

Abs	Neue Energie (4 / 2013)	Solar Promotion (12.9.2013)	Abs
	<b>Ganz Berlin ein Kraftwerk</b> (Sascha Rentzing)	<b>Grüne Städte nur mit Speichern</b> (Sascha Rentzing)	
0	Städte verschlingen immer mehr Wärme und Strom. Nur effizientere Gebäude und erneuerbare Energien können das Problem lösen. Forscher suchen deshalb nach Wegen, die unstillen <b>Erzeuger</b> mit <b>den Verbrauchern in Einklang</b> zu bringen.	Der Kampf ums Klima entscheidet sich in den Metropolen, sagen Experten. Die Idee ist daher, externe Windenergie- und Solaranlagen klug mit allen anderen Strom <b>erzeugern</b> und <b>den Verbrauchern in</b> den Ballungszentren zu vernetzen. Doch dafür bedarf es intelligenter Steuerungen und Energiespeicher, die das Stromnetz entlasten. Kann die Industrie die notwendigen Innovationen rechtzeitig auf den Weg bringen?	0
1	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.		
2	„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.		
	<b>Klimaschonende Gebäude</b>		
3	Trotz der recht geringen Stromausbeute könnte das Algenhaus wegweisend für künftige	Die Zahlen der Vereinten Nationen geben zu denken: Die Hälfte der Weltbevölkerung lebt	1

Abs	Neue Energie (4 / 2013)	Solar Promotion (12.9.2013)	Abs
	Bauvorhaben sein.	heute in Städten, 2025 sollen es bereits 60 Prozent sein.	
	Zwar bedecken Großstädte wie <b>Hamburg</b> 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 <b>enormen</b> Herausforderungen.	Zwar bedecken Großstädte wie <b>New York oder Berlin</b> 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 <b>großen</b> 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.	„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 das Projekt „Morgenstadt“ gestartet. Im Rahmen dessen wollen die Forscher anhand der sechs Städte Singapur, Kopenhagen, New York, Berlin, Freiburg und Tokyo zeigen, wie die Energiewende in unterschiedlichsten Citys gelingen kann. So viel steht bereits fest: Die Ökotransformation erfordert viele Innovationen. „Wesentliche Voraussetzung sind intelligente Strom- und Wärmenetze: Sie verknüpfen Energieerzeugung und -verbrauch <b>mit Hilfe von Speichern</b> über viele verschiedene Energieträger hinweg“, erklärt Sager.	2
4	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 Fachhochschule Osnabrück eignet sich in Deutschland jedes fünfte Dach für die Nutzung der Solarenergie.	Photovoltaik gilt als Schlüsseltechnologie für die Ballungszentren.	3
	<b>Wo sich Solarmodule nicht anbringen lassen, können sie als stromerzeugende Fenster</b> oder Ersatz für die Betonfassade <b>in die Gebäudehülle integriert werden</b> . Mit <b>zusätzlichen Batteriespeichern</b> , um etwa die Nacht zu überbrücken, lässt sich der <b>solare Eigenverbrauch eines Gebäudes deutlich steigern</b> . 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	<b>Wo sich Solarmodule nicht auf Dächern anbringen lassen, können sie als stromerzeugende Fenster in die Gebäudehülle integriert werden</b> . <b>Zusätzliche Batteriespeicher können den Autarkiegrad eines Gebäudes auf 80 Prozent steigern</b> . Das Problem bei der Direktnutzung ist, dass Solarstrom schwankt und oft nicht zur Verfügung steht, wenn er gebraucht wird. Blei- oder Lithium-Ionen-Akkus nehmen Überschüsse auf und geben die Energie bei Bedarf abends oder am nächsten Morgen wieder ab.	

Abs	Neue Energie (4 / 2013)	Solar Promotion (12.9.2013)	Abs
	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.		
5	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 CO <sub>2</sub> -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 allein durch Energiesparmaßnahmen wie neue Heizungen und Fenster um 45 bis 50 Prozent gesenkt werden kann.		
	<b>Frischer Wind für Zukunftsmetropolen</b>		
6	<b>Dennoch</b> wird die grüne Wende <b>in Berlin</b> nicht leicht. So wird sich die Stadt selbst bei stark sinkendem Energiebedarf nicht komplett selbst mit <b>Ökostrom und -wärme</b> versorgen können. „Das regenerative Nutzungspotenzial reicht nicht aus. Ein Teil der Energie muss aus dem Umland kommen“, sagt TU-Energieprofessor Kai Strunz.	<b>Doch</b> die grüne Wende wird <b>in Großstädten</b> nicht leicht. Metropolen werden sich selbst bei sinkendem Energiebedarf nicht komplett selbst mit <b>Ökoenergie</b> versorgen können. „Das regenerative Nutzungspotenzial reicht nicht aus. Ein Teil der Energie muss aus dem Umland kommen“, sagt Kai Strunz, Energieprofessor an der Technischen Universität (TU) Berlin.	4
	Zwar kann Berlin den Anteil seiner CO <sub>2</sub> -freien Stromversorgung bei guter Koordination der erneuerbaren Quellen der Studie zufolge von heute 25 auf 60 Prozent im Jahr 2037 ausbauen.	Zwar kann <b>zum Beispiel</b> Berlin laut der TU-Studie „Intelligente Energieversorgung für Berlin 2037“ den Anteil seiner CO <sub>2</sub> -freien Stromversorgung von heute 25 auf 60 Prozent im Jahr 2037 ausbauen.	
	Voraussetzung dafür ist jedoch, dass große	Voraussetzung dafür ist jedoch, dass große	

Abs	Neue Energie (4 / 2013)	Solar Promotion (12.9.2013)	Abs
	Mengen an Windstrom aus den umliegenden Bundesländern geliefert und neue Windturbinen in der Region gebaut werden. Derzeit stehen im ostdeutschen Versorgungsgebiet Berlins der TU zufolge etwa zehn Gigawatt Windstromleistung zur Verfügung, 20 Gigawatt sind jedoch nötig, um das angepeilte 60-Prozent-Ziel zu schaffen.	Mengen Windstrom aus den umliegenden Bundesländern geliefert und neue Windturbinen in der Region gebaut werden.	
7	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 externe Ökokraftwerke ist jedoch mit hohen technische Hürden verbunden. Damit die Citys sicher versorgt werden,	Die technischen Anforderungen sind enorm.	5
	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:	Die externen Windenergie- und Solaranlagen müssen klug mit allen anderen Stromverbrauchern und -Erzeugern in der Stadt vernetzt werden.	
	Zusätzliche Großspeicher und Elektrofahrzeuge sind nötig, die Erzeugungsspitzen abfedern und so das Netz entlasten.	Zu diesem Zweck bedarf es Großspeicher und Elektrofahrzeuge, die Erzeugungsspitzen abfedern und so das Netz entlasten. Sie müssen die bisher gängigen Pumpspeicherkraftwerke ersetzen, für die es im relativ flachen Deutschland kaum noch geeignete Standorte gibt.	
	Außerdem bedarf es intelligenter Steuerungen, die den Einsatz aller Komponenten koordinieren und auf den Energiebedarf abstimmen.	Außerdem sind intelligente Steuerungen nötig, die den Einsatz aller Komponenten koordinieren und auf den Energiebedarf abstimmen.	
8	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.	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 werden.	6
9	Siemens koppelt in München BHKWs mit Wind und Wasserkraft und entwickelt automatische Regelungen für das Mittelspannungsnetz. Mit	Siemens wiederum koppelt in München BHKWs mit Wind und Wasserkraft und entwickelt automatische Regelungen für das	7

Abs	Neue Energie (4 / 2013)	Solar Promotion (12.9.2013)	Abs
	<p>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 Tariffinformationen oder der aktuelle Stromverbrauch.</p>	<p>Mittelspannungsnetz. Mit ihnen können Kraftwerke so gesteuert werden, dass sie zur Spannungshaltung im Netz sogenannte Blindleistung erzeugen und aufnehmen können.</p>	
10	<p>Größe Aufmerksamkeit gilt derzeit dem vom Bund geförderten Forschungsprojekt „Kombikraftwerk“. „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 10000 Menschen decken kann. „Selbst bei Flaute und in der Nacht reicht der Strom“, sagt Rohrig.</p>	<p>Auch bei den Großspeichern sind dringend Innovationen nötig. Die Konzerne Steag und Evonik testen daher im saarländischen Völklingen einen großformatigen Lithiumspeicher mit einem Megawatt Leistung und 700 Kilowattstunden Speicherkapazität. An dem Forschungsprojekt, das etwa fünf Millionen Euro kostet, sind außerdem die Firmen Digatron Industrie-Elektronik, Li-Tec Battery, die Institute EWE Next Energy und Power Engineering Saar sowie die Universität Münster beteiligt. Das Projekt soll beweisen, dass Lithium-Ionen-Speicher zuverlässig zur Netzstabilisierung beitragen können, heißt es.</p>	8
11	<p>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.</p>		
	<p>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.</p>	<p>Redox-Flow-Batterien bieten eine Alternative zur Lithium-Ionen-Technik. Diese können größere Energiemengen über längere Zeiträume aufnehmen. Energiespeichernde Flüssigkeiten werden in zwei Tanks außerhalb der Batteriezelle gelagert. Damit ist die Redox-Flow-Batterie der einzige Typ von elektrochemischen Energiespeichern, bei dem die Leistung und Speicherkapazität unabhängig voneinander der Anwendung angepasst werden können.</p>	9

Abs	Neue Energie (4 / 2013)	Solar Promotion (12.9.2013)	Abs
		Schwachpunkt der Systeme ist allerdings der große Platzbedarf. Firmen wie Vanadis Power aus Nürnberg versuchen das Problem zu lösen, indem sie die Energiedichte der Systeme auf chemischem Weg erhöhen: Die Spezialisten reichern den Elektrolyten – in Schwefelsäure gelöste Vanadiumionen – mit zusätzlichen Chloridionen an. Dadurch löst sich laut dem Unternehmen mehr Vanadium in der Säure – die Energiedichte der verdoppelt sich von 15 auf 30 Wattstunden pro Liter.	
		Die Forscher und Ingenieure stehen unter immensem Zugzwang. Denn gelingt es nicht, die Technologien zügig zu kommerzialisieren und die Speicherkosten durch produktionstechnische Verbesserungen und Produktionssteigerungen rapide zu senken,	10
	Bisher ist die Morgenstadt nur eine kühne Vision.	bleibt die „Morgenstadt“ nur eine kühne Vision.	