

BAUTECHNIK

Häuser aus dem Drucker

Ein US-Ingenieur will den Hausbau revolutionieren: Er entwickelt Roboter, die Beton durch eine Düse sprühen. Binnen Tagesfrist, so verspricht er, ließen sich so ganze Gebäude ausdrucken. Der deutsche Konzern Degussa bekundet Interesse.

Menschen, sagt Behrokh Khoshnevis, seien dazu gemacht, ihr Gehirn zu nutzen. Sie sollten ihr kreatives Potenzial ausschöpfen – statt zu versauern über Arbeit, die auch Maschinen erledigen können. Ein Millionenheer von Typistinnen sei zum Beispiel von Maschinen von ihrem Joch befreit worden, zum Glück: „Das war kein anspruchsvoller Job“, sagt er. „Er musste verschwinden.“

Falls alles klappt, ist Khoshnevis, 53, auf dem Wege, der Menschheit gleich eine Reihe von Berufen zu ersparen, etwa: Betonbauer, Maurer, Zimmermann, Dachdecker, Klempner, Estrich- und Fliesenleger, Maler, Tapezierer, Bauaufseher und einige mehr. Der aus Iran stammende Ingenieur an der University of Southern California in Los Angeles arbeitet an einem Roboter, der selbständig im Eiltempo Häuser und ganze Siedlungen erstellt.

Das Gerät, das Khoshnevis vorschwebt, hat er großspurig „Ein-Haus-an-einem-Tag-Maschine“ genannt. Sein Ziel: Ein Roboter soll dereinst ein 200 Quadratmeter großes Einfamilienhaus binnen Stunden fast einzugsbereit auf die grüne Wiese zaubern – mitsamt Dach, Fliesen und allen Leitungen; einzig Kleinigkeiten wie Fenster und Küchen würden seiner Sofort-Behausung noch fehlen. Khoshnevis will billiger bauen als je zuvor und vollkommen anders: „Ich will da keine Beeinträchtigung sehen durch Menschen.“

Viele Experten nehmen Khoshnevis' Pläne ernst. Die National Science Foundation hat ihm einige hunderttausend Dollar für seine Forschung gewährt. Sein Konzept hat auf einer Tagung von Roboter-Konstrukteuren eine Auszeichnung („Best Paper“) gewonnen. Seine eigene Universität, die an etwaigen Einnahmen beteiligt wäre, drängt ihn, eine Firma auszugründen. Risikokapitalgeber bekunden Interesse. Das erste einfache Häuschen soll schon in einem Jahr stehen. Und im fernen Deutschland regt sich die Neugier eines mächtigen Konzerns: Degussa.

Gerhard Albrecht ist Forschungsleiter für Bauchemikalien bei der Degussa im bayerischen Trostberg. Vor einigen Wochen hat er Khoshnevis in einem Düsseldorfer Flughafen-Restaurant getroffen. Der Forscher führte ihm seine Pläne am Laptop vor. Albrecht war beeindruckt. Der De-

gussa-Mann rechnet ohnehin damit, dass die Automatisierung nach dem Automobil- oder Schiffbau bald auch in den Häuserbau vordringen wird. Was Khoshnevis vorhabe, bedeute „einen Quantensprung in der modernen Bauindustrie“.

Von der Degussa werde der Forscher Unterstützung bekommen, verkündet Albrecht. Schon jetzt ist der Konzern Weltmarktführer im Geschäft mit Bauzusatzstoffen, und sollte Khoshnevis erfolgreich sein, so würde die Nachfrage nach diesen kostspieligen Mixturen steigen – etwa nach einem Spezialbeton, der dank Degussa-Zusätzen fließfähig ist, aber Momente später aushärtet. „Ohne Bauchemie“, sagt Albrecht, „geht es nicht.“

Schon jetzt ist Khoshnevis weit gekommen. In einem engen Laborzimmerchen an seiner Universität hat er einen Prototyp stehen. Im Januar hat er das Gerät erstmals in Betrieb genommen. Und selbständig, ohne eines Menschen Hand, hat es – allerdings binnen Tagen – ein sauberes Stückchen Wand gebaut: perfekt in Form, knapp 30 Zentimeter hoch und ebenso tief, etwa 1,50 Meter lang. „Dies“, verkündet Khoshnevis kühn, „ist die größte Errungenschaft seit der Chinesischen Mauer.“ Denn: „Wer



Bauingenieur Khoshnevis
Einfamilienhaus in wenigen Stunden?



Arbeiter bei herkömmlichem Betongießen, Roboter

eine Mauer bauen kann, der kann auch ein Haus bauen.“

Von wegen – der Begriff „Bauen“ trifft die Sache nicht entfernt. Khoshnevis' Maschine hat nichts zu tun mit dem, was bisher auf Baustellen geschieht. Sie baut nicht, sie druckt. 550 Jahre nach Erfindung des Buchdrucks kündigt sich jetzt der Hausdruck an.

Ähnlich wie ein Tintenstrahldrucker einen Text zu Papier bringt, so trägt Khoshnevis' Apparat Baumaterial in 3D auf: Bei ihm gibt es keine Düse mit Tinte, die computergesteuert über das Papier fährt. Sein Roboter mischt Spezialbeton zu einer rapide härtenden Mischung, zu einer Wurst aus Baumaterial, die die Maschine punktgenau dort absetzt, wo der Computer sie haben will. Schicht um Schicht wächst die Konstruktion in die Höhe. Erst formt sie die äußere Begrenzung einer Mauer, dann füllt sie sie mit Beton auf – sie druckt also erst ein „O“, dann schüttet sie einen Klecks Beton hinein; und dort, wo Versorgungsleitungen liegen sollen, lässt sie Aussparungen (siehe Grafik Seite 125).

Ihre Anweisungen bekommt die Maschine vom Rechner des Architekten: Sie erschafft exakt das, was er zuvor mit seinem handelsüblichen CAD-Programm („Computer Aided Design“) gezeichnet hat. „Contour Crafting“ (CC) hat Khoshnevis seine Technik genannt. Für Architekten und Bauherren verheißt sie den Beginn einer Ära des unbegrenzten Spieltriebs.

Außer den Grenzen der Statik wären den Baumeistern in Zeiten von CC kaum noch welche auferlegt. Die neue Technik erlaubt es, nahezu beliebige Formen zu realisieren: gewölbte oder zylindrische



bei Herstellung einer Wand: „Größte Errungenschaft seit der Chinesischen Mauer“

Wände etwa, die kaum aufwendiger oder teurer wären als gerade. So könnten Häuser in Serie entstehen, wie vom Fließband – aber auch individuell gestaltete Einzelanfertigungen wären problemlos möglich.

Das Konzept des 3-D-Druckers hat Khoshnevis nicht erfunden; er überträgt es nur auf neue Materialien und verpflanzt es dann auf die Baustelle. In anderen Industriebereichen sind solche Verfahren seit über 15 Jahren bekannt als „Rapid Prototyping“ (RP). Dabei fertigen Maschinen auf Grundlage von Computerdaten schichtweise aus Kunststoffen oder Metallpulver beliebige Gebilde. RP wird zum Beispiel in der Autoindustrie benutzt, um Modelle, Teile für Kleinserien oder Gussformen herzustellen. Chirurgen bereiten mitunter an RP-Modellen von Körperteilen ihrer Patienten komplizierte Operationen vor. Und Forscher haben sogar den 5300 Jahre alten Schädel des Ötzi per RP in Perfektion nachgebaut.

„Ohne Zweifel“, befindet Khoshnevis, „wird dies die Bauwirtschaft revolutionieren.“ Der Einzug neuer Technik in die konservative Branche sei „überfällig“. Er findet es unbegreiflich, dass Roboter zwar den Autobau vollkommen verändert hätten, aber nicht den Hausbau, obwohl doch „ein Auto viel komplizierter ist als ein Haus“. Oft fragt er sich, „warum da noch keiner drauf gekommen ist“.

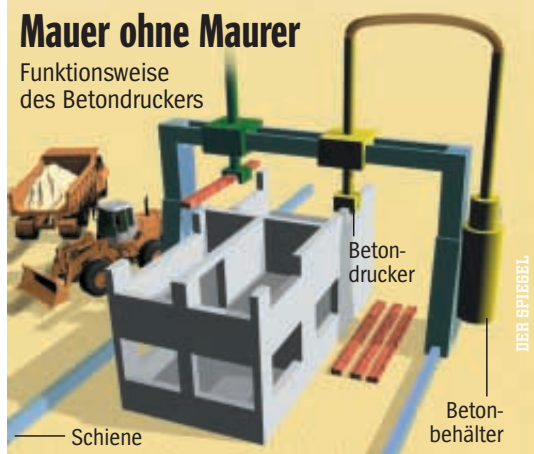
Zumindest in Japan experimentieren riesige Baukonzerne bereits seit Jahren mit Robotern. Auf manchen Baustellen dort bringen Automaten Beton aus, sie legen Estriche, schweißen, sie bauen vorgefertigte Teile zusammen und führen vollautomatische Lager. Trotz zahlreicher Einzelerfolge ist die große Roboterrevolution im Bauwesen jedoch ausgeblieben – auch weil die meisten der Roboter nur spezialisierte Einzelaufgaben beherrschen.

Khoshnevis glaubt, erfolgreicher sein zu können. Mit seiner Maschine, sagt er, wären dramatische Einsparungen möglich. Der Großteil aller Arbeitskosten falle weg, ebenso die enormen Kapitalkosten bei mehrmonatigen Bauprojekten. Überdies werde die Umwelt entlastet: Beim Hausdruck falle kaum Bauschutt an, es gebe nur wenig Staub und Lärm.

Neben dem Errichten von Mauern würde die Maschine wie ein Roboter im Autobau vorproduzierte Versatzstücke an Ort und Stelle bringen, etwa Wandmodule für Strom- und Telefonleitungen, Dachbalken und Dachziegel. Vor dem Betonieren könnte er in den Wänden sogar selbständig Stahlarmierungen verankern. Das alles sei nicht so kompliziert, sagt Khoshnevis, wenn man den Hausbau nur als ganz normalen industriellen Fabrikationsprozess betrachte. Die Maschine werde selbst Putz aufbringen, ihn anstreichen und ihn je nach Wunsch sogar mit einer Art integriertem Tintenstrahldrucker bedrucken können.

Weil ein digitaler Bauplan die Maschine steuert, könnten sich faszinierende neue Möglichkeiten ergeben: Historische Städte wie das von einem Erdbeben zerstörte Bam in Iran ließen sich schnell wieder aufbauen. Binnen Tagen könnte eine Kolonne von CC-Maschinen ganze Stadtteile errichten, Notunterkünfte für Katastrophenopfer, Baracken für Soldaten – und vielleicht sogar, so phantasiert Khoshnevis, „irgendwann einmal Unterkünfte auf Mond und Mars“.

Spätestens dann würde wohl auch Khoshnevis selbst endlich an sein Traumhaus kommen: Der Eigenheim-Revolutionär ist immer noch Wohnungsmieter. MARCO EVERS

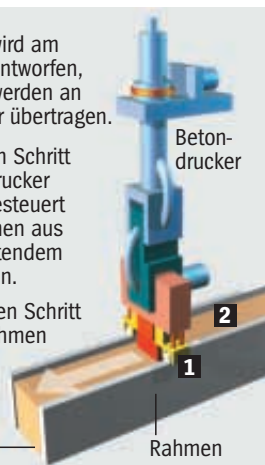


Das Haus wird am Computer entworfen, die Daten werden an den Drucker übertragen.

1 Im ersten Schritt gießt der Drucker computergesteuert einen Rahmen aus schnell härtendem Spezialbeton.

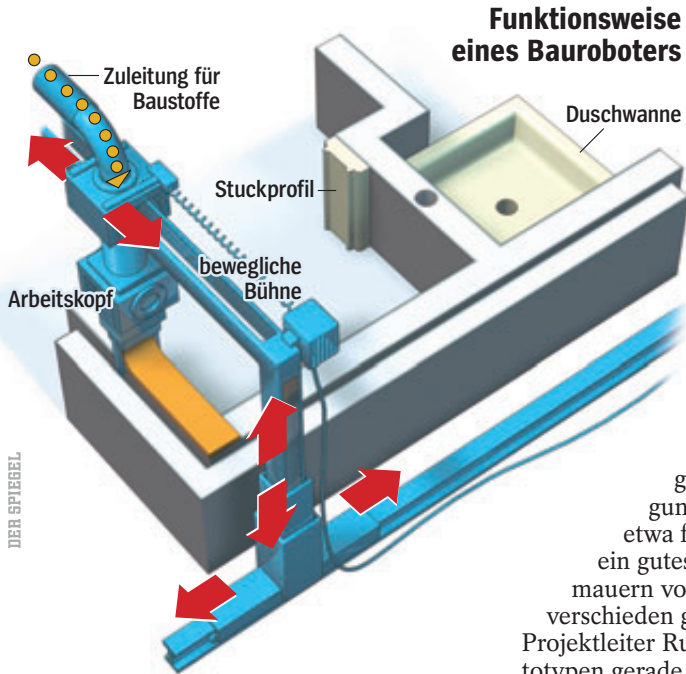
2 Im zweiten Schritt wird der Rahmen mit Beton verfüllt.

Beton-füllung



Beton-drucker

Rahmen



Funktionsweise eines Bauroboters

BAUTECHNIK

Häuser aus dem Drucker

Ein Roboter, der ganze Häuser bauen soll, entsteht an der britischen Loughborough-Universität in der Grafschaft Leicestershire. Die Methode ist so radikal wie simpel: Die Maschine druckt die Häuser quasi

aus. An einem beweglichen Trägergestell hängt eine Art Druckkopf, der computergesteuert über dem gewünschten Grundriss hin- und herfährt. Aus einer Düse quellen dabei dünne Stränge von schnelltrocknendem Beton, Gips oder Kunststoff hervor. Schicht für Schicht wachsen auf diese Weise Bauten heran, theoretisch von jeglicher Art und Gestalt. Die Forscher wollen dabei in einem Arbeitsgang auch gleich Badewannen, Versorgungsleitungen und Zierrat wie etwa farbigen Stuck aufbauen. Für ein gutes Binnenklima sollen Außenmauern von zellenartiger Struktur mit verschiedenen großen Hohlräumen sorgen. Projektleiter Rupert Soar hat für einen Prototypen gerade rund vier Millionen Euro eingeworben. In zwei Jahren soll der automatische Maurer sein Gesellenstück hochziehen. Etwas schneller dürfte Soars kalifornischer Kollege Behrokh Khoshnevis ans Ziel kommen: Dessen deutlich schlichterer Bau-Roboter (SPIEGEL 8/2004) schafft nur den Rohbau, ist dafür aber fast schon einsatzreif. Noch in diesem Frühjahr will Khoshnevis sein erstes Haus drucken.

DER SPIEGEL 4 / 2007 135