



Eine ausbalancierte Familie: Die meisten Eltern wünschen sich sowohl ein Mädchen wie auch einen Buben.

Was soll es sein: Bub oder Mädchen?

Pränatale Bluttests und die jetzt erlaubten Gentests an Embryonen machen die Geschlechterselektion sehr einfach. Das ist zwar weiterhin verboten, aber der Druck auf die Ärzte wächst. **Von Regula Freuler**

Hallo», schreibt Cath auf der Website Genderdreaming, «ich wohne in der Schweiz und suche ein Land, wo ich per künstliche Befruchtung nach zwei süßen Buben endlich ein Mädchen bekommen kann.» Cath ist mit ihrer Vorstellung, wann eine Familie «komplett» ist, nicht allein.

Eine wachsende Zahl von Paaren hilft der Natur darum mittels Fortpflanzungsmedizin nach. In einigen Gliedstaaten der USA wird das sogenannte *family balancing* seit 2001 praktiziert: Wer bereits ein Kind oder mehrere desselben Geschlechts hat, kann bei einer In-vitro-Fertilisation das Geschlecht des nächsten Babys auswählen. Dazu gibt es verschiedene Methoden. Ent-

In den USA ist family balancing ein Millionengeschäft. Eine entsprechende IVF-Behandlung kostet rund 25 000 Dollar.

weder untersucht man die Embryonen und pflanzt den gewünschten in die Gebärmutter ein. Oder man trennt mit einer Maschine die Spermien in jene, die ein X- für ein Mädchen und jene, die ein Y-Chromosom für einen Buben tragen, und befruchtet dann das Ei.

Das Universitätsspital Basel hat seit 2013 die Lizenz für diese Microsort-Methode ausser einer Klinik in Zypern europaweit als

einziges. Eingesetzt werden darf sie jedoch nur, wenn eine genetisch bedingte schwere unheilbare Krankheit droht. Denn wie in fast allen europäischen Ländern ist Geschlechterselektion in der Schweiz aus ethischen Gründen verboten.

«Trotzdem erhalten wir, seit wir die Maschine haben, viele Anfragen», sagt Christian De Geyter, Chefarzt Reproduktionsmedizin am Universitätsspital Basel. «Haben die Paare kein medizinisches Motiv, dann geht es nahezu immer um *family balancing*.»

Es seien inzwischen zu viele Paare geworden, um allen ausführlich zu erklären, warum man den Wunsch abschlage. «In einzelne Fälle kann ich mich schon einfühlen», sagt Christian De Geyter, «aber das Gesetz ist klar, und ich bin froh darüber. Meine Aufgabe ist es, Krankheiten zu heilen oder zu

verhindern, und nicht, Familienkosmetik zu betreiben.»

Neben dem ausgeglichenen Tochter-Sohn-Verhältnis gibt es auch kulturell-religiös bedingte Motive für eine Geschlechterselektion: Ein männlicher Stammhalter muss her. In Indien und China hat das trotz Verbot zu einer Vielzahl von Abtreibungen gesunder weiblicher Föten und einer demografischen Veränderung mit Männerüberschuss geführt. Eine Studie aus den USA zeigte, dass über 80 Prozent der indisch- und chinesischstämmigen Paare, die eine Geschlechterselektion wünschten, einen Buben wollten.

Fast alle Anfragen, die in Basel eingehen, stammen jedoch von Paaren aus dem west-

Fortsetzung Seite 50

Ausgefeilt

Roboter bearbeiten auch Holz **50**

Passivrauchen

Schadstoffe aus E-Zigaretten **53**

Kopfhörer

Elektronik verbessert den Sound **54**

Glücks-Joghurt

Darmbakterien und die Psyche **55**

Der verlängerte Arm des Architekten

Holz ist der Baustoff der Zukunft: Es wächst ständig nach und speichert das Treibhausgas Kohlendioxid. Und mit der Hilfe von Robotern entstehen ungeahnte Design-Möglichkeiten. **Von Patrick Imhasly**

Holz ist heimelig: Das denken viele Schweizer. Und doch verbauen sie in ihren Wohnungen und Häusern immer weniger Holz, das aus Schweizer Wäldern stammt. Gemäss den neuesten Zahlen des Bundesamts für Statistik sind in der Schweiz 2016 4,46 Millionen Kubikmeter Holz geerntet worden – so wenig wie seit zehn Jahren nicht mehr. Und das, obwohl sich der Wald zumindest in den Alpen ausdehnt. Die Gründe liegen auf der Hand: Die Konkurrenz im Ausland produziert um einiges günstiger, und die Rohholzpreise sinken.

«In der Schweiz ist die Eigentümerschaft des Waldes sehr kleingliedrig», sagt Martin Riediker, Präsident der Leitungsgruppe des Nationalen Forschungsprogramms «Resource Holz» (NFP 66), das untersucht, wie sich Holz in der Schweiz besser verwerten lässt. «Um Holz effizient nutzen zu können, brauchte es grössere Bewirtschaftungseinheiten, aber über diese verfügt das Land nun einmal nicht.» Riediker setzt deshalb auf eine andere Strategie: «Wir müssen den Sog auf heimisches Holz vergrössern, indem wir in der holzverwertenden Industrie Innovationen fördern.»

Viel Schub in diese Richtung kommt von Robotern, die Holz auf neue Art bearbeiten und fügen. Im Robotic Fabrication Laboratory des Instituts für Technologie in der Architektur (ITA) an der ETH Zürich konstruieren derzeit zwei Roboter Raumzellen aus Holzbalken in Fertigbauweise. Diese dienen als Wohneinheiten und beherbergen später die Zimmer in den oberen Stockwerken im dreigeschossigen DFAB House, dem laut ETH «weltweit ersten Haus, das weitgehend mit digitalen Prozessen entworfen, geplant und gebaut wird».

Das DFAB House wird im Frühling 2018 in das Versuchsgebäude «Nest» auf dem Areal der Eidgenössischen Materialprüfungs- und Forschungsanstalt (Empa) in Dübendorf eingebaut. Dabei handelt es sich um ein fassadenloses Bauwerk mit Plattformen, in dem bautechnologische Innovationen in Form austauschbarer Module unter echten Bedingungen getestet werden können.

Für den Bau der 9 Meter langen, 3,5 Meter breiten und ebenso hohen Raumzellen wurden die zwei Industrieroboter mit Greifarmen und weiteren Holzbearbeitungswerkzeugen ausgerüstet. Stehen Roboter üblicherweise auf dem Boden, so hängen sie im Robotic Fabrication Laboratory an einem Portal frei beweglich von der Decke. In perfektem Zusammenspiel errichten die beiden Roboter Wände, Ecken und Dach der Raumzellen für das DFAB House: Der erste placiert

einen Balken, der zweite fügt einen stabilisierenden hinzu, so entsteht in einem autonomen Prozess die gesamte Struktur.

«Statt wie früher flächig und gegen die Schwerkraft, bauen wir direkt räumlich», erklärt Andreas Thoma, der als Projektleiter für die Konstruktionsarbeiten verantwortlich ist. Die «roboterassmblierte» Bauweise führe zu einem «neuen architektonischen Ausdruck». Ob ein Bauteil einfach oder kompliziert angelegt ist, spielt für den Roboter – anders als für den Menschen – keine Rolle. «Das erlaubt uns, andere Geometrien zu bauen als lediglich planare Flächen», sagt Thoma. «So entstehen komplexe und zugleich leistungsfähige Strukturen.»

Entwickelt haben das Robotic Fabrication Laboratory die beiden Professoren Matthias Kohler und Fabio Gramazio, die seit 2005 die Professur für Architektur und Digitale Fabrikation unter dem Namen Gramazio Kohler Research zu einer weltweit beachteten Forschungsgruppe aufgebaut haben.

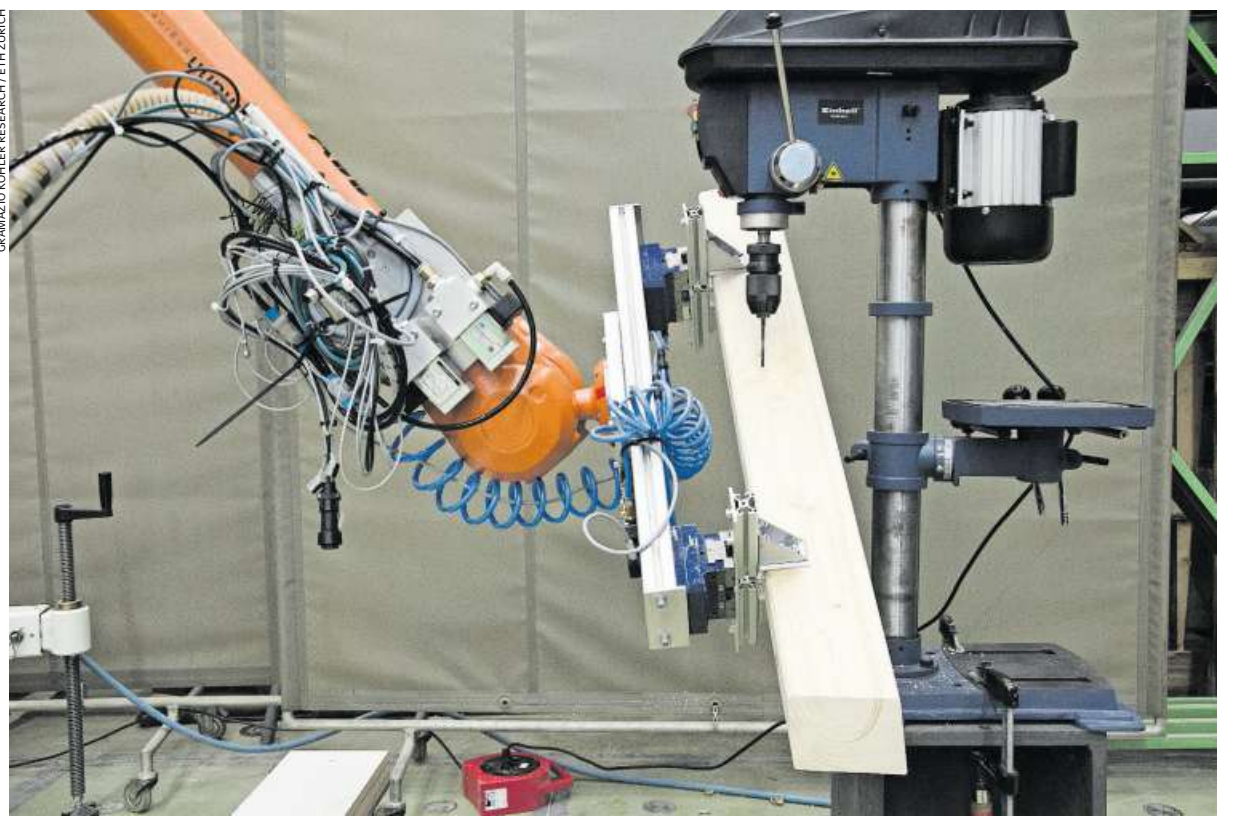
Vom Entwurf direkt in den Bau

«Das Bauen mit Robotern ist integrativ gedacht und stellt einen Gegenentwurf zu den Prozessen dar, die beim klassischen Bauen zur Anwendung kommen», erklärt Matthias Kohler. Heute zeichnet ein Architekt seine Pläne mithilfe von computer-gestützten Konstruktionssystemen und CAD-Programmen, aber sobald der Bau einer Einheit oder eines Gebäudes beginnt, hat die Digitalisierung ein Ende. Dann übernimmt der Bauführer die Umsetzung und die Handwerker die Konstruktion.

Demgegenüber führen die an der ETH Zürich erprobten Bauprozesse von der digitalen Datenbasis des Entwurfs direkt in die Ausführung. Das bedeutet: Bei der Planung wird nicht nur der Bauplan, sondern der ganze Bauprozess digital angelegt und programmiert, Roboter führen ihn dann gemäss den Befehlen präzise, schnell und sicher aus. «Mit diesem Ansatz rückt der Architekt wieder näher an die Konstruktion des von ihm geplanten Bauwerks heran», sagt Matthias Kohler.

Bis man am Lehrstuhl für Architektur und Digitale Fabrikation so weit war, brauchte es lange Vorarbeiten. Erste Erfahrungen mit

«Das Bauen mit Robotern stellt einen Gegenentwurf zu den Prozessen dar, die beim klassischen Bauen zur Anwendung kommen.»



Schnell und präzise: Aus kleinen Hölzern entsteht ein leistungsfähiges Tragwerk.

Wie viel Holz der Wald hergibt

4,5 Mio.

Etwa so viele Kubikmeter Holz wurden 2016 in der Schweiz geerntet. Laut Studien wäre aber ein Ertrag von 8,5 Millionen Kubikmetern möglich, ohne den hiesigen Waldbestand zu gefährden.

dem Einsatz von Robotern im Holzbau machten die ETH-Forscher 2008 mit dem Projekt «Sequenzielle Wand». Hier baute ein Industrieroboter aus Holzplatten Schritt für Schritt geometrisch vielschichtige Wände. Nach dem gleichen Prinzip entstanden später komplexe Holztragwerke. Erste Praxistauglichkeit bewies das roboterassmblierte Bauen beim Planen und Erstellen des Dachs des Neubaus für das Institut für Technologie in der Architektur. Das elegante, mehrfach geschwungene Holzdach wurde nach einem Entwurf von Gramazio Kohler Research komplett von einem Portalroboter in den Produktionshallen der Firma Erne in Laufenburg vorgefertigt. Aus exakt 48 624 kleinen Kanthölzern baute die Maschine 168 Fachwerkträger von bis zu 15 Metern Länge, die vor Ort an der ETH mithilfe eines Lastenkranes zum 2300 Quadratmeter grossen Dach zusammengesetzt wurden.

«Die Entwicklung des Dachs setzt für Architekten und Ingenieure sowie für die Bauwirtschaft neue Impulse», erklärte 2016 der für die Konzeption des ganzen Gebäudes verantwortliche ETH-Professor Sacha Menz. Tatsächlich gilt die Baubranche als nicht besonders risikofreudig, wie der Roboter-spezialist Guang-Zhong Yang vom Imperial

College London kürzlich im Fachblatt «Science Robotics» beklagt hat: «Die meisten Konstruktionsverfahren bedienen sich immer noch derselben manuellen Methoden und konventionellen Materialien, die vor hundert Jahren entwickelt worden sind.»

Neuer Zugang zum Holz

«Architekten haben bisher Berührungsängste gegenüber dem Holz gehabt», sagt Martin Riediker, der Präsident der Leitungsgruppe des NFP 66. Er ist überzeugt, dass das Bauen mit Robotern den Architekten «neue Design-Möglichkeiten» eröffnet und einen «neuen Zugang zum Holz als Baustoff» ermöglicht. «Was Matthias Kohler und Fabio Gramazio an der ETH machen, ist der Anfang einer Vision. Ich würde sogar von einer Revolution reden.»

Die Chancen stehen gut, dass Holz als Baustoff eine vielsprechende Zukunft vor sich hat: Weltweit entstehen immer grössere, sicherere und stärkere Gebäude aus Holz, zum Beispiel in Wien ein Holzhochhaus mit 24 Stocken. Holz hilft auch, die Erde zu kühlen: Wenn mit Holz gebaut wird, entstehen jene Emissionen des Treibhausgases Kohlendioxid nicht, die bei der Produktion von Beton und Stahl anfallen. Zudem spei-

Was soll es...

Fortsetzung von Seite 149

lichen Kulturkreis, sagt De Geyter. «Diese Menschen haben eine fixe Idee.»

Die Gynäkologin Yonat Floersheim ist ehemalige leitende Ärztin der Frauenklinik am Zürcher Unispital und führte als eine der Ersten in der Schweiz eine IVF durch. Benötigte ein Paar eine solche Behandlung, könne im Laufe der Abklärungen ein Geschlechterwunsch aufkommen. Sie vermutet, dass er in Zukunft häufiger geäussert wird. Denn vergangene Woche trat das revidierte Fortpflanzungsmedizinengesetz in Kraft. Damit ist nun die Präimplantationsdiagnostik (PID) zur Erkennung chromosomaler Eigenschaften erlaubt. Allerdings nur für solche Merkmale, welche die Entwicklungsfähigkeit des Embryos beeinträchtigen können.

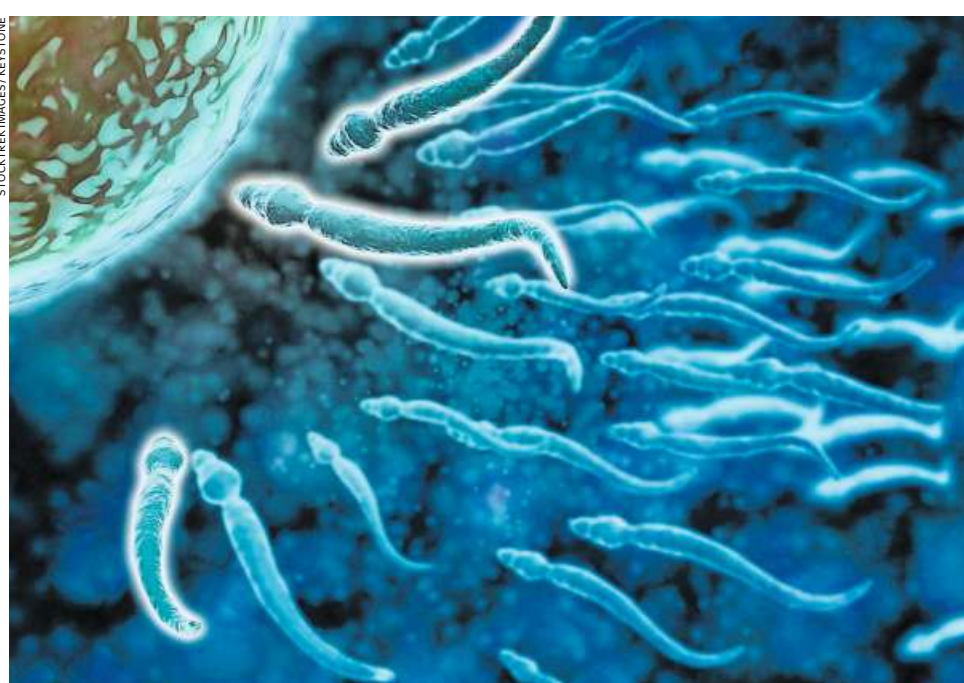
Die Wahl des Geschlechts bleibt verboten. «Für Paare, die einen deutlichen Geschlechterwunsch haben, dürfte das

schwierig nachzuvollziehen sein», sagt Floersheim. «Die Ethikkommission sollte dieses Thema behandeln.»

Weil eine Selektion verboten ist, würden sich viele Paare auf verkleinerte Art danach erkundigen, sagt Peter Fehr, leitender Arzt der privaten OVA IVF Clinic Zurich: «Nicht wahr, man darf das Geschlecht nicht wählen...» – diesen Satz höre ich immer öfter.»

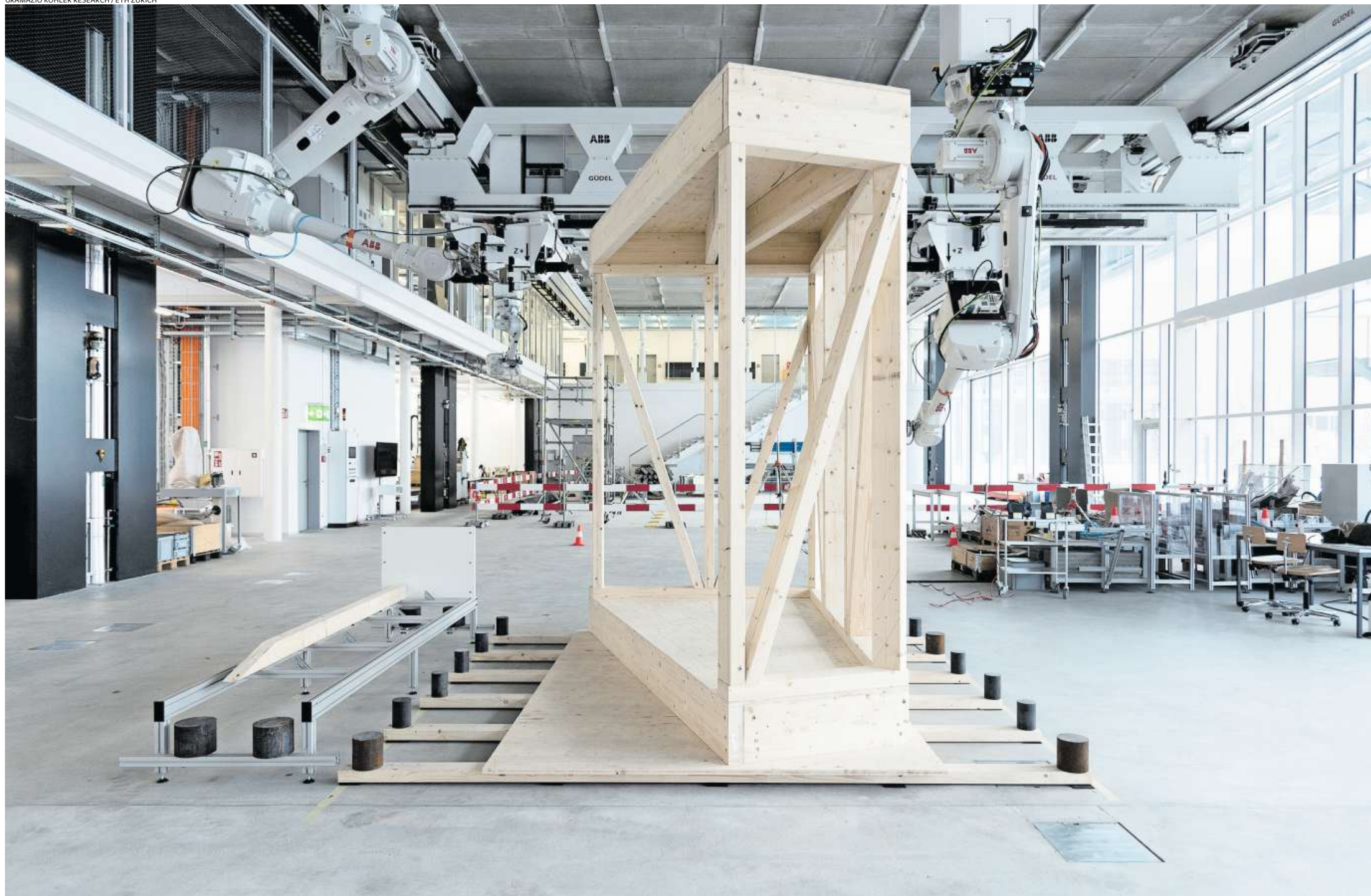
Auf diese Weise vorzufühlen, wird in Internet-Foren wie Genderdreaming empfohlen. Dort findet man nicht nur Adressen von Kliniken, sondern auch den Tipp, an welche man sich wenden soll: «Die Ärzte machen PID nicht offiziell für family balancing, aber wenn man sie diskret darauf anspricht, lassen sie einen den Embryo auswählen.»

In den USA ist Geschlechterselektion ein Millionengeschäft. Eine einmalige IVF-Behandlung für family balancing kostet 25 000 Dollar. Kliniken verzeichnen hohe Zuwachsraten. Manche haben eigene Reiseagenturen für internationales Klientel. Für PID gab es auch aus der Schweiz einen Fertilitätstouris-



Beim Microsort-Verfahren werden Spermien mit dem X- von jenen mit dem Y-Chromosom getrennt. Hier: Spermien schwimmen auf ein Ei zu.

GRAMAZIO KOHLER RESEARCH / ETH ZÜRICH



Perfektes Zusammenspiel: Zwei umgerüstete Industrieroboter bauen eine Wohneinheit aus Holz.

chert Holz das von den Bäumen aus der Luft aufgenommene CO₂ (siehe rechts).

Roboter werden an der ETH Zürich nicht nur für Holzkonstruktionen eingesetzt, sondern auch im Betonbau. So kann ein im Rahmen des Nationalen Forschungsschwerpunkts Digitale Fabrikation entwickelter Bauroboter namens «In situ Fabricator» direkt auf der Baustelle ein dreidimensionales Bewehrungsgitter aus Metall herstellen, in das der Beton eingegossen wird. Das Gewebe ist so dicht, dass der Beton nicht herausfließt. Das Metallgeflecht stellt die Stabilität der Struktur sicher und macht die althergebrachte und wenig effiziente Technik des Verschalens im Betonbau unnötig. Mit diesem Verfahren sind der Formsprache im Umgang mit Beton kaum mehr Grenzen gesetzt. Mit der «Mesh Mould»-Technologie wird dieses Jahr im DFAB House des «Nest»-Gebäudes eine doppelt gekrümmte, tragende Wand errichtet, welche die Architektur des Arbeits- und Wohnbereichs im Basisgeschoss prägen wird.

Auch im Betonbau gilt: Das Schwierige ist, einem Roboter beizubringen, wie er eine Aufgabe zu erledigen hat. Hat man das geschafft, ist der Bau komplexer Strukturen ein Kinderspiel.

Holz als Baustoff

Stark und feuerfest

Holz ist erneuerbar und steht zumindest in der Schweiz in grossen Mengen zur Verfügung. Laut Studien könnten hierzulande jährlich bis zu 8,5 Millionen Kubikmeter nachhaltig geerntet werden, heute wird lediglich etwas mehr als die Hälfte davon geschlagen. Das Verbauen von Holz nützt auch dem Klima. Laut Martin Riediker, dem Präsidenten der Leitungsgruppe des Schweizer Holz-Forschungsprogramms NFP 66, werden in der Schweiz pro Jahr 2,2 Millionen Tonnen des Treibhausgases CO₂ weniger emittiert, wenn Holz statt Beton verbaut wird. Zudem werden im langjährigen Durchschnitt rund

2,5 Millionen Tonnen CO₂ jährlich in Produkten aus Holz gespeichert.

Viele Holzarten haben eine ausserordentliche Festigkeit und eignen sich deshalb hervorragend für den Bau tragender Konstruktionen. Untersuchungen in den USA haben zum Beispiel auch gezeigt, dass Holzbauten Erdbeben besser widerstehen als solche aus Beton oder Stahl. Und anders als man denken würde, behalten Konstruktionen aus Holz bei einem Feuer ihre strukturelle Integrität über längere Zeit: Stahl und Beton brennen zwar nicht, dafür schmelzen sie ab einer gewissen Temperatur.

Holz als Baustoff zu verwenden, hat aber auch Nachteile. Holz ist immer noch relativ teuer: «Ein Liter Beton kostet weniger als ein Liter Mineralwasser», sagt Martin Riediker. Dazu kommt, dass Fassaden aus Holz verwittern und sich schnell verfärben, was nicht jedem Hausbesitzer gefällt. Gerade in der Schweiz häufige Holzarten wie Buchenholz sind sehr anfällig auf Feuchtigkeit und verziehen sich, wenn sie nass werden. Mit speziellen Oberflächenbehandlungen kann die Buche inzwischen aber so wasserabweisend gemacht werden, dass sich ihr Holz selbst in Duschwänden verbauen lässt. (pim.)



Wertvolle Ressource: Gebäude aus Holz widerstehen Erdbeben besser als solche aus Stahl oder Beton.

mus. Mit dem revidierten Fortpflanzungsmedizinengesetz dürfte dieser nun abnehmen. Ausser, es geht einem Paar um Geschlechterselektion. Denn selbst wenn Schweizer Ärzte den Wunsch nach einem Mädchen oder Buben - widerrechtlich - erfüllen wollen, haben sie dazu keine Möglichkeit: Die Embryonen werden in unabhängigen Labors untersucht, die den Ärzten das Geschlecht nicht mitteilen.

Das ist nicht in allen europäischen Ländern so. In Spanien etwa erhalten die Ärzte sämtliche Informationen, sagt Fehr, der am Aufbau einer Klinik in Alicante beteiligt war. Dorthin schickt er jährlich rund 100 Paare, die eine in der Schweiz nicht zugelassene Behandlung wünschen, etwa Eizellenspende oder Samenspende bei lesbischen Paaren.

«Wir erhalten nur gelegentlich solche Anfragen, und ich stelle keinen Anstief fest», sagt hingegen Bruno Imthurn, Chefarzt und Leiter des Kinderwunschzentrums am Universitätsspital Zürich. «Zu uns kommen Paare, die medizinische Hilfe brauchen.» Imthurn schätzt sowohl das Interesse wie

auch die Zustimmung für eine Geschlechterselektion unter Schweizerinnen und Schweizern als gering ein und verweist auf eine kürzlich durchgeführte Studie der Gesellschaft für Konsumforschung: 78 Prozent der Befragten sprechen sich dagegen aus.

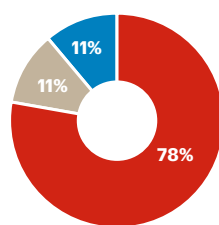
Allerdings unterscheidet die Studie nicht nach Motiv. «Für family balancing nach zwei oder mehr Kindern vom selben Geschlecht könnte ich mir eine grössere Zustimmung vorstellen», sagt Imthurn. Jedoch müsste ein Missbrauch wie Genderdiskriminierung klar ausgeschlossen werden können, betont er.

Hierin sieht die Gynäkologin Dorothea Wunder vom Centre de Procréation Médica-

«Meine Aufgabe ist es, Krankheiten zu heilen oder zu verhindern, und nicht, Familienkosmetik zu betreiben», sagt Christian De Geyter.

Keine Wahl

78% der Bevölkerung lehnen die Wahl des Geschlechts eines zukünftigen Kindes ab. 11% sind dafür.



Quelle: GfK 2017

lement Assistée in Lausanne ein Risiko. Wunder ist Mitglied der Nationalen Ethikkommission im Bereich der Humanmedizin. Diese sprach sich im Februar für die Offenlegung des Geschlechts bei nichtinvasiven Pränataltests (NIPT) vor der 12. Schwangerschaftswoche aus - so wie es heute gängige Praxis ist. Beim NIPT genügt eine Blutprobe der Mutter, um den Fötus auf Chromosomenstörungen sowie das Geschlecht zu prüfen. Da er bereits ab der 10. Schwangerschaftswoche gemacht werden kann, wäre eine Abtreibung innerhalb der Fristenlösung straffrei möglich.

Das will der Bundesrat verhindern. Er nahm eine Motion, gemäss der das Geschlecht erst nach der 12. Woche mitgeteilt werden darf, in seine Botschaft zum revidierten Gesetz über genetische Untersuchungen beim Menschen (GUMG) auf. Die Botschaft geht in den kommenden Monaten in die parlamentarische Phase.

«Ich war fast als einziges Mitglied der Ethikkommission gegen die Mitteilung des Geschlechts vor der 12. Schwangerschafts-

woche», sagt Dorothea Wunder. «Genderdiskriminierende Selektion würde bei uns zwar nicht zu einem Ungleichgewicht führen wie in China oder Indien», ist sie überzeugt, «aber die damit einhergehende Botschaft an andere Länder, dass die Schweiz es okay findet, ein Kind wegen des (falschen) - in aller Regel weiblichen - Geschlechts abzutreiben, wäre für mich unannehmbar.»

Daniel Surbek, Chefarzt an der Frauenklinik des Inselspitals in Bern, schätzt, dass es in der Schweiz jährlich zu rund 100 geschlechtsbedingten Abtreibungen nach einem NIPT kommt. Auch Surbek glaubt, dass mit dem revidierten Fortpflanzungsmedizinengesetz mehr Paare einen Geschlechterwunsch äussern werden: «Das sehen wir bereits in anderen Ländern.»

Anders als das Stammhaltermotiv kann Surbek den Wunsch nach einem ausgeglichenen Tochter-Sohn-Verhältnis nachvollziehen. «Doch wenn wir keine Schranken setzen, um Auswüchse zu vermeiden, widerspricht das unserem Grundverständnis der Geschlechtergerechtigkeit.»