Zeitschrift: Trans : Publikationsreihe des Fachvereins der Studierenden am Departement Architektur der ETH Zürich

Herausgeber: Departement Architektur der ETH Zürich

Band: - (2009)

Heft: 15

Artikel: September 28th : die Abhängigkeit urbaner Systeme von transnationalen Energienetzen

Autor: Prytula, Michael

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-918940

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 15.07.2025

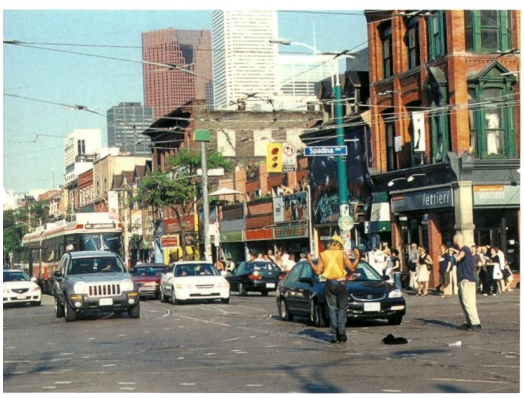
ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

Michael Prytula

September 28th

Die Abhängigkeit urbaner Systeme von transnationalen Energienetzen

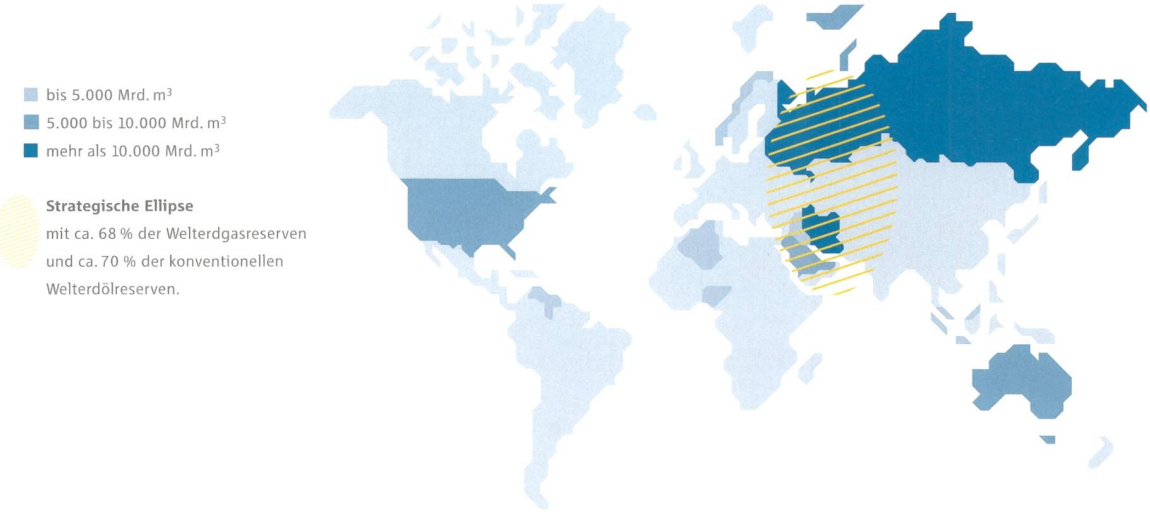
Downtown Toronto, 14. August 2003, 16.00 Uhr. Ironischerweise blätterte ich gerade in Richard Rogers Buch *Cities for a small planet,*[1] als das Licht ausging und das Rauschen der Klimaanlage verstummte. Wie sich schnell herausstellte, war die ganze Strasse ohne Strom, das Quartier – und fast die gesamte Nordostküste und der mittlere Westen Kanadas und der USA. Abends wurden in der ganzen Stadt Eiskrem und tiefgekühlte Steaks verschenkt. Die spontanen abendlichen Grillparties verwandelten die Stadt in ein riesiges Potlach. 24 Stunden ohne elektrisches Licht, Fernsehen oder Telefon, Kino oder Theater. Menschen steckten in Aufzügen fest, die Tankstellen konnten kein Benzin verkaufen, da die Pumpen der Zapfsäulen mit Strom betrieben werden. Die nächtlichen Strassen waren dunkel wie in Delhi oder Marakesh. Nur die Krankenhäuser und großen Hotels konnten sich durch ihre eigenen, netzunabhängigen Notstromaggregate versorgen. Abgeschnitten vom Puls der Energieversorgung, ist eine Stadt nicht lange lebensfähig.



Freiwillige regeln den Verkehr, nachdem die Ampelschaltungen durch den Stromausfall ausfielen, Toronto, 2003, Foto von Michael Prytula.

Entgegen erster Vermutungen führte nicht ein terroristischer Anschlag, sondern die Verkettung mehrer Umstände – ein fehlerhaftes Energiemanagement-System und Fehlentscheidungen in einer Energieleitstelle in Ohio/USA – zu dem totalen Stromausfall.[2] Durch die Sicherungssysteme wurden die Atomkraftwerke automatisch heruntergefahren. Es dauerte mehr als eine Woche, bis diese wieder mit voller Leistung zurück am Netz und die Stromkapazität wieder vollständig hergestellt waren. Allein in der kanadischen Provinz Ontario waren 10 Millionen Menschen von dem Stromausfall betroffen, weitere 40 Millionen Menschen in acht US-Staaten. Die durch den Stromausfall verursachten Kosten werden auf 6 Milliarden US-Dollar geschätzt.[3]

In Europa und insbesondere in Deutschland – so die einhellige Meinung – könne so etwas nicht passieren. Hier würde die Netzinfrastruktur besser gepflegt, gäbe es Sicherungsmechanismen, die einen totalen Stromausfall verhinderten. Dennoch kam es auch in Europa wenig später zu mehren Stromausfällen. Nachdem in den frühen Morgenstunden des 28. September 2003 in der Schweiz am Lukmanier-Pass durch einen Lichtbogen zwischen einem Leiterseil und einem Baum eine wichtige Nord-Süd-Transitleitung nach Italien unterbrochen wurde, führte ein kaskadenartiger Ausfall weiterer Grenzleitungen in der Schweiz und Frankreich zum Stromausfall ganz Italiens und der Südschweiz.[4] 57 Millionen Menschen waren davon betroffen – mehr Menschen als einige Wochen zuvor in Nordamerika. Infolge der Deregulierung des Strommarkts und der großen Unterschiede der Stromproduktionskosten hat Italien die inländische Stromproduktion reduziert und importiert stattdessen billigeren Strom aus Nordeuropa. Die Schweiz spielt aufgrund der zentralen geografischen Lage, der Energieerzeugungs- und Speichermöglichkeiten durch die Nutzung der Wasserkraft sowie durch ein leistungsfähiges Übertragungs-



Regionale Konzentration der Erdgasreserven («Strategische Ellipse»), aus: RWE (Hrsg.), «Weltenergiereport 2004. Chancen und Risiken der zukünftigen Weltenergieversorgung», in: www.dskag.de/medien/pdf/T-1113914597.pdf, 2005.

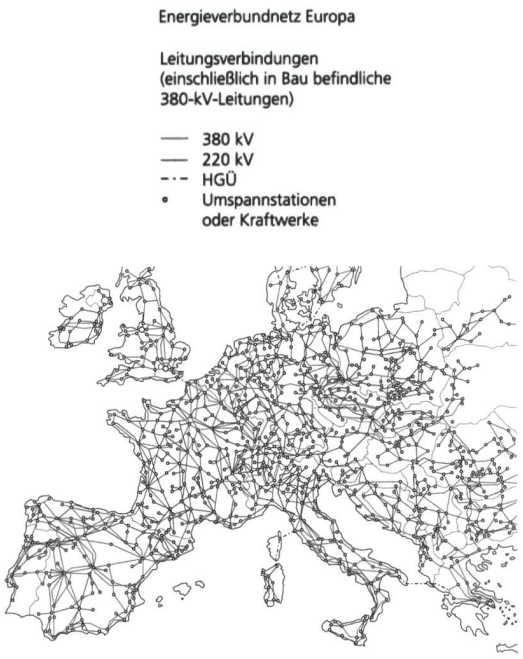
netz die Rolle einer Stromdrehscheibe – mit empfindlichen Auswirkungen bei Störungen des Lastmanagements.

Bereits einige Tage zuvor, am 23. September, kam es in der dänischen Hauptstadt Kopenhagen und der schwedischen Großstadt Malmö aufgrund der Abschaltung einer 400-kV-Leitung oder Arbeiten am schwedischen Atomkraftwerk Oskarshamn zu einem zweistündigen Stromausfall, von dem mehr als 3 Millionen Menschen betroffen waren und die Städte in ein Verkehrschaos stürzte. Und am 28. August führten planmäßige Wartungsarbeiten in der britischen Hauptstadt London einen halbstündigen Stromausfall herbei, von dem 500'000 Menschen betroffen waren und ebenfalls den Verkehr lahm legten.

Auf der Suche nach den Ursachen der Stromausfälle lässt sich ein wiederkehrendes Muster beschreiben. Vereinfacht betrachtet, kann man sich das Stromnetz wie einen grossen Wasserbehälter vorstellen, in dem sich Zufluss und Abfluss in einem Gleichgewicht befinden müssen. Stromerzeugung und Verbrauch finden gleichzeitig statt, und müssen genau aufeinander abgestimmt sein. Pegelschwankungen führen zu einer Netzüber- oder unterlastung und müssen vermieden werden. Fällt die Spannung in einem Netzgebiet infolge einer einfachen Störung eines einzelnen Netzelements, zum Beispiel einer Transportleitung oder eines Kraftwerks, muss das Netz durch Aushilfsleistungen aus der Netzumgebung stabilisiert werden. Sind die Verbindungsleitungen überlastet, sorgen Schutzeinrichtungen für eine kaskadenförmige Abschaltung vom Gesamtnetz und das Gebiet wird zu einer unterversorgten Netzinsel. Um weitere Überlasten und die eigene Zerstörung zu vermeiden, werden die am Netz verbliebenen Kraftwerke heruntergefahren. Je verbrauchsferner die Kraftwerke angeordnet sind, desto größer ist die Gefahr eines kompletten Netzausfalls. Der Erhalt einer verbrauchsnahen Stromerzeugung durch Kraftwerke, die verlässlich in das Netz einspeisen, erhöht hingegen die Versorgungssicherheit.[5]

Abgesehen von den britischen Inseln ist das europäische Stromnetz vollständig vernetzt. Grundsätzlich erhöht der Verbundbetrieb in der Elektrizitätswirtschaft die Versorgungssicherheit durch eine gemeinsame Vorhaltung von Reserveleistungen und senkt die mit dem Aufwand verbundenen Kosten.[6] Durch die Liberalisierung der europäischen Strommärkte wird seit 1998 der Übergang vom Stromversorgungsmonopol zum europaweiten Wettbewerb vollzogen. Vor allem für Großkunden ist das Preisniveau in Deutschland um bis zu 50% gesunken. Dadurch haben aber nicht nur die Preiskonkurrenzen zugenommen, sondern auch die Stromtransporte. An den Übergabestellen der Regelgebiete kann es zu Engpässen kommen, die das Netz wie im Fall Italiens überlasten können. Aber nicht nur die Liberalisierung der Strommärkte, sondern auch die schwankende Einspeisung durch regenerative Elektrizitätserzeugung aus

1 Richard Rogers / Philip Gumuchdjian, *Cities for a small planet*, London: Faber & Faber 1997.
2 U.S.-Canada Power System Outage Task Force, «Final Report on the August 14, 2003 Blackout in the United States and Canada: Causes and Recommendations», in: www.reports.energy.gov/BlackoutFinal-Web.pdf, Stand 2006.
3 Ernst Hagenmeyer, «Kann ein großer Stromausfall wie in USA und Italien auch in Deutschland passieren?», 2004, in: www.energie-fakten.de/pdf/stromausfall.pdf, Stand 2006.
4 Bundesamt für Energie BFE (Hrsg.), «Bericht über den Stromausfall in Italien am 28. September 2003», 2003, in: www.bfe.admin.ch/php/modules/publikationen/stream.php?extlang=de&name=de_117511357.pdf, Stand 2006.
5 Ernst Hagenmeyer, ebda.
6 RWE (Hrsg.), «UCTE-Verbund. Verbundnetz. Regelzonen», 2006, in: www.rwe.com/generator.aspx/netzwelt/regelung-netze/ucte-verbund,-verbundnetz,-regelzonen/language=de/id=270712/page.html, Stand 2006.



Energieverbund Europa, Karte, aus: Klaus Daniels, Gebäudetechnik, Zürich: vdf 1999.

Wind- oder Solarkraftwerken wird künftig zu erhöhten Anforderungen an das Netzmanagement führen.

Die urbanen Systeme sind heute hinsichtlich ihrer Energieversorgung in höchstem Masse von einem globalen Hinterland abhängig. Diese Abhängigkeit macht sie für Störungen politischer und ökonomischer Natur äusserst empfindlich. Grundsätzlich ist jede Form der Energieversorgung von drei notwendigen Anforderungen geprägt: Versorgungssicherheit, Wirtschaftlichkeit und Umweltverträglichkeit. Die negativen Umweltauswirkungen der heutigen nuklear-fossilen Energieversorgung aufgrund der Kohlendioxidemissionen und der ungelösten Endlagerproblematik nuklearer Abfälle sowie die Endlichkeit der Primärenergieressourcen werden hinreichend diskutiert. Hinsichtlich der Versorgungssicherheit Deutschlands und der Schweiz gewinnt die hohe Importabhängigkeit von Primärenergieträgern in der Diskussion an Bedeutung. Sowohl in Deutschland als auch in der Schweiz müssen mehr als 80% der Primärenergieträger importiert werden, davon allein 70% an fossilen Energieträgern für Brenn- und Treibstoffe. Als heimische Energieträger zur Stromerzeugung tragen in Deutschland besonders die Braunkohle und in geringem Masse regenerative Energien wie Wind und Biomasse bei. In der Schweiz hat die Wasserkraft einen Anteil von 56,6% an der Stromerzeugung, beziehungsweise 13,2% am gesamten Endenergiebedarf.[7]

Jeweils 70% der Lagerstätten der Welterdgasreserven und konventionellen Welterdölreserven befinden sich in der «strategischen Ellipse», die von der arabischen Halbinsel über Irak und Iran bis in den Norden Russlands reicht und politisch instabile Staaten umfasst.[8] Mögliche Folgen dieser Abhängigkeiten haben in drastischer Weise die Einstellung von Erdgaslieferungen Russlands an die Ukraine im Januar 2006 gezeigt. Aus geopolitischer Sicht kann eine (regenerative) Energiewirtschaft mit einer stärkeren regionalen Unabhängigkeit stabilisierend wirken, wenn der Handel mit (fossilen) Energieträgern als politisches oder ökonomisches Druckmittel an Bedeutung verlieren würde. Die starken Preissteigerungen für fossile Energieträger in den letzten Monaten aufgrund der großen Nachfrage durch das Wirtschaftswachstum in Asien und der politischen Situationen in den wichtigen ölexportierenden Ländern Irak, Iran oder Venezuela, haben der öffentlichen und politischen Diskussion um regenerative Energien weiteren Auftrieb gegeben. Die Zukunft wird den regnerativen Energiequellen gehören, aber wie wird diese Zukunft aussehen?

Im europäischen Vergleich produzierte Deutschland im Jahr 2005 mit mehr als 120 TWh nach Frankreich (180 TWh) und Schweden (160 TWh) die drittgrösste Energiemenge aus regenerativen Quellen. Damit wurden in Deutschland allerdings nur 4,6% des gesamten Primärenergiebedarfs abgedeckt (bzw. 10,2% am Bruttostrombedarf). Im Gegensatz dazu konnten bereits im Jahr 2004 Lettland fast 45%, Schweden und Finnland ca. 30% sowie Österreich 25% ihrer Primärenergiebedürfnisse durch erneuerbare Energien decken.[9] In der Schweiz betrug der Anteil erneuerbarer Energien im Jahr 2005 17,6 % des Endenergieverbrauchs, wovon die Wasserkraft mit 13,2 % den weitaus grössten Anteil bereitstellte.[10]

In einer gross angelegten Studie wurde für Deutschland das Szenario eines ökologisch optimierten Ausbaus der Nutzung erneuerbarer Energien bis 2050

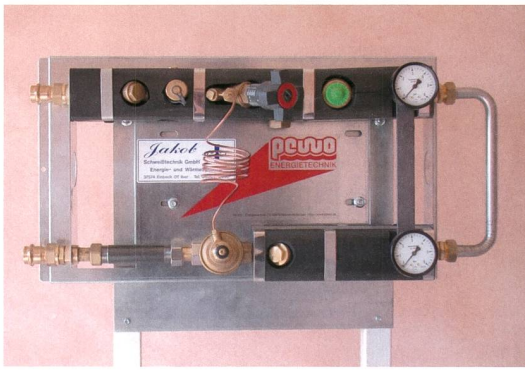
7 Bundesamt für Energie BFE der Schweiz (Hrsg.), «Schweizerische Gesamtenergiestatistik 2005», 2006, in: www.bfe.admin.ch/php/modules/publikationen/stream.php?extlang=de&name=de_480897583.pdf, Stand 2006.
8 RWE (Hrsg.), «Weltenergiereport 2004. Chancen und Risiken der zukünftigen Weltenergieversorgung», in: www.dskag.de/medien/pdf/T-1113914597.pdf, 2005.
9 Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU) der Bundesrepublik Deutschland, «Erneuerbare Energien in Zahlen. Nationale und internationale Entwicklung», 2006, in: www.erneuerbare-energien.de/files/erneuerbare_energien/downloads/application/pdf/broschuere_ee_zahlen.pdf, Stand Mai 2006.
10 Bundesamt für Energie BFE der Schweiz, Schweizerische Gesamtenergiestatistik 2005, 2006, in: www.bfe.admin.ch/php/modules/publikationen/stream.php?extlang=de&name=de_480897583.pdf, Stand 2006.
11 Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU) der Bundesrepublik Deutschland, «Ökologisch optimierter Ausbau der Nutzung erneuerbarer Energien in Deutschland», 2004, in: www.erneuerbare-energien.de/files/pdfs/allgemein/application/pdf/nutzung_ee_lang.pdf, Stand 2006.
12 www.bioenergiedorf.de, Stand 2006.

untersucht.[11] Der Studie zufolge könnte etwa die Hälfte des Gesamtenergiebedarfs durch erneuerbare Energien gedeckt werden, wovon wiederum ca. 50% durch Biomasse bereitgestellt werden könnte. In der zukünftigen Stromproduktion fallen der Biomasse und Geothermie als Regelenergien wichtige Funktionen zu. Auf Siedlungs- oder Gebäudeebene erzielen Blockheizkraftwerke durch die Kopplung der Strom- und Wärmeproduktion einen hohen energetischen Wirkungsgrad und bilden versorgungstechnisch neben erhöhten Wärmedämmstandards das Rückgrat einer rationalen Energieverwendung.

Europaweit gibt es verschiedene, zumeist ökonomisch motivierte Initiativen im ländlichen Bereich, die Versorgung mit regenerativen Energien auszubauen. Die Energieeinspeisevergütungen nach dem *Erneuerbare-Energien-Gesetz* (EEG) eröffnen in Deutschland neue Energiemärkte. Während in Schweden oder der österreichischen Steiermark bereits seit mehr als zehn Jahren viele Dörfer durch Nahwärmenetze auf Basis der Holznutzung versorgt werden, ist in Deutschland im Oktober 2005 das niedersächsische Dorf Jühnde bei Göttingen als erstes (wärme- und stromautarkes) Bioenergiedorf ans Netz gegangen.[12] Das Modellvorhaben ist so erfolgreich, dass zunächst vier weitere Dörfer in Niedersachsen diesem Vorbild folgen sollen. Eine wichtige Auswirkung der regionalen Energieproduktion ist die lokale Wertschöpfung, welche die endogene Entwicklung stärkt. Von den jährlichen Energieausgaben der 700 Einwohner in Jühnde verbleiben jetzt mehr als 800'000 € zusätzlich in der Region. Der Landwirt wird zum Energiewirt, die Gemeinde wird zur Energiegenossenschaft, die unabhängig von grossen Versorgungsunternehmen ihre eigene Energiepolitik gestalten kann.

Fermenter, Jühnde, 2006, Foto von Michael Prytula.

Während sich eine zukünftige regenerative Energieversorgung in ländlichen Regionen mit geringer Bevölkerungsdichte auch ökonomisch bereits gut darstellen lässt, stellt sich die Frage nach der Energieversorgung urbaner Systeme mit einer hohen Bevölkerungsdichte. Neben den bereits etablierten Technologien wie Blockheizkraftwerke, Wind- oder Solargeneratoren sind neue Entwicklungen wie Mikroturbinen als marktfähige Prototypen vorhanden, und der Zusammenschluss vieler dezentraler Energieproduzenten zu «virtuellen Kraftwerken» ist ein möglicher Technologiepfad, der Versorgungssicherheit, Umweltverträglichkeit und Wirtschaftlichkeit miteinander vereinen wird. Eine auf Biomasse beruhende Stromerzeugung mit Kraft-Wärme-Kopplung wird ein zentraler Baustein einer nachhaltigen Energieversorgung werden.



Hausübergabestation für Nahwärme, Jühnde, 2006, Foto von Michael Prytula.

Welchen Beitrag regional-regenerativ erzeugte Energie für die Versorgung urbaner Systeme leisten kann und wie deren Integration aussehen wird, bleibt zu untersuchen. Die Integration regenerativer Energien in die bestehenden Stromnetze stellt eine Aufgabe dar, die mit der Frage nach dezentral-regionaler Energieproduktion und -verteilung verbunden ist. Der Umbau der bestehenden urbanen Systeme über alle Funktions- und Massstabsebenen hinweg, von einzelnen Gebäuden bis zur Siedlung, von der urbanen Infrastruktur bis hin zur Einbindung regionaler und globaler Versorgungsstrukturen wird zu einer interdisziplinären Aufgabe für Ingenieure und Versorgungsplaner, Architekten und Urbanisten.

Michael Prytula ist Architekt. Er leitet die Vertretungsprofessur am Fachgebiet Technische Gebäudeausrüstung der Universität Kassel.