



Energiepolitik ist heute geprägt von einer Regulierungsvielfalt, die sich zum Teil mit einzelnen Geräten wie der Glühbirne befasst. Dies sollte durch einen einfachen und eindeutigen politischen Ordnungsrahmen ersetzt werden. Die umfassenden Investitionen, die für die Energiewende nötig sind, brauchen einen klaren und langfristig stabilen Rahmen

Energie und Wirtschaft in Deutschland: Gedanken zur Energiewende

Im letzten Heft diskutierten Prof. Martin Faulstich von der TUM und der Ökonom Prof. Hans-Werner Sinn über die Gestaltung der Energiewende. Die TUM erhielt daraufhin zahlreiche Leserbriefe. Um das Thema weiter zu vertiefen, widmet sich an dieser Stelle Prof. Thomas Hamacher der Frage: „Energieversorgung einer Technokratie: Worauf kommt es an?“

Links

www.ewk.ei.tum.de

Warum haben die Römer nicht massiv die Wasserkraft genutzt? Hat die Dampfmaschine wirklich die industrielle Revolution ausgelöst? Warum hat England am Ende des 19. Jahrhunderts in der Elektrotechnik nicht mit Deutschland und den USA mithalten können? Diese Fragen beschäftigen Technikhistoriker seit vielen Jahren. Was aber haben sie mit der in Deutschland geplanten Energiewende zu tun?

Energie als Voraussetzung des technischen Fortschritts und der wirtschaftlichen Entwicklung

Die Bedeutung der Energie für die wirtschaftliche Entwicklung ist ein kontroverses Thema in der Ökonomie und der Technikgeschichte. Ökonometrische Untersuchungen zeigen klare Korrelationen zwischen Wirtschaftsentwicklung und Energie- bzw. Stromnachfrage. In Entwicklungs- und Schwellenländern sehen wir eine Kopplung an die Primärenergienachfrage, in Industrieländern an die Stromnachfrage. Während der Wirtschaftskrise im Jahr 2009 ging weltweit die Stromnachfrage zurück und stieg erst wieder mit anziehender Wirtschaftskraft. In Deutschland waren diese Veränderungen fast ausschließlich im Industriesektor zu beobachten.

Im Zusammenhang mit der Energiewende stellt sich die Frage, was eine Verknappung bzw. Verteuerung des Gutes Strom für diesen Sektor bedeutet, auf den knapp die Hälfte des deutschen Stromverbrauchs entfällt. Aus der stetigen Verbesserung der Energieeffizienz leitet sich die Hoffnung ab, dass sich langfristig die Energie- und insbesondere die Stromnachfrage von der wirtschaftlichen Entwicklung entkoppelt. Ob diese Hoffnung realistisch ist, darf vorerst bezweifelt werden. Auch moderne Wirtschaftszweige wie die Informationstechnologie kommen nicht ohne Strom aus. Neue Materialien wie kohlefaserverstärkte Verbundwerkstoffe sind in der Herstellung ebenfalls sehr energieintensiv.

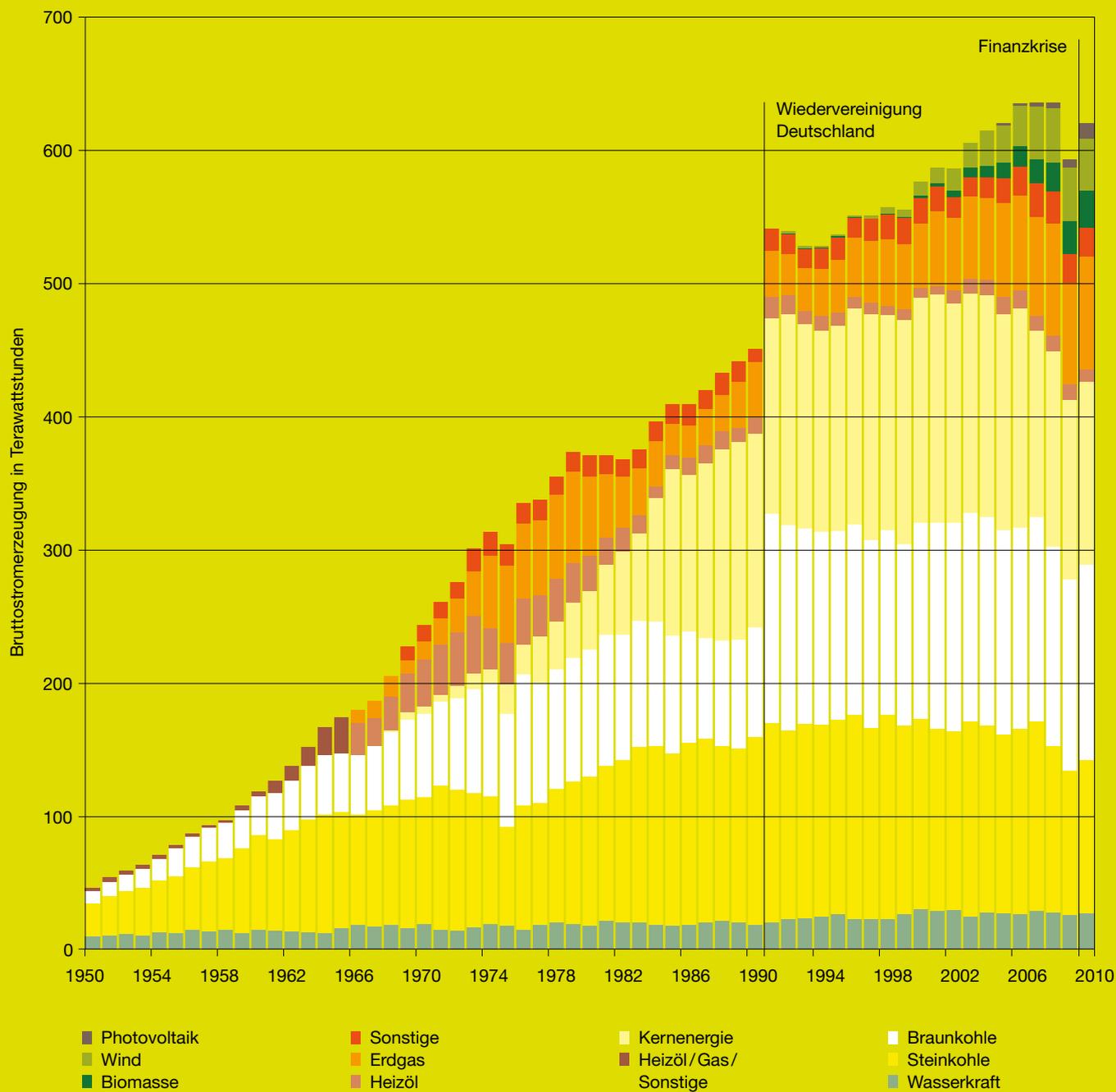
Energie ist eben kein Gut wie alle anderen. Energie ist und bleibt die Voraussetzung dafür, dass menschliche Arbeit durch Maschinen ersetzt werden kann. Dadurch wurden in den letzten 200 Jahren dramatische Produktionssteigerungen erreicht. Es konnten auch wesentliche Grundstoffe wie Ammoniak, und damit Dünger, durch Energieeinsatz überall in der Welt hergestellt werden. Die gewonnene freie Lebenszeit, die sich in reduzierten Arbeitsstunden und mehr Zeit für Ausbildung und Ruhestand niederschlägt, wäre ohne den massiven Einsatz von Energie undenkbar.

Bisher hat sich die Energietechnik, vereinfachend gesprochen, in zwei großen Schüben entwickelt: mit der Erfindung der Dampfmaschine am Anfang der ersten industriellen Revolution und mit der Ausbreitung der Elektrizität zu Beginn der zweiten industriellen Revolution. Beide haben das Produktions- und Transportsystem dramatisch verändert und deren Möglichkeiten ausgeweitet.

Ist die Energiewende eine industrielle Revolution?

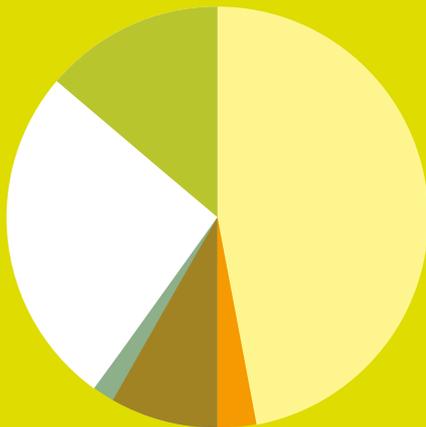
Gerne wird angeführt, dass wir uns nun am Vorabend einer weiteren industriellen Revolution befinden, an deren Ende die Versorgung mit erneuerbaren Energien stünde. Das neue Zeitalter wird dabei oft als Solarzeitalter bezeichnet. Hier muss aber ganz nüchtern gefragt werden, welchen Vorteil wir uns daraus erhoffen dürfen. Im Gegensatz zu den früheren industriellen Revolutionen ist eine direkte Verbesserung des Produktionssystems nicht zu erwarten. Ob der Strom in einem Kohlekraftwerk oder einer Windturbine erzeugt wird, spielt für die nachfolgenden Prozesse schließlich keine Rolle. Indirekte positive wirtschaftliche Effekte können aber sehr wohl dadurch entstehen, dass die Wertschöpfungskette im Land bleibt. Dies setzt jedoch voraus, dass Solarmodule und Windturbinen weiter in Deutschland produziert werden. Zusätzliche Vorteile ergäben sich für den Fall, dass erneuerbare Energien weltweit Verbreitung finden. Dann würden sich negative Auswirkungen der fossilen Energieträger wie zum Beispiel Klimaveränderungen und geopolitische Spannungen reduzieren.

Bei einem zweiten, genaueren Blick zeigt sich jedoch, dass eine verstärkte Einführung der erneuerbaren Energien die Produktionsprozesse und Anwendungen in Gewerbe, Verkehr und Haushalten verändern wird. Es ist zu befürchten, dass die Qualität der Stromversorgung zunächst schlechter wird und die Kosten steigen. Von den Verbrauchern wird mehr Flexibilität in ihrer Stromnachfrage gefordert oder die Anpassungsfähigkeit ist wirtschaftlich zu honorieren. Dies ist zunächst als Nachteil zu deuten. Ein Vorteil kann nur daraus werden, wenn Energie in jedem Entwurf und in jedem Entwicklungsschritt eines Produkts zum Thema wird, wenn jeder Betrieb, jedes Büro oder Kaufhaus zu jedem Zeitpunkt die Leistungsflüsse misst und kontrolliert und Leistungsprognosen zur täglichen Routine werden. Dann hat Energie eine ganz andere Bedeutung, als ihr heute zugesprochen wird. Damit ist die Hoffnung verbunden, dass eben nicht nur Flexibilität, sondern auch mehr Energieproduktivität entsteht. Dies ist aber zunächst nur eine Hoffnung. ▶



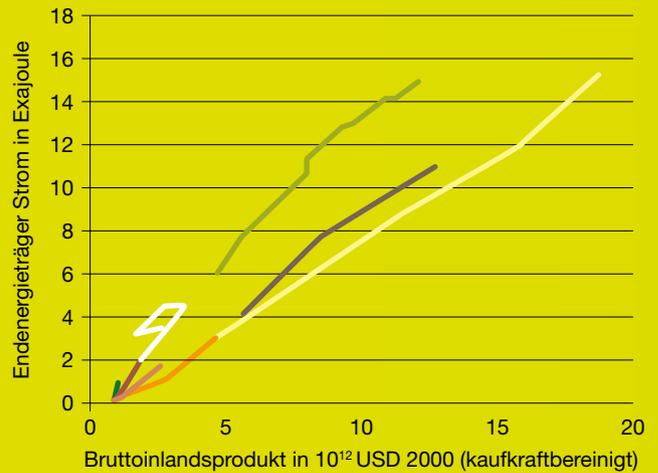
Graphik: edlundsepp nach TUM; Daten: VIK, BMWi

Die Menge an erzeugtem Strom ist in Deutschland stetig gestiegen. Zeiten wirtschaftlicher Schwierigkeiten waren mit einem kurzen Rückgang verbunden, Zeiten des Aufschwungs mit einem Anstieg. Seit Beginn des neuen Jahrhunderts wächst der Anteil der erneuerbaren Energien



- Industrie
- Verkehr
- Öffentliche Einrichtungen
- Landwirtschaft
- Haushalte
- Handel und Gewerbe

Die Stromnachfrage der einzelnen Nachfragesektoren für Deutschland im Jahr 2009. Die Industrie verbraucht knapp die Hälfte des in Deutschland erzeugten Stroms



- Asien
- Afrika
- Europa
- GUS und Baltikum
- Lateinamerika und Karibik
- Naher Osten
- Nordamerika
- Ozeanien

In allen Teilen der Welt geht wirtschaftliche Entwicklung mit steigender Stromnachfrage einher. Ebenso sank beim Zusammenbruch der Sowjetunion (weiße Kurve) der Stromverbrauch

Grafik links: edlundsepp nach TUM, Daten: BMWI
Grafik rechts: edlundsepp nach TUM, Daten: IEA

Notwendige technische Voraussetzungen für die Energiewende: Netze, Speicher und Effizienz

Szenarien

Die Diskussion um die Energiewende konzentriert sich noch immer viel zu stark auf die Erzeugungstechnologien. Das zeigt sich auch in den meisten Studien, die den Nachfragesektor eher nebenbei erwähnen und die zum Teil von optimistischen Annahmen für die Entwicklung des Energieverbrauchs ausgehen. Die vielen Studien und Analysen folgen dabei in etwa immer der gleichen Dramatik. Meist unterstellen sie pauschal eine deutliche Reduktion der Nachfrage nach Primärenergie, damit die Latte nicht zu hoch hängt. So geht zum Beispiel das Energiekonzept des Bundesumweltministeriums (BMU) davon aus, dass in Deutschland im Jahr 2020 ein Fünftel weniger, im Jahr 2050 sogar nur mehr halb so viel Primärenergie verbraucht

wird. Diese Reduktion soll vornehmlich aus dem Wärme- und Verkehrssektor resultieren, beispielsweise durch die umfassende energetische Sanierung von Gebäuden oder die Einführung von verbrauchsarmen Autos. Die Nachfrage nach Strom bleibt in den Studien konstant oder sinkt nur marginal. So prognostiziert das BMU für das Jahr 2020 einen gegenüber 2008 um zehn Prozent geringeren Stromverbrauch, im Jahr 2050 soll die Nachfrage um 25 Prozent gesunken sein. Zusätzlich unterstellen die Studien Stromimporte aus Ländern mit einem größeren Potenzial für erneuerbare Energien.

Windenergie und Strom aus Photovoltaik-Anlagen bilden in den Szenarien das neue Rückgrat der Stromversorgung und müssen mehr als die Hälfte der deutschen Stromerzeugung leisten. Das führt zu einem zeitlich stark variierenden Stromangebot. Die Solarenergie gehorcht dem Sonnenstand und dem wetterbedingten Bewölkungsgrad. Die

Windenergie zeigt saisonale Schwankungen, ist aber noch stärker vom allgemeinen Wettergeschehen abhängig. Obwohl die Summe der Wind- und Solarkapazitäten die Spitzenlast schon bald übersteigen wird, steht ihre Leistung mal im Überfluss und mal gar nicht zur Verfügung – unabhängig von der aktuellen Nachfrage. Zudem fällt die Produktion nicht am Ort des Verbrauchs an – vor allem Windenergie wird überwiegend vor der Nord- und Ostseeküste erzeugt. Waren die Kernkraftwerke in den 70er-Jahren verhältnismäßig nahe an den Verbrauchszentren errichtet worden, so gelten für die Erneuerbaren jetzt andere geografische Bedingungen für den Stromtransport.

Investitionen

Daraus ergibt sich eine Reihe großer Probleme, die in diesen Studien nur beiläufig diskutiert werden. So müssen beispielsweise neue Stromverteil- und Transportnetze sowie Stromspeicher entwickelt und gebaut werden. Das Stromnetz braucht zusätzliche Steuerungsinstrumente, damit die Verbraucher ihre Nachfrage an dem variierenden Angebot und den daraus resultierenden Preisschwankungen ausrichten können. Auch die Anbindung der Erzeugungsanlagen wird sich fundamental ändern. Heute wird Strom überwiegend in Synchrongeneratoren erzeugt. Diese erlauben eine elegante Spannungs- und Leistungsregelung. In Zukunft gelangt der Strom immer häufiger durch Wechselrichter in das System. Deshalb müssen die Regelstrategien völlig neu entwickelt werden, und es muss eine neue Generation an Wechselrichtern und Leistungselektronik aufgebaut werden, die diesen veränderten Anforderungen genügt.

Der Umbau der Stromnetze muss auf zwei Ebenen erfolgen. Zunächst steht der Ausbau der Übertragungsleitungen an, um zum Beispiel den Strom aus Off-Shore-Windkraftwerken im Norden Deutschlands in die Verbrauchszentren im Westen und Süden zu transportieren. Ideal wäre der Ausbau des europäischen Stromnetzes zu einem sogenannten Supergrid – vielleicht auf der Basis von Hochspannungsgleichstrom-Übertragung (HGÜ). Ein solches Netz würde die Integration der erneuerbaren Energien deutlich vereinfachen und helfen, Schwankungen auszugleichen. Zweitens müssen die lokalen Verteilnetze deutlich ertüchtigt werden, damit der Strom aus dezentralen Erzeugungsanlagen – insbesondere aus Photovoltaik – von den verbrauchsschwachen Regionen abgeleitet werden kann. All dies verlangt die Entwicklung neuer, effizienterer Komponenten und auch neuer Systemphilosophien.

Schließlich diskutieren die Szenarien selten die Auswirkungen alternativer Strategien in den Nachbarländern, wie zum Beispiel durch den Ausbau der Kernenergie in Tschechien, Polen und Frankreich.

Die kopernikanische Wende der Energiepolitik

Wie sollen der Umbau des Energie- und insbesondere des Stromsystems und die dafür nötigen erheblichen Investitionen organisiert werden? Welcher Ordnungsrahmen ist der geeignete? Diese Fragen können an dieser Stelle nicht beantwortet werden. Trotzdem soll der Versuch unternommen werden, die Möglichkeiten auf zwei Alternativen zu reduzieren, um die Diskussion zu ordnen.

Zum einen kann der Staat den Umstieg organisieren, was einer Rückkehr zur staatlichen Energiewirtschaft gleichkäme. Die deutsche Tendenz geht in diese Richtung. Der Staat gibt mit dem Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG) vor, welche Technologien gefördert werden sollen. Andere Anreize, beispielsweise für Strom aus Kraft-Wärme-Kopplung (KWK), gehen in die gleiche Richtung. Nur geschieht dies in einem halb staatlichen, halb privaten Raum. Der Staat setzt auf die Photovoltaik, die Mehrheit der Verbraucher bezahlt diese Förderung über den Strompreis, während Hausbesitzer und andere Investoren mit erheblichen Renditen profitieren. Dadurch entstand im Bereich der Solarenergie ein neuer Industrie- und Dienstleistungssektor. Leider zeigt sich heute, dass insbesondere die Industrie am Anfang der Produktionskette – Hersteller von Solarmodulen zum Beispiel – nicht gegen die Konkurrenz aus Asien bestehen kann. Ob dies nur an Dumpingpreisen liegt oder ob die Subventionen nicht genügend Anreize für Forschungs- und Entwicklungsaktivitäten geschaffen haben, sei dahingestellt. Grundsätzlich setzt eine solche staatliche Organisation des Umstiegs die Abkehr von Liberalisierung und Privatisierung voraus. Nationale, regionale und städtische Energieversorger in öffentlicher Hand würden gemeinsam die Energiewende umsetzen, angeleitet durch eine Expertenakademie. Mit geltendem europäischem Recht wäre dieser Weg sicher nicht vereinbar.

Eine andere Möglichkeit wäre, den Umstieg marktwirtschaftlich zu organisieren. Europa schreitet teilweise in diese Richtung. Mit dem europäischen Emissionshandel für Klimagase wurde ein marktwirtschaftliches Werkzeug entwickelt, um die Kräfte des Marktes zu befreien und Kohlendioxid dort einzusparen, wo es am günstigsten möglich ist. Auch dieses Werkzeug kann nicht gerade als Erfolg ▶

bezeichnet werden, aus vielerlei Gründen: Statt alle Sektoren in den Emissionshandel einzubeziehen, beschränkte man sich auf Feuerungsanlagen ab einer Größe von 20 Megawatt Leistung. Welche Last der Emissionsreduktion dieser Bereich übernehmen muss, ist aber Gegenstand vieler Verhandlungen. Auch konterkarieren Maßnahmen wie das EEG den Emissionshandel, da ja emissionsfreie Erzeugungsanlagen dadurch zusätzlich gefördert werden. Ungeachtet dieser Schwierigkeiten bietet diese marktwirtschaftliche Alternative den besonderen Reiz der Besinnung auf ganz wenige Werkzeuge. Zum Beispiel könnte eine einzige Energiesteuer die heutige Vielzahl an Instrumenten wie Mineralölsteuer, Stromsteuer, EEG, KWK-Bonus usw. ersetzen. Ende der 80er-Jahre wurde diese Alternative intensiv diskutiert, damals unter dem Namen einer ökologischen Steuerreform. Durch die Verteuerung der Energie und die Entlastung der Lohnkosten sollten Arbeitsplätze geschaffen werden. Ob wir dieses Ziel auch heute in einer alternativen Gesellschaft langfristig unterstützen wollen, sei hier als Frage aufgeworfen. In jedem Fall würden so Maßnahmen zu mehr Effizienz entlang der gesamten Energiekette gleichermaßen gefördert und die einzelnen Energiesektoren träten in Konkurrenz zueinander.

Unabhängig davon, zu welchem Weg die Politik tendiert, kann die geplante erhebliche Umgestaltung des gesamten Energiesektors sicher nicht mit herkömmlichen politischen Maßnahmen erreicht werden. Der Mut der Politik, nach den Unfällen im japanischen Fukushima eine Energiewende auszurufen, muss sich in einer neuen, mindestens ebenso mutigen und vor allem standhaften Ordnungspolitik äußern, die Planungssicherheit bietet.

Die derzeit zu beobachtende Regulierungsvielfalt, die sich mit einzelnen Geräten wie der Glühbirne befasst, sollte durch einen einfachen und umfassenden politischen Ordnungsrahmen ersetzt werden.

Hier sei an eine der Eingangsfragen erinnert:

Warum fiel England bei der Einführung der Elektrotechnik zurück? Das politische London des 19. Jahrhunderts war nicht in der Lage, die richtigen Rahmenbedingungen für eine rapide Entwicklung der Stromversorgung in London zu schaffen. Der Technikhistoriker Thomas P. Hughes schildert in seiner Analyse „Networks of Power“ eindrücklich, wie Partikularinteressen und zerstückelte Entscheidungsprozesse einer effizienten Entwicklung entgegenstanden. Die Energiewende ist sicher eine große politische, wirtschaftliche und nicht zuletzt auch technische Herausforderung. Die ordnungspolitischen Maßnahmen müssen durch eine langfristig ausgerichtete Forschungspolitik begleitet werden. Die Entwicklung der Infrastruktur, der Speicher und effizienter und flexibler Nachfragetechnologien muss neben die weitere Entwicklung der Erzeugungsanlagen treten. Auf lange Sicht wird sich eine Hinwendung zu neuen Energiequellen auch wirtschaftlich auszahlen, doch davor steht eine lange Durststrecke mit hohen Investitionen. Nur wenn dies bewerkstelligt wird, können in Zukunft beträchtliche Gewinne eingefahren werden. Ein klares Bekenntnis zu einem einfachen und langfristig sicheren Ordnungsrahmen ist deshalb jetzt die vordringliche Aufgabe der Politik. Die mutige Ankündigung der Energiewende muss durch den Mut zu einem neuen Ordnungsrahmen gestärkt werden. Die Lorbeeren gibt es aber leider erst in ferner Zukunft. □



Prof. Thomas Hamacher

Thomas Hamacher forscht auf dem Gebiet der Energie- und Systemanalyse. Seine Forschung konzentriert sich auf städtische Energiesysteme, die Integration erneuerbarer Energien in das Stromnetz und auf innovative nukleare Systeme, insbesondere die Kernfusion. Weitere Schwerpunkte seiner Arbeit sind Methoden und Grundlagen von Energiemodellen.

Nach seinem Studium der Physik in Bonn, Aachen und an der Columbia University in New York promovierte Hamacher zum Thema „Baryonische B-Zerfälle“ an der Universität Hamburg. Seit 1996 arbeitet er am Max-Planck-Institut für Plasmaphysik, zuletzt als Leiter der Gruppe für Energie- und Systemstudien. Seit April 2010 ist Thomas Hamacher kommissarischer Leiter des Lehrstuhls für Energiewirtschaft und Anwendungstechnik für den Zeitraum der Abwesenheit von Prof. Ulrich Wagner. Er ist Mitglied des Wissenschaftszentrums Umwelt (WZU) der Universität Augsburg sowie der Energiearbeitsgruppe der European Physical Society (EPS).