



Interview mit Prof. Dr. Arno Schlüter, ETH Zürich

Gebäude werden intelligent

Gebäude sollen lernen, auf ihre Nutzer zu reagieren und deren individuelle Bedürfnisse und Vorlieben beim Raumklima und der Raumnutzung zu erfüllen. Wie das gelingen kann, erläutert der ETH-Professor Arno Schlüter im Gespräch.

Interview: Monika Schläppi, Fotos: Nicolas Zonvi

Zur Person

Arno Schlüter (46) ist Professor für Architektur und Gebäudesysteme am Institut für Technologie in der Architektur an der ETH Zürich und Principal Investigator am SEC Future Cities Lab (FCL) in Singapur. Nach seinem Studium der Architektur an der TU Karlsruhe schloss er ein Nachdiplom und das Doktorat im Bereich Architekturinformatik und Gebäudetechnik an der ETH Zürich ab. Er ist Vorstandsmitglied des ETH Energy Science Centre und Studiendirektor des interdisziplinären Studienganges Master in Integrated Building Systems. In seiner Forschung legen er und sein Team die Schwerpunkte auf die Modellierung und Analyse von Gebäude- und Stadtsystemen, innovative Gebäudekonzepte und -komponenten.

www.systems.arch.ethz.ch

Sie liegen völlig im Zeitgeist mit Ihren Forschungsthemen wie Energieeinsparungen und Nachhaltigkeit. Haben Sie das vor 10 Jahren, als Sie als Assistenzprofessor bei der ETH angefangen haben, so vorausgesehen?

Arno Schlüter: Es war damals schon absehbar, in welche Richtung es geht und gehen muss. Aber, dass das Thema in meinem Departement, insbesondere in den letzten zwei, drei Jahren derart an Fahrt aufnimmt, das war schon erstaunlich.

Wurde das Thema früher nicht ernst genommen?

Nachhaltigkeit wurde und wird auch manchmal noch als Option im Entwurf und Planung gesehen, als etwas, um das sich nachgelagert die Fachplaner kümmern. Erst in den letzten zwei, drei Jahren setzt es sich langsam durch, dass es ein Bestandteil jedes Entwurfs- und Planungsprozesses eines Gebäudes ist und sein muss. Es kann also nicht nur als Option oder ein Extra betrachtet werden.

Damit wurde ja bestätigt, dass Sie sich auf das richtige Themenfeld konzentriert haben.

Es ist insbesondere gut zu sehen, dass es bei den Studierenden einen höheren Stellenwert bekommen hat. Am Anfang mussten wir den Inhalt unserer Vorlesungen und Kurse noch stärker bewerben. Die Situation ist heute eher so, dass wir viele Anfragen von Kollegen oder Studierenden bekommen, und es manchmal schwierig ist, alles im Semester unterzubringen.

Ist das Thema jetzt mehr in den Köpfen der Jungen angekommen oder auch bei den Älteren?

Eigentlich bei beiden. Die älteren Kollegen haben erkannt, dass sie sich damit beschäftigen müssen, da es auch eingefordert wird. Ich denke, dass sich in der gesamten Gesellschaft in der Schweiz ein Bewusstsein dafür entwickelt.

Was steht bei Ihrer Arbeit im Vordergrund: Die Technik oder die Reduktion von Ressourcen?

Bei uns geht es immer um das Gesamtsystem, um die Balance zwischen Gebäude und Technik. In vielen Köpfen hat sich das Gegensatzpaar High-Tech, Low-Tech bzw. keine Gebäudetechnik oder —//

viel Gebäudetechnik festgesetzt. Aber heute ist es, zumindest für uns, klar, dass diese Kategorien keinen Sinn machen. Viele Anforderungen an ein Gebäude kann ich bereits passiv über Form, Konstruktion oder Material lösen, und gewisse Dinge muss ich mit Technik lösen. Ich kann aber balancieren. In gewissen Fällen führt der Weg über Technik zu geringeren Gesamtemissionen, in anderen steht das Material im Vordergrund. Relevant ist für uns, das Gesamtsystem über seinen Lebenszyklus zu betrachten.

Die Grundidee von HiLo ist, extremen Leichtbau mit effizienter Gebäudetechnik in Verbindung zu bringen? Welche Schritte sind dafür nötig?

Die Idee der Synergie von HiLo war, das leichte Tragwerk mit der Gebäudetechnik zusammenzuführen. Grundsätzlich ist HiLo erst einmal ein Gebäude mit schwierigen Rahmenbedingungen für Energieeffizienz und Gebäudetechnik. Es ist ein Leichtbau mit wenig thermischer Masse, mit grossen Glasflächen und mit viel Oberfläche. Wir haben versucht, diesen Nachteil praktisch umzudrehen. Den Leichtbau so zu unterstützen, dass wir mit der Technik noch weiter Material sparen können. Die grossen Flächen für das Heizen und Kühlen zu nutzen. Die Möglichkeit der digitalen Fertigung erlaubt es uns, die Technik früher zu integrieren, um damit sozusagen funktionale Komponenten zu erhalten.

Welche Rolle spielt dabei das NEST und insbesondere die neue Unit HiLo?

Das NEST ist das, was uns sonst zwischen dem Labor und der Anwendung im Markt fehlt. Zum einen lernt man viele Dinge erst, wenn man neue Entwicklungen in einem Gebäude prototypisch anwendet. Gerade bei HiLo, wo man viele Dinge zum allerersten Mal gemacht hat, ist das essenziell. Zum anderen können wir jetzt den Beteiligten, Interessenten oder Bauherren zeigen, was wir realisiert haben. Wenn man ein Objekt physisch vor Ort besuchen kann, hat das eine viel grössere Wirkung, als wenn man nur eine schriftliche Abhandlung darüber liest.

Wie wichtig sind das Feedback der Nutzenden sowie die Performancemessungen?

Die Themen Tragwerk und Leichtbau sind mit der Erstellung beendet. Für uns geht mit der Fertigstellung aber die Arbeit weiter. Der Betrieb der Systeme und die Interaktion mit den Nutzern ist das, was uns interessiert. Es sind viele Sensoren vorhanden, die uns viele Daten liefern. Wir werden lernen, wie die Empa-Mitarbeitenden die Räume nutzen, wann und wie sie mit den Systemen interagieren. Das hilft uns bei der Frage, wie wir die Systeme am besten steuern und regeln.

Wie werden die Daten ausgewertet?

Die verschiedenen Systeme der Heizung, Kühlung, Lüftung haben so etwas wie eine Grundeinstellung. Dann sehen wir anhand von Sensoren, welche Zustände im Raum herrschen, ob Mitarbeiter da sind oder nicht. Über die Touchpanels können die Mitarbeiter Dinge verändern, z. B. die Raumtemperatur erhöhen oder die Panels der Solarfassade verstellen. Aus der Reaktion der Systeme lernen wir, wie schnell und wie gut diese in der Lage sind, auf die Wünsche der Bewohner zu reagieren. Und daraus ergeben sich Einsichten, wie der Komfort am besten gehalten werden kann, und welche Systeme dies besonders energieeffizient tun.

Gibt es auch unterschiedliche Systeme für die gleiche Fragestellung?

Es gibt Überlappungen, das wurde ganz bewusst so gemacht. In den Decken ist eine strahlungsbasierende Heizung, Kühlung und Lüftung integriert. Aber wir haben auch, zusammen mit Industriepartnern, Lüftungssysteme eingebaut, die ebenfalls heizen und kühlen können. Diese sind in der Lage, ein Stück weit schneller zu reagieren. Sie sind natürlich primär für die Lüftung vorgesehen, können aber auch Wärmelasten hineinbringen oder herausführen. Das Ganze wird ergänzt durch eine gesteuerte Fensterlüftung und regelbare Gläser.

Für die Industriepartner ist es sicherlich wichtig, Erkenntnisse daraus zu ziehen.

Genau das ist das gemeinsame Ziel. In Forschungsprojekten mit den Industriepartnern, in diesem Fall Mitsubishi Electric, wollen wir herausfinden, wie ein solcher hybrider Betrieb aussehen kann. Wie die Steuerung so optimiert werden

kann, dass sie den Komfort mit möglichst wenig Energie sicherstellt und welche Systeme in welcher Situation am besten reagieren.

Das Interessante dabei ist eben, dass wir «echte» Nutzer in HiLo haben, und das Wetter um HiLo herum. Wir wollen mit HiLo und seinen Systemen gut auf diese beiden schwer planbaren Einflüsse reagieren können und ableiten, welche Einstellungen in diesem Raum gerade für Komfort sorgen. Also passend zu den Personen, die sich dann im Raum befinden. Dabei lernen wir durch die Nutzung der Touchpanels, welche Raumzustände für welchen Nutzer bei welchem Wetter komfortabel sind.

Wie wird in den Betondecken die Gebäudetechnik integriert? Sind für solche Deckensysteme digitale Produktionstechniken notwendig?

Wir kennen ja auch die integrierten Heiz- und Kühlsysteme in konventionellen Decken. Dafür ist keine digitale Produktion notwendig. Was wir mit der digitalen Produktion schaffen, ist, die Systeme zu optimieren und besser zu integrieren.

Die Frage lautet, wie kommt ein sehr leichtes Tragwerk mit den technischen Systemen, also mit der thermischen Aktivierung zustande, wo kann ich das System platzieren. Welches sind die Räume, die ich für die Technik nutzen kann, ohne die Statik zu beeinflussen.

Im Gegensatz zum Standardbau habe ich die Möglichkeit, das ganze System zu optimieren. Wenn ich zum Beispiel bei der Lüftung genau weiss, wie die Luftzirkulation sein soll, dann kann ich das ganze System für die Luftzirkulation optimieren. Dadurch wird die Luft bei der Decke z. B. so ausgeblasen, dass der thermische Effekt der Decke möglichst gut genutzt wird.

Welche Aufgaben hat die Solarfassade?

Die Solarfassade sorgt für passive Wärmegewinne, sie verschattet und produziert Strom. Sobald Personen im Raum mit ihr interagieren, soll die Fassade in Zukunft lernen, wie die Stellung der Module sein soll, beispielsweise aufgrund der Tätigkeiten im Raum oder der Sonneneinstrahlung.

Dann agiert die Fassade somit selbstständig?

Das ist genau das Ziel. Die Fassade soll die Bedürfnisse im Raum er-



«Es gibt bereits Interessenten, die genau diese Solarfassade einsetzen möchten.»

kennen können, um sich dementsprechend einzustellen. An gewissen Tagen und Stunden, insbesondere im Sommer, soll die Fassade möglichst viel Einstrahlung aus dem Raum abhalten. Im Winter vielleicht weniger, da ist jeder froh, wenn er ein paar Sonnenstrahlen abbekommt. Aber wenn niemand in dem Raum ist, dann soll sie sich darauf konzentrieren, möglichst viel Strom zu produzieren und die Lasten im Raum so gering wie möglich zu halten.

Dienen diese Panels lediglich als Demonstrationsobjekt, oder könnten sie auch anders aussehen?

Ja, das ist so. Wir haben bisher fünf Prototypen gebaut, sie jedoch nie bewusst gestaltet. Aber die Fassade hat eine eigene, funktionale Ästhetik und wird auch so wahrgenommen. Viele Leute interessieren sich genau für dieses «Design», obwohl es natürlich viele andere Möglichkeiten gäbe, wie sie ausse-

hen könnte. Und, obwohl es noch kein Produkt ist, gibt es bereits Interessenten, die genau diese Fassade einsetzen möchten.

Der Zweck steht aber an oberster Stelle?

Für die Forschung auf jeden Fall. Interessanterweise wird die Fassade trotzdem oft als «auffälliges Solardesign» wahrgenommen. Aber eigentlich ist sie sehr einfach. Wir haben keine Verglasungen, keine Einfärbungen, Bedruckungen oder besondere Oberflächen. Nur eine leichtgewichtige, auf das Gebäude anpassbare Tragstruktur und Solarzellen, direkt auf einen Träger laminiert, mit einer Schutzschicht davor. Die dafür eingesetzt werden, den Energiehaushalt dieses Gebäudes zu regulieren.

Sie wollen, dass Gebäude und ihre Systeme selbstständig lernen können. Welchen Ansatz verfolgen Sie dabei?

Unser Ziel ist nicht das voll automatisierte Gebäude, sondern eine gewisse Umgebungszintelligenz, d. h. eine bessere Reaktion der Gebäudetechnik auf seine Umgebung. Es gibt verschiedene Techniken, wie man dabei vorgehen kann. Eine davon ist, dass die Systeme aus vergangenen Situationen und Zuständen «gelernt» haben, zu welchen Rahmenbedingungen, also z. B. Raumbelegungen, Temperaturen, Sonneneinstrahlung etc., die Bewohner einen gewissen Raumzustand bevorzugen, und was für den nächsten Zeitschritt daher wahrscheinlich die beste Lösung ist, den Raum einzustellen. Das fällt unter das Stichwort «Maschinelles Lernen», einem Teilgebiet der künstlichen Intelligenz.

Lassen sich solche Systeme pro Gebäude implementieren?

Ein Teil unserer Arbeit an HiLo wird auch daraus bestehen, wie gut sich solche Konzepte anwenden —//

und auf andere Gebäude übertragen lassen. Im Ursprungszustand gleicht das System einem lernfähigen Kind. Durch die Interaktionen mit seiner Umgebung im Gebäude lernt es dazu. Die Kunst ist, dass das System möglichst schnell das Verhalten lernt, wie es am besten auf die verschiedenen Betriebszustände und Nutzeranforderungen reagiert.

Könnten sich nicht auch mehrere Gebäude zusammenschliessen?

Das ist auf verschiedenen Ebenen denkbar. Was man auf der übergeordneten Ebene machen kann, dass verschiedene Gebäude ihren Energiehaushalt miteinander austauschen. In Pilotprojekten wurde dies bereits getestet. Über dezentrale Börsen können Angebot und Bedarf vermittelt werden und ein Handel untereinander entstehen. Das könnte manuell passieren, aber

auch durch Algorithmen gelöst werden. Es ist vorstellbar, dass sich ein Gebäude seine Energie kauft, weil es in der Nachbarschaft gerade den günstigsten Preis dafür bekommt. Zum Beispiel die Solarfassade, die gerade Strom produziert, aber niemand zu Hause ist.

Sie sind leitender Forscher am Singapore-ETH Centre Future Cities Lab in Singapur. Um was drehen sich dort Ihre Arbeiten?

Wir arbeiten in Singapur insbesondere an Fragen der effizienten Kühlung und erneuerbaren Stromproduktion in der dichten, tropischen Stadt, und wie diese Systeme die Stadtentwicklung und den Gebäudeentwurf beeinflussen. Für uns war und ist das eine grosse Chance, weil wir tatsächlich viele Dinge, die wir von hier kennen, auf den Kopf stellen können. Angefangen beim Klima, wie Gebäude genutzt wer-

den, bis hin zu der Art und Weise, wie dort gebaut wird. Viele Rahmenbedingungen sind in Singapur fundamental anders. Für uns war das sehr spannend, aber wir haben auch Lehrgeld bezahlen müssen.

Inwiefern?

Zuerst einmal, um zu erfahren, wie das Leben in einem solchen Klima funktioniert. Das fängt damit an, wie und wann Menschen ihre Gebäude benutzen, welche Temperaturen und Zustände sie bevorzugen. Wie Entscheidungsstrukturen und Bauprozesse sind, welche Fertigkeiten und welches Wissen bei den Baubeteiligten vorhanden ist. In Singapur funktioniert das Bauen anders, mit vielen, aber weniger ausgebildeten Arbeitern, dafür aber mit einer hohen Geschwindigkeit, Fehlertoleranz und Anpassungsfähigkeit.

Wieso ist es eigentlich Singapur?

Die ETH hat vor bald 14 Jahren mit der National Research Foundation Singapore, der nationalen Forschungsbehörde, ein gemeinsames

«Die Schweiz ist in der Gebäudetechnik weit entwickelt.»



Projekt gestartet. Verschiedene Universitäten wie das MIT, Berkeley, Yale, Cambridge, ETH Zürich und die TU München erhielten damals die Möglichkeit, dort grössere Projekte zu realisieren. Das Future Cities Lab, mit dem Fokus auf Stadtentwicklung, war das erste, aber mittlerweile sind es eine ganze Reihe von verschiedenen Projekten am Singapore-ETH Centre geworden.

Singapur hat eine Art Vorbildfunktion im südostasiatischen Raum. Es besteht ein gemeinsames Interesse an Innovation. In der Schweiz gibt es gerade beim Bauen ein hohes Bewusstsein für Qualität, und auch die Mittel dazu, sie zu realisieren. Das verführt manchmal zu denken, dass es überall so sein könnte. Dafür sind manche Entwicklungen statischer. In Ländern wie Singapur merkt man die hohe Dynamik, die Stadt wird schneller neu gedacht und auf neue Entwicklungen und Erkenntnisse gesetzt.

Heisst das, dass man in der Schweiz dynamischer unterwegs sein sollte?

Die Schweiz ist, was Gebäude und Gebäudetechnik anbelangt, sehr gut und weit entwickelt. Das beginnt beim Entwerfen und Planen von Gebäuden, über Fabrikationstechniken, z. B. im Holzbau, zu den technischen Systemen, die mit viel Fachwissen geplant werden, bis hin zum starken Solarbereich. Wir brauchen aber in unseren Vorschriften und Normen mehr Flexibilität, um sinnvolle und innovative Ansätze umsetzen zu können. Dazu kommt: Dieses Wissen verlässt die Grenzen der Schweiz noch zu selten. In anderen Ländern ist vieles davon unbekannt, beziehungsweise man ist sich nicht bewusst, was wirklich möglich ist.

Dann sollte man «Entwicklungshilfe» leisten?

Ja, ich glaube, dass hier ein grosses Potenzial vorhanden ist, das Know-how im Bauen aus der Schweiz noch mehr in anderen Ländern einzusetzen.

Werden Sie wieder nach Singapur zurückkehren?

Mit dem Future Cities Lab Global ist unsere Zusammenarbeit in Singapur in die dritte Phase gegangen. Sobald das Reisen wegen der Pandemie wieder möglich ist, werden wir wieder dort hingehen. —□