den Flieger in einem extremeren Klima als in Europa. Atlantik Solar sammelt aber auch Daten der Atmosphäre: Temperatur, Luftdruck, Feuchtigkeit, Strahlung und Windgeschwindigkeit. Die Informationen sollen helfen, um Studien über die Funktion des Amazonaswaldes zu prüfen und zu ergänzen. Das Flugzeug, das nur knapp 7 Kilogramm schwer ist, machte im Juli Schlagzeilen, weil es den Distanzweltrekord in der Gewichtsklasse unter 50 Kilogramm brach. Es flog 2316 Kilometer in 81,5 Stunden. Künftig können sich die ETH-Forscher vorstellen, den Solarflieger als **Aufklärungsflieger** bei Rettungseinsätzen, zum Beispiel bei Waldbränden oder Suchmissionen, einzusetzen.

✱

Man kann es nicht genügend oft sagen. Und nun sagt es ein Mann aus der Industrie nochmals. **Klaus Ragaller**, ehemaliger Direktor der ABB, schreibt auf «ETH-News online»: Der Klimawandel sei spürbar, und um Vorsorgemassnahmen zu treffen, sollen wir uns an den extremen Klimaszenarien orientieren. Der Beitrag schliesst: «Das Problem und seine **Dringlichkeit** werden immer noch massiv **unterschätzt**. Man kann nur hoffen, dass die Verhandler in Paris ihrer Verantwortung gerecht werden.»

✱

Eine **ungewöhnliche Erfahrung** machte der Medienverantwortliche des eidgenössischen Wasserforschungsinstituts (Eawag) in Dübendorf: **Andri Bryner** konnte in seinem Sabbatical in San Francisco mit dem Science Editor des «San Francisco Chronicle» ein langes Gespräch führen. **David Perlman** sei **96 Jahre alt**, schreibt Bryner. Er habe immer noch sein Büro im «Chronicle» und schreibe jede Woche **zwei bis drei Artikel**, inklusive Onlineversionen. Wer mehr über diesen aussergewöhnlichen Journalisten erfahren will, der klicke auf Bryner's Blog: <https://andribyrner.wordpress.com>. (lae)

## Junge Schimpansen lieben das Spiel

Junge Schimpansen spielen öfter mit Gegenständen als junge Bonobos, und männliche junge Schimpansen mehr als weibliche. Dies überrascht, denn Schimpansenweibchen sind später die geschickteren Werkzeugbenutzerinnen. Für die Studie hat ein Team des Anthropologischen Instituts der Universität Zürich und der Cambridge-Universität wilde Bonobos und Schimpansen in Uganda und Kongo während mehrerer Monate beobachtet. Dabei untersuchten sie nicht nur, wie die Tiere Werkzeuge gebrauchen, sondern wie sie generell mit Objekten umgehen. Die Arbeit wurde im Fachjournal «PLOS One» veröffentlicht. Die jungen männlichen Schimpansen verbrachten zwar viel Zeit damit, Dinge wie Stöcke oder Steine zu handhaben, taten dies aber spielerisch: Sie verfolgten keinen bestimmten Zweck damit. Die jungen Weibchen hingegen hantierten seltener mit Objekten. Dafür zeigten sie viel mehr Kreativität. Sie bissen in Objekte, zerbrachen sie oder trugen sie herum.

Unter anderem, so die Forscher, zeigten sich in den Geschlechterunterschieden Parallelen zum Menschen: Auch Buben spielen häufiger mit Objekten als Mädchen. «Dies könnte auf eine gemeinsame Evolutionsgeschichte in dieser Eigenschaft hinweisen», schreiben die Forschenden. Sie glauben, dass die weitere Erforschung dieser Verhaltensweisen Hinweise auf die heftig debattierte Frage nach Geschlechterunterschieden bei Kindern geben könnte. Ein weiteres Resultat war, dass Bonobos, die kaum Werkzeuge benützen, auch als Junge kaum mit Dingen spielen. (SDA)