



Dschungel am Bau: Die geschwungenen Türme aus Glas und Stahl sollen aus dem Meer vor Hongkong aufragen und das Stadtareal der Metropole erweitern. Riesigen Gewächshäusern gleich enthalten die Gebäude so viele Pflanzen, dass sie sich selbst mit Bioenergie versorgen können. *

Ganz Berlin ein Kraftwerk

Städte verschlingen immer mehr Wärme und Strom. Nur effizientere Gebäude und erneuerbare Energien können das Problem lösen. Forscher suchen deshalb nach Wegen, die unsteten Erzeuger mit den Verbrauchern in Einklang zu bringen.

Von Sascha Rentzing

Früher haben Hamburg-Besucher einen Bogen um Wilhelmsburg gemacht. Der Stadtteil galt als grau und arm an Attraktionen. Das hat sich geändert: Im März wurde hier das im wahrsten Sinne „grünste Haus“ der Hansestadt fertiggestellt. Mit seiner „Bioreaktorfassade“ ist das fünfgeschossige BIQ – die Abkürzung steht für „Haus mit Biointelligenzquotient“ – die Attraktion der derzeitigen Internationalen Bauausstellung Hamburg. In Glasplatten an der Fassade wachsen Algen, die aus Licht und Kohlendioxid

Biomasse und Wärme produzieren. Die Wärme wird über Wärmetauscher den 15 Wohnungen direkt zum Heizen zur Verfügung gestellt, die Biomasse wird abgeschöpft. Aus ihr wird Biogas gewonnen, das eine Brennstoffzelle in Strom und zusätzliche Wärme umwandelt.

„Sämtliche benötigte Energie zur Erzeugung von Strom und Wärme entsteht aus regenerativen Quellen, fossile Brennstoffe sind nicht im Spiel“, erklärt Projektleiter Ralf Ziehn vom verantwortlichen Bauunternehmen Otto Wulff.

Eine Steuerung verteilt die Energie und regelt zugleich das Wachstum der Algen, indem sie ihnen immer genau so viel Kohlendioxid aus der Brennstoffzelle zuleitet, wie sie für die Photosynthese benötigen. Allerdings erzeugen die Organismen relativ wenig Strom. Sie liefern nur schätzungsweise 4500 Kilowattstunden pro Jahr – das reicht maximal für zwei Haushalte im BIQ. Der meiste Strom muss daher aus dem öffentlichen Netz bezogen werden. Besser sieht die Energiebilanz bei der Wärme aus. An hellen Tagen produziert die Fassade Überschüsse, die ins Nahwärmenetz eingespeist oder in Erdwärmesonden gespeichert werden. Im Winter, wenn der Bioreaktor weniger Heizenergie liefert, greift BIQ auf diese Speicher zurück.

Klimaschonende Gebäude

Trotz der recht geringen Stromausbeute könnte das Algenhaus wegweisend für künftige Bauvorhaben sein. Zwar bedecken Großstädte wie Hamburg nur ein Prozent der Erdoberfläche, aber sie verbrauchen 75 Prozent der eingesetzten Primärenergie und verursachen 80 Prozent der Treibhausgasemissionen. Stadtplaner und Architekten stehen damit vor enormen Herausforderungen. „Der Kampf ums Klima entscheidet sich in den Städten. Sie müssen bei einem Großteil ihrer Prozesse CO₂-neutral werden, sonst droht der Klimakollaps“, warnt die Wissenschaftlerin Christina Sager vom Fraunhofer-Institut für Bauphysik (IBP). Gemeinsam mit elf weiteren Fraunhofer-Instituten hat das IBP daher 2012 das Projekt „Morgenstadt“ gestartet. Im Rahmen dessen wollen die Forscher anhand der sechs Städte Singapur, Kopenhagen, New York, Berlin, Freiburg und Tokio zeigen, wie die Energiewende in Citys mit unterschiedlichen Gegebenheiten gelingen kann. So viel steht fest: Die Ökotransformation erfordert viele Innovationen. „Wesentliche Voraussetzung sind intelligente Strom- und Wärmenetze: Sie verknüpfen Energieerzeugung und -verbrauch über viele verschiedene Energieträger hinweg“, erklärt Sager. Bisher steht die Entwicklung so genannter Multi-Energy-Smart-Grids, die neben Strom und Wärme auch Daten transportieren können, aber erst am Anfang.

Gebäude mit intelligenter Technik und Gebäudeautomation sollen zu wichtigen Säulen des Smart Grids werden (siehe Artikel S.42). Einfacher als Algen ließe sich zum Beispiel Solartechnik in die Häuser einbinden. Laut Fach-

hochschule Osnabrück eignet sich in Deutschland jedes fünfte Dach für die Nutzung der Solarenergie. Wo sich Solarmodule nicht anbringen lassen, können sie als stromerzeugende Fenster oder Ersatz für die Betonfassade in die Gebäudehülle integriert werden. Mit zusätzlichen Batteriespeichern, um etwa die Nacht zu überbrücken, lässt sich der solare Eigenverbrauch eines Gebäudes deutlich steigern. Sonnenstrom lässt sich mit einer Wärmepumpe genauso gut zur Produktion von Wärme nutzen. „Solarstrom wird immer billiger und kann bald direkt mit Öl für die Heizung konkurrieren“, prognostiziert Volker Quaschnig, Professor für regenerative Energien in Berlin. Eine Wärmepumpe verwertet den Solarstrom sehr effizient, weil sie ihn verwendet, um der Umgebung Wärme zu entziehen. Aus einem Kilowatt elektrischer Antriebsleistung erzeugt sie so drei bis vier Kilowatt Wärme. Erste Systeme aus Wärmepumpe, Warmwasserspeicher, Solarmodulen und Wechselrichter kommen derzeit auf den Markt. Der Münchener Hersteller Centrosolar beispielsweise bietet ein solches Paket unter dem Namen „Cenpac plus“ mit drei bis fünf Kilowatt elektrischer Spitzenleistung an. Eine Steuerung regelt, wann der Solarstrom die Wärmepumpe und wann er andere elektrische Geräte betreiben soll.

Alternativ lässt sich mit klassischen solarthermischen Anlagen regenerative Wärme erzeugen. Ihr Prinzip ist einfach: Solarkollektoren auf dem Dach verwandeln Sonnenstrahlung in Wärme. Über einen Wärmetauscher wird Wasser in einem Speicher erhitzt und kann in Küche, Bad und zur Einsparung von Heizenergie eingesetzt werden. Die Kollektoren können auch mit „Sorptions-Klimaanlagen“ kombiniert werden, die Wärme in Kälte verwandeln. So lässt sich überschüssige Hitze auch im Sommer sinnvoll nutzen. Herkömmliche elektrische Kompressions-Klimaanlagen verschlingen in Deutschland rund 90 Milliarden Kilowattstunden Strom pro Jahr – 15 Prozent des gesamten Stromverbrauchs. In wärmeren Industriestaaten wie in den USA liegt der Anteil noch höher. Das Einsparpotenzial ist also gewaltig. Werden zudem bestehende Gebäude energetisch saniert, sinkt der CO₂-Ausstoß weiter. Forscher der Technischen Universität Berlin haben zum Beispiel in der Studie „Intelligente Energieversorgung für Berlin 2037“ ermittelt, dass der Gesamtenergiebedarf in der Hauptstadt ►

* Die visionären Stadtskizzen in unserer Titelgeschichte sind Entwürfe des belgischen Architekten Vincent Callebaut. Der 36-Jährige gehört zu den Vordenkern einer nachhaltigen, umweltbewussten Stadtplanung. Oft integriert er Solarmodule oder Windkraftwerke in seine Konzepte.

„Der Kampf ums Klima entscheidet sich in Städten.“
Christina Sager, IBP



Eingebauter Bioreaktor: Hinter den Glasplatten an der Fassade des fünfgeschossigen Hamburger Neubaus wachsen Algen, die Biomasse und Wärme für die Energieversorgung des Hauses produzieren.

allein durch Energiesparmaßnahmen wie neue Heizungen und Fenster um 45 bis 50 Prozent gesenkt werden kann.

Frischer Wind für Zukunftsmetropolen

Dennoch wird die grüne Wende in Berlin nicht leicht. So wird sich die Stadt selbst bei stark sinkendem Energiebedarf nicht komplett selbst mit Ökostrom und -wärme versorgen können. „Das regenerative Nutzungspotenzial reicht nicht aus. Ein Teil der Energie muss aus dem Umland kommen“, sagt TU-Energieprofessor Kai Strunz. Zwar kann Berlin den Anteil seiner CO₂-freien Stromversorgung bei guter Koordination der erneuerbaren Quellen der Studie zufolge von heute 25 auf 60 Prozent im Jahr 2037 ausbauen. Voraussetzung dafür ist jedoch, dass große Mengen an Windstrom aus den umliegenden Bundesländern geliefert und neue Windturbinen in der Region gebaut werden. Derzeit stehen im ostdeut-

schen Versorgungsgebiet Berlins der TU zufolge etwa zehn Gigawatt Windstromleistung zur Verfügung, 20 Gigawatt sind jedoch nötig, um das angepeilte 60-Prozent-Ziel zu schaffen.

Aus Sicht von IBP-Forscherin Sager gilt für andere Metropolen das gleiche wie für Berlin. „Ohne Ökostrom von außen schafft keine Stadt die Energiewende.“ Die Einbindung externer Ökokraftwerke ist jedoch mit hohen technische Hürden verbunden. Damit die Citys sicher versorgt werden, müssen Windenergie- und Solaranlagen klug mit allen anderen Stromverbrauchern und -erzeugern vernetzt werden. Das erfolgreiche Zusammenspiel von Stadt und Peripherie ist an zwei Bedingungen geknüpft: Zusätzliche Großspeicher und Elektrofahrzeuge sind nötig, die Erzeugungsspitzen abfedern und so das Netz entlasten. Außerdem bedarf es intelligenter Steuerungen, die den Einsatz aller Komponenten koordinieren und auf den Energiebedarf abstimmen. ▶

„Ein Teil der Energie für Berlin muss aus dem Umland kommen.“

Kai Strunz, TU Berlin

„Wir wollen bis 2014 zeigen, dass eine sichere und zuverlässige Stromversorgung aus Erneuerbaren möglich ist.“

Kurt Rohrig, Iwes

So genannte virtuelle Kraftwerke versprechen eine Lösung. Sie bestehen aus vielen dezentralen Energieproduzenten, die über eine Datenleitung miteinander verbunden sind. Fällt ein Erzeuger wegen Dunkelheit oder Flaute aus, erhält ein anderer im Cluster das Startsignal. Derzeit treiben vor allem die großen Energie- und Technologiekonzerne die Verbundlösungen voran. Vattenfall hat in Berlin ein Netz von Blockheizkraftwerken (BHKW) errichtet, die als zusammengeschaltetes virtuelles Kraftwerk Schwankungen beim Solar- und Windstrom ausgleichen können. So erzeugen die BHKWs fehlende Kilowattstunden für die nötige Netzstabilität und produzieren dabei Wärme, die in den Gebäuden, in denen sie stehen, genutzt und gespeichert wird. Herrscht Überangebot, werden stromverbrauchende Wärmepumpen angesteuert. Bis Ende 2013 soll eine elektrische Gesamtkapazität von 200 Megawatt zusammengeschaltet und von der Berliner Zentrale aus gesteuert werden.

Siemens koppelt in München BHKWs mit Wind und Wasserkraft und entwickelt automatische Regelungen für das Mittelspannungsnetz. Mit ihnen können Kraftwerke so gesteuert werden, dass sie so genannte Blindleistung erzeugen und aufnehmen können, um die Spannung im Netz konstant zu halten. Damit Anbieter und Verbraucher miteinander kommunizieren können, hat etwa die Mannheimer Firma Power Plus Communications mit der „Breitband Powerline“ eine spezielle Kommunikationstechnik entwickelt, mit deren Hilfe Informationen in beide Richtungen über das Stromnetz übertragen werden können – zum Beispiel Tarifinformationen oder der aktuelle Stromverbrauch.

Größe Aufmerksamkeit gilt derzeit dem vom Bund geförderten Forschungsprojekt „Kombi-

kraftwerk“. „Wir wollen bis 2014 zeigen, dass eine sichere und zuverlässige Stromversorgung aus erneuerbaren Energien möglich ist – ganz ohne konventionelle Schattenkraftwerke als Absicherung“, sagt Kurt Rohrig vom Fraunhofer-Institut für Windenergie- und Energiesystemtechnik (Iwes). Die Projektpartner konnten bereits beweisen, dass ein Verbund aus Windturbinen mit 13 Megawatt Gesamtleistung, zehn Megawatt Solar- und Biogasanlagen sowie einem virtuell zugeschalteten Pumpspeicherkraftwerk, das Leistungsschwankungen ausgleicht, den kompletten Strombedarf von mehr als 10 000 Menschen decken kann. „Selbst bei Flaute und in der Nacht reicht der Strom“, sagt Rohrig.

Am Ziel sind die Forscher aber längst noch nicht. Sollen Metropolen und ihr Umfeld als virtuelle Kraftwerke fungieren, sind die Abläufe viel komplexer als in bisherigen Demonstrationsprojekten. Es müssen deshalb leistungsstärkere Softwareprogramme und Kommunikationstechnologien entwickelt werden, die mehr Erzeuger und Verbraucher einbinden und wesentlich größere Energiemengen managen können. Da sich gängige Pumpspeicherkraftwerke nur für wenige Standorte eignen, müssen zudem neue dezentrale Speicher entwickelt werden. Elektrochemische Speicher wie Redox-Flow-Batterien, die größere Strommengen über längere Zeiträume aufnehmen können, bieten eine Lösung. Eine andere Speicheridee ist es, Wasser mit Ökostrom per Elektrolyse in Wasserstoff umzuwandeln. Das Gas ließe sich entweder ins Erdgasnetz einspeisen oder als Sprit für Brennstoffzellenautos nutzen. Experten glauben aber nicht, dass Elektrolyseure innerhalb der kommenden Dekade wirtschaftlich werden. Bisher ist die Morgenstadt nur eine kühne Vision. ◀