

Hans-Henning von Winning

## Entzauberung des Space of Flows – Sprit-Autos als Kraftwerke und andere Perspektiven

August 2010

Aus:



29,- Euro, ISBN 978-3-939486-54-1,  
220 Seiten, 15,5 x 24,0 cm,  
Broschur, August 2010

Hans-Henning von Winning

## **Entzauberung des Space of Flows – Sprit-Autos als Kraftwerke und andere Perspektiven**

Viele allgemein diskutierte Nachhaltigkeitskonzepte in den Bereichen Raum, Transport, Energie und Telekommunikation sind unbefriedigend. Erklärungen sind, dass die Akteure aus Politik, Wirtschaft und Wissenschaft meist lieber Wünsche und Ängste verhandeln als Tatsachen. Außerdem haben sie durch ihre überalterten Machtstrukturen (zu alte Politik, viel zu altes Geld!) zu wenig Interesse an der Zukunft und sind sehr konservativ. Dabei gibt es zur Nachhaltigkeit keineswegs nur ein Vollzugsdefizit, sondern viele Theoriedefizite. Kritische Beispiele dafür wären das Fehlen des Zeitfaktors in der Energiediskussion oder die Widersprüchlichkeit des Konzeptes Solarstrom-Elektroauto. Ein konstruktives Beispiel wäre das scheinbare Gegenteil: Einspeisung von Regelstrom durch die Motoren sanfter Hybrid-PKW. Zur Überwindung von Stagnation und Krisen dürfen junge, neugierige Forscher nicht durch Subjektivität und Vergangenheit wissenschaftlich diszipliniert werden. Nur geistige und materielle Unabhängigkeit und (Selbst-) Sicherheit birgt die Chance auf rational und zukunftsbezogen definierte Nachhaltigkeit.

### **Die archaischen Träume der Herren über Zeit und Raum**

Als Moses seinen Leuten die Zukunft wies, ließ er sie nicht die Ärmel hochkrepeln oder einfach auf bessere Zeiten warten. Sein Rezept war der Weg in ein fernes gelobtes Land, wobei die damit verbundenen Probleme auf die dafür notwendige Mobilität verlagert und mit einem obskuren technischen Trick (Teilung des Roten Meeres) verschleiert wurden. Er befand sich damit in einer seinerzeit bereits sehr langen Tradition: Die Überlebensstrategie der Überlebenden der Gattung homo war immer hauptsächlich Migration und Mobilität, letztlich über die ganze Erde. Das hat wohl unsere Instinkte stark geprägt.

Denn auch die jeweils erfolgreichsten Nachfolger in historischen Zeiträumen waren immer die Herren effizienter Distanzüberwindung, mit Städtenetzen an den Knoten dieser Verkehrsnetze: Das klassisch-antike Griechenland mit den ägäistauglichen Schiffen; das römische Reich rund um das Mittelmeer, entlang den europäischen Flüssen und den Militärstraßen für ihre Fuhrwerke und berittenen Boten; die Hanse mit der Ostsee-Kogge, die holländischen, portugiesischen, spanischen und britischen Kolonialreiche auf der Grundlage ausgefeilter Schiffstechnik. Auf Eisenbahnen beruhten die Städtenetze der industriellen Moderne Europas und der USA. Und die Jet-Flugzeugtechnik bestimmt die Netze der heute mächtigen Global Cities. Wer herrschen wollte, musste Raum und / oder Raumüberwindung beherrschen.

Wenn heute die gesellschaftliche Zielsetzung „Nachhaltigkeit“ ernst genommen werden soll, muss die Frage gestellt werden, wie die heute mächtigen Akteure Raum und Raumüberwindung sehen. Denn das Problem, dass in dem versprochenen gelobten Land schon andere leben, wird in einer vollen Welt noch viel offensichtlicher. Dazu sollen zunächst einige Anmerkungen über Politik und Wirtschaft gemacht werden.

Die Politik reklamiert den Raum für sich. Staaten, Provinzen sowie Städte (polis=Stadt) und Gemeinden (die „Gebiets“-Körperschaften) decken den Raum vollständig ab, definieren sich durch räumliche Grenzen, Peripherien und Zentren, und sind flächendeckend hierarchisch geordnet. Die Begriffe spiegeln Herrschaftstraditionen wider: in einem Gebiet gebietet, eine Region regiert jemand (und dient auch ein Bereich der Bereicherung?). Sie sind vor allem zuständig für Rechtssystem, Sicherheit, Gewaltmonopol, soziale Kohäsion, gebietsbezogene Eigenarten, und vielleicht für Geld und Umwelt. In fortschrittlichen Gebietskörperschaften sind Willensbildung und Machtübergabe leidlich demokratisch mit gleichem, nicht übertragbarem Stimmrecht aller Bürger (one man – one vote). Es gibt keine Menschen in gesetzlosen Räumen, und Gesetze gelten für alle im Raum. Und eine Gebietskörperschaft hat immer einen uneingeschränkt haftenden Rechtsnachfolger (siehe z.B. die „Rückabwicklung“ von Teilen des Dritten Reiches oder der DDR durch die Bundesrepublik Deutschland).

Die Wirtschaft reklamiert die möglichst ungehinderte Raumüberwindung als Anspruch. Unternehmen sollen auf grenzenlosen Märkten agieren, als Grundvoraussetzung dafür sei Transport möglichst kostenlos von der Politik bereit zu stellen. In Unternehmen folgen Willensbildung und Machtübergaben dem Eigentumsrecht, also statt one man – one vote: one share – one vote, und das anonym, erblich und veräußerbar. Die Akteure können ihre Haftung fast nach Belieben beschränken, ein Konkurs beendet die Rechtsnachfolge. Spielregeln durch Gebietskörperschaften werden eher abgelehnt oder umgangen; die Gesetzlosigkeit des Rechtes des Stärkeren scheint (jedenfalls dem Stärkeren) attraktiver als einklagbare Spielregeln. Viele Menschen sind nur mit geringerer Intensität in die Wirtschaft eingebunden.

Die Dimensionen des globalen Handelns über globale Netze – die Vorläufer des space of flows und der Netzwerkgesellschaft von heute (Castells 1996) – waren immer schon wichtiger Teil von Politik und Wirtschaft. Die Historie der Konflikte zwischen diesen Prinzipien zeigt überzeugend Werber (2007), z.B. an den literarischen Beispielen Kleists raumgebundenen Hermann, und Melvilles raumlosen Kapitän Ahab. Entsprechend seinem Untertitel „Eine Vermessung der medialen Raumordnung“ geht er dabei auf die entscheidende Rolle der Beherrschung der (Transport-) Medien ein. Die globalen Machtverhältnisse im 20. und 21. Jahrhundert scheinen ähnlichen Gesetzmäßigkeiten, Vorstellungen und Träumen zu folgen. Es explodieren nicht nur der traditionelle Personen- und Güter-Transport und ihre Netze. Herrschaft

über Raum und Zeit versprechen heute insbesondere die Netze für Strom und elektronische Information.

Deswegen ist für eine Annäherung an die Nachhaltigkeit einer Netzwerkgesellschaft das wissenschaftliche Verständnis darüber bedeutsam.

### **Das mangelnde Raumverständnis in einigen Wissenschaften**

Die physikalisch-technisch-ökonomischen Gesetzmäßigkeiten der Distanzüberwindung sind nun nicht einfach zu verstehen. Bei Füßen und Pferd, und teilweise auch beim Schiff, war der Aufwand noch halbwegs proportional Entfernung, und weil Mechanik augenfällig verstehbar ist, auch zur empfundenen Entfernung. Dem entspricht auch die klassische Aufteilung des Raumes in Zentren, Bereiche und Grenzen. Bei Bahn, Auto und Flugzeug verändern die Energieverbräuche und die notwendigen Infrastrukturen den unmittelbaren Eindruck: die technisch-physikalische und auch die ökonomische Distanz werden anders als die gefühlte. Und die Verkehrswissenschaftler sind im Zweifel eher geneigt, die Gefühle ihrer Auftraggeber zu bestätigen, als Sachverhalte transparent zu machen.

Thermodynamik, Elektromechanik und Elektronik entziehen sich schließlich noch mehr dem allgemeinen Verständnis. Wärmeflüsse sowie Lichtgeschwindigkeit und Unsichtbarkeit von Strom und Telekommunikation gehen noch mehr über unsere Vorstellungskraft. Gleichzeitig ist die Vorstellung, Distanz bedeute keinen Aufwand, allzu verführerisch. Dass dabei die Nachhaltigkeit „unter die Räder kommt“, passt sogar ins Bild, denn der Begriff erweist sich als enorm leidensfähig.

Den Physikern und Technikern misstraut man im Gefolge ihres Sündenfalls Atombombe ohnehin (Dürrenmatt 1980). Und die Informatikingenieure haben gleich a priori den Raum aus ihrer Disziplin wegdefiniert: Geschwindigkeit, im allgemeinen Verständnis und Sprachgebrauch Entfernung je Zeiteinheit (z.B. km/h), ist in der Telekommunikation nur noch 1:Zeiteinheit (z.B. bits/sec). Die Dimension des Raumes fehlt. Wenn aber schon das Problem ausgeklammert wird, ist das Fehlen von Lösungen nicht verwunderlich. Die IT-Branche ist tatsächlich eben nicht Herr über den Raum, denn sie verschließt einfach nur die Augen davor.

Schließlich hat die Physik ja auch noch den Ausweg in die Nach-Heisenbergschen Quanten- oder Teilchenphysiken und Kosmologien gefunden. Deren Vieldeutigkeit wird zwar gelegentlich kritisiert als der Hermeneutik näher als der Empirie der klassischen Physik. Angenehm ist andererseits, dass sie zwar unverständlich, aber kaum widerlegbar ist. Damit werden die Modelle für die, die sie nicht verstehen, zur Kunst (Feyerabend 1984). Und flugs folgert eine postmodern geschulte Öffentlichkeit ebenso gern wie physikalisch falsch im Umkehrschluss, alles was man nicht verstehe, sei Kunst oder auch Wissenschaft. Anything goes, und der Ingenieur braucht ja bekanntlich nur den richtigen Auftrag. Und weil durch Energieeinsatz tatsächlich vieles machbar ist, erfüllt er halt Wünsche aller Art, solange sich der Energieverbrauch dafür verschleiern lässt.

Abb. 1 (aus Unzicker 2010): Galaxienhaufen „Coma“ und kritischer Physiker



Auch die Ökonomen sehen den Raum kaum als ihr Problem: Den haben gefälligst die Politiker unter Einsatz der erwähnten willigen Techniker so zu behandeln, dass er für die Akteure der Wirtschaft möglichst nicht stört. Für Siedlung, Transport und Infrastruktur, für Verkehr, Energie oder Telekommunikation gibt es kaum schlüssige ökonomische Theorien und Verfahren, z.B. Kalkulationen von Kosten, Preisen, Aufwand oder Ertrag. Die gebräuchlichen ökonomischen Analysen dienen meist nur offen oder verdeckt bestehenden Institutionen, Fraktionen, Branchen oder Strukturen und verfestigen sie damit. Verschleiert wird dieses ökonomische Theoriedefizit durch die Einordnung als Politik, Grundbedürfnis oder Daseinsvorsorge – als ob diese keine ökonomischen Überlegungen zuließe. Zudem kämpfen auch die Ökonomen mit einem Sündenfall: Wenn nämlich Intransparenz mehr „Gewinn“ verspricht, werden die Irrationalitäten und Befindlichkeiten der Akteure und Märkte in den Mittelpunkt der Überlegungen gestellt, und mit möglichst unaufgeklärten Kunden für Partikularinteressen gearbeitet. So geht dann einer der wichtigsten gesellschaftlichen Beiträge der Ökonomie, nämlich vergleichende Bewertung und Transparenz (z.B. mit sauberer Kostenrechnung) zunehmend verloren und fehlt schmerzlich bei Energie und Transport.

Nach Befindlichkeiten fragt man gemeinhin die Sozialwissenschaften, die dadurch in eine schwierige Rolle geraten. Zweifellos haben sie den Verdienst, das menschliche Maß und die menschlichen Bedürfnisse in den technischen, ökonomischen und planerischen Diskurs gebracht zu haben. Auch fördert die statistische Betrachtung tendenziell und implizit egalitäre und demokratische Gedanken und Menschenbilder. Und schließlich ist die sozialwissenschaftliche Empirie zunächst nur Beschreibung und Analyse von Gegenwart und Vergangenheit.

Die Auftraggeber und Leser erwarten oder folgern aber meist Rückschlüsse auf die Zukunft. Prognosen oder Planungshilfen für zukünftige soziale Strukturen überfordern jedoch die sozialwissenschaftliche Methodik und die empirischen Ergebnisse, und man verfängt sich in Fallen und Widersprüchen. Korrelationen und Gleichzeitigkeiten werden dann oft unzulässig und falsch als Kausalitäten gedeutet. Bei manchen Momentaufnahmen des status-quo (wie etwa den gern definierten „Lebensstilen“) werden Flüchtigkeit und geringe Zukunftsrelevanz unterschätzt. Auch die Widersprüchlichkeit humanwissenschaftlicher Theorien zwischen Geschichte, Paläoanthropologie, Behaviorismus oder Neurobiologie lässt Zweifel, ob und wo denn überhaupt prognostizierbare Gesetzmäßigkeiten des Menschlichen bestehen.

Aus der Analyse vergangener Entwicklungen und gesellschaftlicher Gegenwart Aussagen über zukünftige Phänomene abzuleiten ist nicht immer falsch, unterstellt aber einen unzulässigen Umkehrschluss: Mag auch die Vergangenheit einen durchgehenden roten Faden zeigen, so hatte und hat auch in Zukunft jeder Zeitpunkt ganz viele Optionen für unterschiedliche Zukünfte und vielleicht auch Brüche. Und so wirken Zukunftsprognosen (und durch dieses Missverständnis gelegentlich die Ergebnisse der Sozialforschung) oft einseitig und konservativ und wirken tendenziell gegen Innovation, Fortschritt oder planerisch-normative Diskurse.

Darüber hinaus betreffen die abgefragten Aussagen hauptsächlich die gefühlten Teile der Wirklichkeit. Denn an der gefühlten Wirklichkeit sind sowohl die Wirtschaft auf der Suche nach ihren Kunden, als auch die Politik auf der Suche nach ihren Wählern besonders interessiert. Das sind aber nun gerade die zwei wesentlichen Kräfte, die über Forschung und Entwicklung bestimmen. Entsprechend erliegen auch Wissenschaftler allzu oft der Versuchung, die Erfüllung von Träumen oder die Erlösung von Alpträumen zu versprechen, und den Preis dafür zu verschweigen. Häufige Instrumentierung von Physikern, Ingenieuren, Ökonomen, Planern oder Soziologen infiziert dann aber all zu leicht die Disziplinen und die Wissenschaft als Ganzes.

Aber nicht die gefühlte Physik und Ökonomie, sondern nur die reale Physik und Ökonomie kann die geeigneten Indikatoren und Messgrößen für Nachhaltigkeit liefern. Stundenkilometer, Kilowattstunden und der Aufwand dafür sind real im Sinne eines ökonomischen und physikalischen Grundkonsenses – auch wenn Träume oder Alpträume, Mehrheits- oder Herrschaftsmeinungen von dieser Wirklichkeit abweichen.

### **Zukunft und Nachhaltigkeit in der alternden Gesellschaft**

Auch der Begriff der Nachhaltigkeit wird durch Subjektivität nicht nur ergänzt, sondern auch korrumpiert. Denn die Sozialforschung gibt zunehmend nur noch Antworten auf Fragen, die ihre Auftraggeber und deren Controller interessieren: Sozial nachhaltig ist dann, wenn morgen dieselben Politiken und Politiker gewählt werden wie gestern, und ökonomisch nachhaltig ist, wenn morgen dieselben Produkte ver-

kauft und Investoren bezahlt werden wie gestern. Sozialforschung degeneriert zur Wahlforschung oder Marktforschung. Deren Ergebnisse sind ebenfalls leicht zusammenzufassen: Die Mehrheit will mehr. Mehr als gestern, und mehr als der Nachbar. Dies ist nun definitionsgemäß unmöglich und der Weg dahin nicht nachhaltig.

Entsprechend blass wird von den soziologisch und politologisch orientierten empirischen Wissenschaften die Frage beantwortet, warum denn Nachhaltigkeitskonzepte weder in Forschung noch in der Realisierung ausreichend „durchgesetzt“ werden könnten. Die Annäherung an die angeblich neuen Machtstrukturen der globalen Gesellschaften erfolgt vielfach durch falsch oder unscharf verwendete Anglizismen („governance“, „policy“, „actor networks“, und anderes). Das erklärt wenig und gibt kaum Handlungshilfen. Der Verdacht liegt nahe, dass gerade Vernebelung eben das Ziel der Auftraggeber dieser Forschung ist. Denn Macht hat Eigenschaften, die die empirische Forschung prinzipiell kaum umgehen kann: Macht will möglichst unerkannt bleiben und bevorzugt deswegen irrelevante Fragen und irreführende Antworten. Und Macht will sich selbst stärken und nicht schwächen, und fördert deswegen überwiegend konservativ wirkende Forschungsergebnisse. Das geht weit: es umfasst sogar wissenschaftliche Prüfsiegel für diejenigen (scheinbar) oppositionellen Konzepte, die illusionär sind, den Bestand nicht bedrohen, und als Alibi für das Verschweigen tatsächlicher neuer Wege dienen.

Und ein weiterer Gedanke könnte viel zur Erklärung beitragen, warum in der Gesellschaft zu wenig Innovation, zu wenig Zukunft vorkommt (wenn auch ständig darüber geredet wird): In Politik, Wirtschaft und Wissenschaft sind die entscheidenden Stimmen und Mehrheiten zu alt und werden ständig älter. Das lässt sich schon rein demographisch auf die allgemein steigende Lebenserwartung zurückführen. Aber gesetzliche Rahmenbedingungen verstärken die Gerontokratie erheblich.

So fehlen bei der politischen Macht durch die Wahlgesetze die Stimmen der unter 18-jährigen. Das macht den Durchschnitt von Wählern und Gewählten rund 10 Jahre älter als den Durchschnitt der Bevölkerung. Es ist faszinierend, dass ein derart grundsätzliches Persönlichkeitsrecht, das bei Kindern doch leicht von den Eltern oder gesetzlichen Vertretern wahrgenommen werden könnte, einfach ignoriert wird. Eher könnte man ein Wahlrecht der jeweils Ältesten Generation anzweifeln: Sie werden ja von den Folgen eigentlich wichtiger politischer Entscheidungen nicht mehr getroffen.

Die wirtschaftliche Macht – also die letzte Unterschrift unter Konto, Grundbuch, Aktiendepot, oder Aufsichtsratsbeschluss – ist noch viel älter. Sie liegt entsprechend der Erbgesetzgebung bei der jeweils ältesten lebenden Generation – also bei einem Durchschnittsalter von knapp 70 Jahren (wobei es sich, nebenbei bemerkt, durch höhere Lebenserwartung und vielleicht auch durch Heiratsgewohnheiten meist um Frauen handelt).

Dass die Alten ihre Macht ja delegieren, hilft nicht viel. Denn die beauftragten Executives müssen ja weniger von weitsichtigen Investitionen, sondern vorrangig davon etwas verstehen, wie man Vertrauen bei den Alten (Damen) erweckt, über deren Geld sie verfügen wollen. Und spätestens wenn sie sich eine gewisse Autonomie erarbeitet haben, sind sie auch alt geworden und vererben Macht und Geld – an wen wohl...?

Und in den Gremien, die Inhalte, Methoden und Akteure in Wissenschaft, Forschung und Entwicklung bestimmen, ist die Altersstruktur kaum anders. Dazu trägt besonders bei, wenn die Forschung in die Abhängigkeit von Politik oder Wirtschaft gerät („Drittmittel“). Es scheint plausibel, dass alte Leute – mögen sie auch vielleicht erfahrener, klüger oder weiser sein – doch systematisch mehr Interesse an der Bestätigung des Vergangenen als Erfolg und einer bequemen Gegenwart haben als an einer schönen Zukunft. Und das beschreibt ziemlich genau das Gegenteil von Nachhaltigkeit.

Die angesprochenen Aspekte fügen sich zu einer schwierigen wissenschaftlichen und gesellschaftlichen Gemengelage. Aber sie erklären Einiges zur folgenden Theoriediskussion über Nachhaltigkeitskonzepte von Energie, Raum und Transport. Wie könnten der space of flows und die Netze der Zukunft anders aussehen? Einige Betrachtungen über die Stromnetze der Zukunft zeigen besonders gut, welche Risiken in der Fehleinschätzung und welche Chancen in alternativen Konzepten zu den Stromnetzen liegen.

### **Nachhaltigkeitsfaktor energetische Abdiskontierung**

Nachhaltigkeit in allen Lebensbereichen zu erhöhen bleibt zweifelsfrei eine der wichtigsten Zukunftsaufgaben. Dabei scheint zunächst notwendig, die ökologische Nachhaltigkeit aus dem Nebel der Teilinteressen-Definitionen transparent zu machen. Denn nur auf dieser Grundlage ist es zielführend, sich auch um soziale oder ökonomische „Nachhaltigkeit“ zu bemühen. Dabei wiederum sind die Energieverbräuche mit Abstand das wichtigste Merkmal. Dass statt Verbrauch vielleicht der Begriff „Energieentwertung“ angemessener wäre, soll dabei hier nur angedeutet werden: Er würde mehr den graduellen Charakter der Umwandlungsprozesse berücksichtigen und auch vermitteln, dass subjektive Kriterien des Gebrauchswertes der Energie eine Rolle spielen können.

Energiebilanzen bilden jedenfalls gut den größten Teil der Nachhaltigkeit von Prozessen, Systemen, oder Strukturen ab. (Lediglich Aspekte von „Fläche“ und „Biologie“ lassen sich kaum adäquat durch Energie beschreiben). Das gilt aber nur, wenn alle relevanten Sachverhalte berücksichtigt werden, auch wenn sie methodisch oder inhaltlich nur unscharf ermittelbar sind. Weitgehend Konsens ist, dass man Energieverbräuche umfassend im Lebenszyklus einschließlich Herstellung, Betrieb und Entsorgung sowie einschließlich aller Nebenverbräuche bilanzieren sollte. Damit vermeidet man Maßnahmen, die Energieverbrauch lediglich räumlich, zeitlich, sachlich

oder sozial verlagern, und bei der Verlagerung die Ausschnittvergrößerung einer Detaileinsparung vorzeigen wollen. Zum Energieverbrauch z.B. eines Autos (je gefahrenem km? Oder auch pro Jahr Lebenszeit?) gehören also neben dem Benzinverbrauch auch – anteilig – der Energieverbrauch bei der Herstellung und Entsorgung sowohl des Fahrzeugs, als auch der Straße, der Tankstellenreklame, und und und. Diese Rechnung ist aber sehr schwierig und methodisch bestreitbar, weil die Abgrenzung willkürlich ist: müsste man dann nicht auch noch den zukünftigen Energieanteil des späteren Abbruchs des Lagerkellers für die Aktenordner der Bürgerinitiative gegen die xy-Tangente einrechnen?

Es fragt sich, ob nicht statt dessen eine ökonomische Kostenrechnung – wenn man alle externen (Umwelt-) Kosten einrechnet – vielleicht eine bessere Annäherung für den Gesamtenergieverbrauch wäre. Zweifellos hat eine solche Kostenrechnung auch „willkürliche“ Aspekte, etwa bei Preisen oder Knappheiten. Andererseits gleichen sich aber unsere industriellen Prozesse in vielen Punkten sehr: Alle Kraftwerksformen – gleich ob Wind oder Kohle – haben z.B. sehr ähnliche Energieverbräuche je ausgegebenem Euro, z.B. für Verwaltung und Vermarktung, aber auch für elektronische oder mechanische Teile oder Teilsysteme. Die Verwendung von Kostenrechnungen als Indikator für Energierechnungen wäre also insofern präziser, als sie die Gesamtkette widerspiegelte.

Noch interessanter scheint aber die Übertragung von Abschreibung und Verzinsung. In den ökonomischen Modellen spiegeln sie ja reale Sachverhalte wieder: Die Abschreibung die Entwertung der Dinge durch Gebrauch und Alterung, und die Verzinsung den Nutzen durch Produktivität von Investitionen (v. Winning 2004).

Energetische Abschreibungen könnten den Betrachtungszeitpunkt eines energetischen Lebenszyklus berücksichtigen. Fast alle Fragestellungen greifen ja in bestehende Systeme ein, in denen schon verbrauchte Energie steckt. Die Ökonomie berücksichtigt das etwa durch die Kalkulation von Restabschreibungen oder marginalen Kosten usw. Es scheint plausibel, dass es analog auch so etwas wie energetische Abschreibungen oder marginale Energieverbräuche gibt. Wenn der Gesamtenergieverbrauch einer Schnellbahn größtenteils in der Infrastruktur liegt, ist es energetisch sinnvoll, sie zu benutzen, sobald die Energie dort versenkt ist – auch wenn die Gesamtbilanz den Bau vielleicht nicht gerechtfertigt hätte. Erst gegen Ende der Lebenszeit wird die energetische Abschreibung Hinweise geben können, ob es dann vielleicht auch energetisch sinnvoll ist, die in der Gesamtbilanz an sich unsinnige Strecke allmählich wieder abzuwirtschaften und dann erst den Betrieb einzustellen.

Sogar ein energetischer Zins könnte eine Energiebilanz wirklichkeitsnäher und angemessener machen. Wenn für einen Nutzen der Verbrauch von Energie etwas Ähnliches ist wie eingesetztes Kapital, dann würde auch der Zeitpunkt des Energieverbrauchs Bedeutung haben: je früher die Energie verbraucht wird, umso mehr energetischer Zins muss kalkuliert werden – denn diese Energie kann nicht an anderer Stelle produktiv sein. Energieeinsatz beim späteren Betrieb wäre danach überpro-

portional besser, als wenn dieselbe Energiemenge bereits Jahre vorher in die Infrastruktur geflossen wäre. Tatsächlich findet sich ja auch bei natürlichen energetischen Prozessen (z.B. Bereitstellung oder Regeneration) ein Zeitfaktor. Insbesondere nachwachsende Rohstoffe brauchen Zeit zum Nachwachsen, und alle natürlichen Metabolismen haben natürliche Lebenszyklen und Verfallszeiten.

Es scheint nahe liegend, den Faktor „Zeit“ in Energiebilanzen stärker zu berücksichtigen, und jedenfalls nicht nur einfache Summen zu vergleichen. Energetische Abschreibung und energetische Verzinsung könnten Energiebilanzen der Wirklichkeit näher bringen, sie aber auch gegenüber heutigen deutlich verändern. Wenn man dies grundsätzlich anerkennt, bedarf es erheblicher Forschungsanstrengungen, angemessene Zinssätze und Abschreibungszeiten für Energie zu ermitteln. Aber dann ist auch zweifelsfrei, dass selbst große Ungenauigkeiten bei energetischen Zinsen und Abschreibungen jedenfalls weniger Fehler in die Energiebilanz bringen als gar keine. Das ist nun keine Lappalie: Es könnte sich herausstellen, dass die Größenordnungen (durch den Zinseszins-Effekt) ähnlich bedeutsam sind wie in der Ökonomie: Dann würden energetische Zinsen und Abschreibungen (und die ökonomischen Modelle wären eine erste legitime Annäherung!) womöglich zu Hauptposten jeder Energiebilanz. Und einstweilen scheint es angemessen, bei allen Schätzungen von Energiebilanzen wenigstens qualitativ den früheren Zeitpunkt des Energieverbrauchs, also im Allgemeinen bei der Investition der Infrastruktur, mit einem sehr kritischen Fragezeichen zu versehen.

Weiter gedacht würde das auch rechtfertigen, auch aus ökologischen Fehlinvestitionen von gestern zunächst weiter Nutzen zu ziehen. Das heisst aber nicht, dass sie unkritisch fortgeschrieben werden. Eine entsprechende Analyse könnte z.B. ergeben, dass die zweite Hälfte unseres FernStraßennetzes aus unsinnigen Fehlinvestitionen bestünde. Wir sollten sie trotzdem soweit als möglich ausnutzen, allmählich herunterwirtschaften, aber keinesfalls erweitern – und zwar aus ökonomischen und ökologischen Gründen. Und es gibt in der Infrastruktur für Energie und Transport sehr viele ökonomisch zu groß geratene und ökologisch fragwürdige Investitionen (Offenbar wird das, wenn man fragt, ob die Nutzer auch einen kostendeckenden Preis dafür zahlen würden).

Umso wichtiger wird das Ziel, für die Netzwerkgesellschaften die Effizienz der Energieverbräuche für Raum und Raumüberwindung – also ihrer physischen Netze für Personen, Güter, Energie und Information – bestmöglich und rational zu erneuern. Im Folgenden sollen hier einige Überlegungen zum Stromtransport angestellt werden, die in nächster Zukunft besondere räumliche Folgen haben könnten.

### **Jetzt noch mehr Ökostrom? Noch mehr Energie wegkühlen?**

Bei der Beurteilung, ob erneuerbare Energien ohne weitere technische Zwischenstufen vielleicht bis 2040 die führende Rolle übernehmen können, wird die Forderung nach einem erheblichen Ausbau der Stromtransportnetze erhoben. Das wird als

einfacher Ausweg gesehen, um die Volatilität und Unzuverlässigkeit von Wind- und Solarstrom auszugleichen. Sieht man Transport kritisch, müssen einige Eigenschaften der Stromversorgung aus dieser Sicht im Folgenden kurz angesprochen werden. Erzeugung und Verbrauch von Strom lassen sich prinzipiell nicht direkt aufeinander beziehen. Man kann zwar die Produktion von Kohle-, Solar- oder Windstrom als installierte Leistung oder erzeugte Leistung messen und unterscheiden. Verbrauchen kann man aber nur noch Netzstrom. Die Herkunft des Netzstroms ist nicht mehr unterscheidbar. Netzstrom ist zusammengesetzt und ändert ständig seine Zusammensetzung, je nach Lage, Tageszeit, momentaner Netzbelastung durch andere Verbraucher, und ausgehandelter Regelung aller Kraftwerke am Netz. Wenn man richtiger Weise den Gesamtprozess einschließlich der Energieverluste beim Kraftwerksbau und Herstellungsprozess einbezieht, wird jede Abgrenzung weitgehend willkürlich. Angaben über die Herkunft des Stromes an der Steckdose, wie „Ich verbrauche Atomstrom“ oder „Ich verbrauche nur „Ökostrom“ sind vielleicht nicht falsch, aber irreführend, weil sie eine Unterscheidbarkeit vorspiegeln.

Das Stromangebot im Netz muss immer so hoch sein, dass es nicht auch nur für Sekunden kleiner ist als der Verbrauch. Denn dieser Fall hätte zur Folge, dass für alle „das Netz zusammenbricht“. Das muss unbedingt vermieden werden, denn die Versorgungssicherheit verlangt zu Recht, dass in keinem Fall „das Licht im OP ausgeht“. Einige Nachfrageschwankungen sind im Tages-, Wochen und Jahresverlauf prognostizierbar, und zwar umso zuverlässiger, je mehr Teilnehmer und je größere Räume (durch Stromtransport und seinen Aufwand) erreicht werden können. Aber gewisse Nachfrageschwankungen, bleiben prinzipiell und unvermeidbar zufällig und nicht prognostizierbar, besonders wenn man (mit weniger Aufwand für Stromtransport) nur wenige Teilnehmer und kleine Teilräume betrachtet.

Die Stromproduktion lässt sich aber technisch nur begrenzt an die Nachfrage anpassen. Kernkraftwerke haben fast durchgehend gleiche Wärme- und Stromleistung, große Kohleöfen lassen sich im Tagesrhythmus träge, Gaskraftwerke auch etwas schneller höher oder niedriger regeln. Wasserkraftwerke lassen sich zum Sekunden- bis Minutenbedarf schnell zuschalten. Wind- und Sonnenkraftwerke produzieren unbeeinflussbar un stet, manchmal überhaupt nicht, und nur so sicher wie die Wetterprognosen vorhersehbar. Gewisse geringfügige Schwankungen können in den Produktionsanlagen gepuffert werden: Durch Bandbreiten von Netzspannung, Kesseltemperaturen, Dampfdrücken, Turbinenlast und mehr.

Die Anpassung von Verbrauch und Produktion erfolgt durch ein hoch komplexes Regelmanagement der Stromhersteller, und zwar ggf. unter Nutzung des Ausgleichs im gesamten europäischen Verbundnetz mit erheblichem Aufwand und Energieverbrauch für Stromtransport. Zu dieser Anpassung tragen auch die Strombörsen bei. Dort werden verschiedene Stromeigenschaften minutengenau zu sehr unterschiedlichen Preisen gehandelt. Dadurch werden Informationen gewonnen, welche Investitionen in den Netzen und im Kraftwerkspark sinnvoll wären. Am teuersten und häu-

fig nachgefragt sind dort mit Faktoren von 10 bis 20 immer wieder die schnell zuschaltbaren Spitzenströme, die fast nur einige (Pumpspeicher-) Wasserkraftwerke liefern können. Gelegentlich müssen die Hersteller aber auch für die Abnahme von zu viel produziertem Strom hohe Preise bezahlen. Dabei müssen Politik oder Hersteller willkürlich definieren, wessen Strom als der überzählige gerechnet werden soll, denn technisch-physikalisch ist das nicht unterscheidbar.

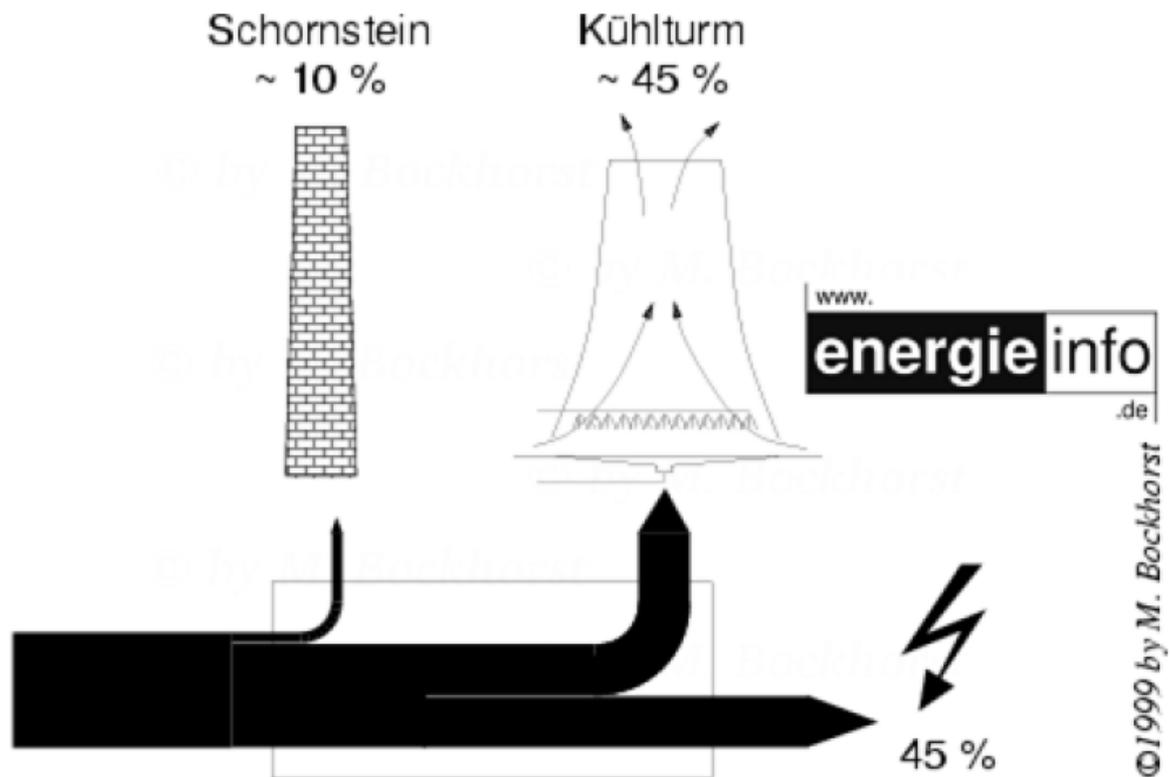
Ansonsten bleibt die Trägheit der Stromherstellung immer höher als die Volatilität des Verbrauchs – besonders, wenn man über kleine Räume Transportverluste vermeiden wollte. Da nun die Zuregelung von Strom schwieriger ist als die Abregelung, müssen ständig riesige Überkapazitäten vorgehalten werden: Für Windstille und Spitzennachfrage. So lag z.B. die installierte Kraftwerksleistung bei etwa bei etwa 125 GW, davon waren durchschnittlich 83 GW verfügbar, und das für eine historisch einmalige höchste Einzellast von 76,3 GW (Zahlen auf Deutschland 2003 bezogen, nach Hasche u.a. 2006). Im Rahmen der Unsicherheit der Verbrauchsprognose müssen diese Kraftwerke also immer auch bereit sein, unverzüglich Strom für die mögliche Höchstnachfrage zu produzieren. Das bedeutet, ständig erhebliche Überschüsse an Kapazität bereit zu halten und Heizleistung, vielleicht auch Dampfdruck und Strom, zu produzieren. Diese müssen aber, wenn die Nachfrage (wie fast immer) darunter bleibt, künstlich brach liegen gelassen oder vernichtet werden.

Man kann das auch etwas feiner „Verringerung des Wirkungsgrades“ nennen. Denn jede zusätzliche unerwartete und nicht verwendete Stromeinspeisung ins Netz verringert die Wirkungsgrade der großen Wärmekraftwerke. Verringerung des Wirkungsgrades heißt aber praktisch immer weniger genutzte und mehr verschwendete Energie, die am Ende immer Abwärme ist.

Ob nun der Veranlasser der Abwärme der nicht weiter drosselbare Atom- oder Kohlstrom, oder der unzuverlässig eingespeiste Öko-Strom, oder der ungesteuerte Verbrauch ist, ist ein müßiger Streit. Dennoch ist salopp ausgedrückt derzeit und mit den augenblicklichen Randbedingungen richtig: Infolge des Einspeisens von Wind- oder Solarstrom wird immer sofort ein entsprechend hoher Anteil Strom unvermeidbar und jedenfalls nutzlos weggekühlt. Das erfolgt in den Prozessen, in den Kühltürmen, und in den Leitungen, und wird bei zunehmendem Wind- und Solarstrom so dringlich, dass die Abnahme des überflüssigen Stroms an den Strombörsen sogar gelegentlich hoch bezahlt wird. Das Bild des gleichzeitigen Bremsens und Beschleunigens stellt diesen Sachverhalt gut dar. Womit gebremst und womit beschleunigt wird, ist eine Frage der Perspektive, denn die Ursachen unterliegen den beschriebenen Wechselwirkungen. Ob die Volatilität des Ökostroms, oder die Trägheit der großen Öfen, oder fehlende Speicher, oder zu kleine Netze die Verluste veranlassen, ist gleichgültig. Einstweilen hat man sich stillschweigend darauf geeinigt, die bei Ökostrom-Einspeisung notwendig werdende Zusatzkühlung diskret im Hintergrundrauschen der allgemeinen Abwärme verschwinden zu lassen. Im Vergleich mit der

Abwärme der großen Öfen (50-70 %!) ist die ja (noch) geringe Größenordnung des Solar- und Windstroms statistisch kaum erfassbar.

Abb. 2: Noch ein bisschen mehr Abwärme durch Ökostrom? (Quelle: Bockhorst1999)



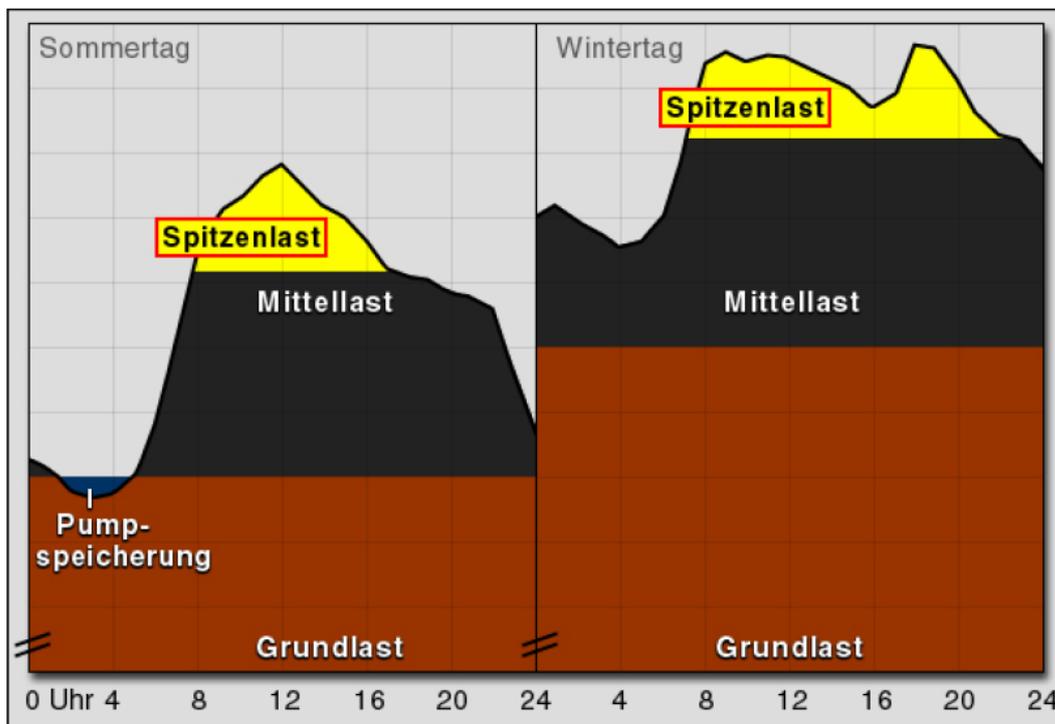
Produktiv wäre ein Streit nicht um Ursachen, sondern um die Frage, welche Techniken mit welchen Zukunftsstrategien die (ökonomische und ökologische) Gesamteffizienz des Systems verbessern würden. Es sei vorweggenommen, dass auch die Auswege mehr Speicher oder weitere Transporte dieselben, häufig unterschätzten negativen Folgen haben. Demnach wäre derzeit eine Ausweitung des Ökostroms wenig zielführend; sie ersparte keine konventionellen Kraftwerke, und kaum Brennstoffe oder CO<sub>2</sub>.

Die Überlegungen zum Faktor 10 bis 20 beim Börsenpreis des schnell zuschaltbaren Spitzenstroms deuten aber die zwei wichtigsten, eigentlichen Möglichkeiten an: Die erste Möglichkeit besteht darin, über ein „smartes“ Netz viele kleine, dezentrale zeitunempfindliche Verbraucher („Die Kühltruhe“) zur Vermeidung von unerwarteten Nachfragespitzen schnell aus (und später wieder an-) zu schalten. Und die zweite Möglichkeit wären Erzeuger von schnell zuschaltbarem Spitzenstrom (notfalls mit ökonomischen oder energetischen Wirkungsgraden von weniger als 5-10 %!). Erst das könnte tatsächlich in nennenswertem Umfang große Öfen überflüssig machen und allein oder in Kombination mit Wind- und Solarstrom die CO<sub>2</sub>- oder Nuklear-Bilanz verbessern.

### Trügerische Hoffnung Stromspeicherung

Als Ausweg werden auch mehr Speichermöglichkeiten gefordert. Neben den sehr geringen erwähnten Puffern in den Betriebsprozessen brachten allerdings über hundert Jahre sehr ernsthafte Forschung als mit Abstand beste und einzige großtechnische Lösung Pumpspeicherwerke im Gebirge. Aber auch deren Kosten und Verluste sind dramatisch, und die in Zentraleuropa installierten Kapazitäten gehen jetzt schon bis an die Grenzen des Landschafts- und Naturschutzes – gerade in den empfindlichen Ökosystemen der betroffenen Hochgebirge. Trotzdem bleibt ihr Volumen um Größenordnungen hinter dem eigentlich notwendigen Speichervolumen, den Verbrauchsdifferenzen zwischen Tag und Nacht oder Sommer und Winter, zurück.

Abb. 3: Kleines Volumen selbst bester Stromspeicher (aus HASCHE u.a.2006)



Als Stromspeicher sind auch Batterie/Akkumulator, Wärme, Druckluft, Schwungrad, Kondensator, Wasserstoff und Anderes in der Diskussion. Ihre Eigenschaften sind sehr unterschiedlich, und alle können sicher mindestens sinnvolle Nischenanwendungen haben. Es gibt allerdings keine neueren wissenschaftlichen Hinweise, dass irgendeine großtechnische Lösung in absehbarer Zukunft positive Gesamtbilanzen haben könnte, insbesondere wenn im Vergleich die Preise für das alternative „Wegheizen“ fossiler oder nuklearer Brennstoffe nur degressiv steigen werden.

Besonderer Erwähnung bedürfen in der augenblicklichen Diskussion die elektrochemischen Batterien bzw. Akkumulatoren. Die größten derzeitigen Anwendungen findet man etwa bei hochsensiblen Krankenhäusern oder Serverknoten als Über-

gangsversorgungen nach Netzausfall für einige Sekunden, bis die Notstromaggregate angesprungen sind. Hier gibt es offenbar keine Alternative für die notwendig hohe Betriebssicherheit.

Für umfangreichere Anwendungen würden sich die horrenden Energie-, Umwelt- und Kostenrechnungen für Batterien vervielfachen. Und die Bilanzen sind nochmals erheblich schlechter, wenn man wie erläutert die vor- und nachgelagerten Energieketten (womöglich sogar mit energetischem Zins, und mit dem Gesamtindikator Volkosten!) mitrechnet. Die Dimensionen sind jedenfalls weit von den Ausgleichsmengen entfernt, die das Stromnetz im Zeitverlauf oder auch nur als Regelstrom bräuchte. Und auch die Hoffnung auf Verbesserungen durch Massenproduktionen ist wegen der Bedeutung der kaum reduzierbaren Rohstoff- und Abfallseite nur gering. Bereits beim Elektro-Batterie-Fahrrad scheint nicht sicher, ob der wunderbare Eindruck von leise, sauber und ökologisch nicht eine oberflächliche Illusion ist, und in der Gesamtbilanz nicht ein moderner winziger Verbrennungsmotor besser sein könnte.

Besonders hart aber treffen die desolaten Einschätzungen der Batterien die Hoffnung das Elektroauto; denn dabei muss ja zusätzlich das Gewicht der Batterien immer mit transportiert werden. Selbst der Batterie höchst wohl gesonnene wissenschaftliche Vertreter trauen sich nicht, der politischen Euphorie am Elektroauto mehr als 100 km Reichweite bei äußerst begrenzter Zuladung zu versprechen (Tillmetz 2010). Das ist dann aber kein Gerät, das ein Auto ersetzen könnte: es wäre zur Tourenlimousine, zum Wohnmobil, zum Spaßauto eben zusätzlich ein Elektroauto; das hat nun mit Effizienz gar nichts mehr zu tun.

Und genau so abwegig ist die Idee, man könne die Autobesitzer motivieren, als Zusatznutzen die Nacht-Ladung der Autobatterien bei Bedarf wieder ins Netz einzuspeisen. Denn eine Haupteigenschaft des Autos ist die spontane Verfügbarkeit ohne Vorplanung (psychologisch ist das so etwas wie die Bedienung des Fluchtinstinktes). Wer aber wird das wohl für ein paar Cent aufgeben, wenn er sich durch teuren Kauf und langwieriges Laden gerade mal die Chance auf karge 100 km spontane Mobilität geschaffen hat? Tatsächlich braucht man allerdings für die Abdeckung der Stromspitzen nur vielleicht ein Hundertstel der Energieleistung der gesamten PKW-Flotte, sodass man hierfür dann ja auch getrennte Batterien verwenden könnte. Dass die Stromanbieter aber heute nicht einmal in Ausnahmefällen die ja bekannten Batteriespeicher für Spitzenstrom verwenden, mag ein Hinweis auf die Abwegigkeit dieser Idee sein.

### **Trügerische Hoffnung Stromtransport**

Für viele Probleme liegt dann der Ausweg „Stromtransport“ über die Netze nahe. Je größer die Anzahl von Kraftwerken und Verbrauchern, also je größer der Betrachtungsraum, umso geringer werden die statistischen Schwankungen, umso sicherer werden die Prognosen, und umso genauer kann die Herstellung an den Verbrauch

angepasst und mit weniger Verlusten geregelt werden. Irgendwo wird schon der Wind wehen oder ein Stromverbraucher zu finden sein.

Aber der Transport ist weder ökologisch noch ökonomisch umsonst. Herstellung, Betrieb und Entsorgung der Leitungsnetze kosten Geld, Energie und Umweltbelastungen. Bereits heute ist eine Schätzung realistisch, dass ein Drittel der Stromrechnung auf den Stromtransport entfällt, und das bei einer relativ dezentralen Kraftwerksstruktur mit eher geringen Distanzen. Sollten diese größer werden (etwa durch mediterranen Solarstrom, skandinavische Wasserkraft, oder Offshore-Windparks) könnte der Aufwand noch mal leicht um die Hälfte wachsen. Das gilt auch, wenn für Fern-Stromtransporte der Transportaufwand durch Gleichstromleitungen (HGÜ) vielleicht nicht proportional, aber dennoch nennenswert erhöht wird. Das Schlagwort der 3 %-Leistungsverluste vergisst wieder einmal die Gesamtbilanz, und unterschlägt, dass bei HGÜ die Verluste eben weniger in der reinen Distanz liegen, sondern bei der notwendigen Aufbereitung dafür, z.B. durch die notwendigen Gleich- und Wechselrichter. Da muss dann sehr sorgfältig kalkuliert werden, wo und welcher Stromtransport tatsächlich Entlastung bringt (auch wenn die Alternativen ebenfalls wenig akzeptabel erscheinen). In eine solche Gesamtbilanz gehören natürlich auch die Beeinträchtigungen durch die Stromleitungen oder notwendige Brennstofftransporte über Schiff, Pipelines, Bahn oder Straße.

Derzeit wird eine Erweiterung der Leitungsnetze wegen der wachsenden Zahl räumlich disparater („Öko-„) Kraftwerke (Nordsee-Windparks, Sahara-Sonne) gefordert; die Netzbetreiber hätten den Netzausbau vernachlässigt. Gleichzeitig gibt es eine Tendenz, die Netze zu verstaatlichen. Die Befürchtung ist nicht von der Hand zu weisen, dass nun erneut für Stromtransport ohne ausreichende Kalkulation verdeckte öffentliche Subventionen veranlasst werden sollen, und damit erneut das Gesamtvolumen der Branche (Stromerzeugung und Stromtransport) künstlich aufgebläht wird.

Auch jetzt erfolgen übrigens bereits in großem Umfang regionale Werttransfers, die man als regionale Subventionen bezeichnen könnte, weil die Kosten der Stromtransporte pauschaliert und die Preise nicht entsprechend regional unterschiedlich kalkuliert und berechnet werden. Z.B. zwischen Ost- und Westdeutschland. Nun kann man sehr wohl politisch darüber streiten, ob eine solche Politik der Angleichung unter Nachhaltigkeitszielen sinnvoll ist (ökologisch wären eher Unterschiede und Vielfalt). Mit Sicherheit steht die Entscheidung darüber aber nicht den Stromversorgern zu.

Bedeutende unkalkulierte Stromtransporte finden auch in den Niederspannungsnetzen in den Siedlungen statt. Der Stromverbrauch wird am Hauszähler, und nicht am letzten Niederspannungstrafo abgerechnet. Daher werden die Stromtransporte innerhalb der Siedlungen nicht den Verbrauchern zugerechnet. Diese sind aber in dispersen Siedlungen erheblich energie- und kostenträchtiger als in urbanen Siedlungen. So fördert die Nicht-Abrechnung des Stromtransportes nicht nur

bestimmte Regionen, sondern auch ohne politische Legitimation dazu die Zersiedelung im städtebaulichen Maßstab. Da das nicht nur Wohnen, sondern alle Nutzungen einschließlich Gewerbe betrifft, ist die Zersiedelungswirkung durch die Struktur der Stromversorgung bzw. -abrechnung möglicherweise größer als durch Personentransport mit Auto, Bus und Bahn.

### **Möglichst CO<sub>2</sub>-frei und Wasserstoff, aber für Autos zuletzt**

Selbstverständlich müssten auch die Reizworte Klima, CO<sub>2</sub>, Atom, und Erneuerbare Energien mit weniger Tabus und rationaler diskutiert werden, denn hier trüben Lagermentalitäten und Glaubenssätze in allen Lagern in besonderer Weise den klaren Blick. Zwar sind die Renewables definitionsgemäß energetisch „neutral“. Dennoch ist ihr Einsatz höchst aufwändig, sie erzeugen auch Umweltbeeinträchtigungen, und sie sind nicht für alle Zwecke gleich gut geeignet.

Schließlich birgt die Radikalität des Zieles 100 % Renewable (Droege 2009) auch Gefahren für das Ziel selbst. Denn die Fixierung auf Erneuerbare Energien darf nicht dazu führen, dass auf dem (möglicherweise steinigem) Wege dahin mögliche Zwischen- oder Sparmaßnahmen aus dem Blickfeld geraten, dass die etablierten Akteure das Ziel als Alibi benutzen, nichts zu verändern, oder dass sie sogar nur insoweit den Einstieg zulassen, als sie daran mitwachsen und mitverdienen können. Oder anders formuliert, wie lange dauert die weltweite Umstellung auf (sagen wir) 99 % Renewables bei wachsendem Weltenergiebedarf, wenn man fordert, dass auch für den Mehrenergiebedarf der Umstellungsinvestitionen nur Renewables verwendet werden dürfen? Ab welchem Zeitpunkt ist diese Forderung überhaupt vertretbar? Und wirken womöglich Einzelmaßnahmen in falscher Reihenfolge oder in falscher Kombination durch Ausgleich und Verstärkung der Gegenbewegung im weltweiten Markt-Kontext kontraproduktiv (Sinn 2008)?

Viele aktuelle Entwicklungen weltweit deuten in hohem Masse auf die Brisanz dieser Gefahren. Die Energiewirtschaft ist sehr mächtig und sehr konservativ. Vermutlich (und vielleicht leider!) wird man auch nach Peak Oil industriell „Carbonsprit“ noch sehr lange herstellen können: aus Schwerstölen, Ölschiefern, Braun- oder Hartkohle, zu konkurrenzfähigen, degressiv steigenden Preisen und Bilanzen; und danach sogar endlos aus Tundra oder Macchia – die Bezeichnung „erneuerbar“ hierfür bleibt einem angesichts der schiereren Menge im Hals stecken. China hängt derzeit etwa wöchentlich ein neues großes Kohlekraftwerk ans Netz. Weltweite Übereinkünfte oder gar weltweite Bereitschaft, mehr als aus den PR-Budgets in Forschung und Realisierung für Renewables zu investieren, sind nicht in Sicht. Und die Versprechen, man könne mit Renewables ohne Reue weiter verschwenden und müsse nicht über Einsparungen reden, beflügelt zwar weltweit Politiker aller Couleur, deprimiert aber alle ernsthaften Akteure.

Dennoch sollen hier, mit großer Sympathie für das Ziel 99% Renewable, und ohne es aus den Augen zu lassen, einige in der Diskussion häufig unterschätzte Aspekte

angesprochen werden, die mindestens für die Übergangsphasen in jedem Falle relevant sein werden. Denn dass auch Fehler bei den Prioritäten fatale Rückwirkungen auf die Ziele haben könnten, wurde schon erwähnt.

Wenn CO<sub>2</sub>-Minderung und Klimaschutz wirklich ernst genommen werden sollten, dürfte nach heutiger Kenntnis und Bewertung Wasserstoff das wichtigste Transport- und Speichermedium für Energie werden. Da bei einer Gewinnung aus C-H-Gasen das C ohne jeden Nutzen als Treibhausgas CO<sub>2</sub> entweichen würde, ist nur elektrisch produzierter Wasserstoff sinnvoll. Mit Atomstrom produzierter Wasserstoff könnte am billigsten angeboten werden. Das ist kaum nachhaltig, erklärt aber, warum die Wasserstoff-Verwendung vor allem vom Nuklear-Lager gefördert wird, und dabei die ökologische Herstellung zwar verbal heftig, real aber bestenfalls halbherzig vorkommt. Aber nur Sonnen- oder Wind-Wasserstoff wäre wohl überhaupt ökologisch vertretbar. Und das bedeutete noch mehr Transporte (und zwar über europäischen Entfernungen) und noch mehr Speicherbedarf – mit noch schlechterer Ausbeute an Nutzenergie.

Je nach Art, Zweck und Zeitpunkt der Verwendung erfolgte der Transport nach Rückumwandlung (Wasserstoffkraftwerk) als Strom, oder in Pipelines, oder in Hochdruckspeichern (oder ggf. und noch aufwändiger auch in chemischen oder Tieftemperaturspeichern). Dabei ist jede Umwandlung und jedes Umfüllen mit erheblichem technischem Aufwand verbunden. Hochdruckspeicher eignen sich besser für große, stationäre Anlagen, schlechter für kleine mobile Speicher, etwa in Fahrzeugen.

Auch wenn die „Brennstoffe“ für Wasserstoff Wind oder Sonne kostenlos und CO<sub>2</sub>-neutral sind: Einrichtung und Betrieb großmaßstäblicher Wasserstoffsysteme werden gewaltige Kosten, Arbeit; Energieverbräuche und ökologische Schäden verursachen. Die Einordnung der Umstellung auf Wasserstoffwirtschaft erfordert also detaillierte Einzelvergleiche mit herkömmlichen Energieformen, besonders für die allmähliche Einführung und getrennt nach Regionen und Verwendungszwecken.

Versucht man unter diesen Gesichtspunkten Geschwindigkeit und Reihenfolge der Einführung abzuschätzen, dürfte es, auch energetisch und ökologisch, sinnvoller sein, erst die stationären Anlagen vollständig auf Renewables umzustellen, also Kraftwerke, Heizungen, Prozessenergien usw. Dann erst würde sich der Verkehrsbereich anbieten: Zunächst für große Schiffe, dann vielleicht für Bahnen (in veränderter Konkurrenz mit dem Ökostrom, denn immer mehr Wasserkraft wird für Spitzen- und Regelstrom benötigt). Auch Busse und LKW haben gewisse Priorität, weil sie ständig in Betrieb sind und sich die hohe Investition durch hohe CO<sub>2</sub>-Einsparung „lohnt“. Und vielleicht eignet sich Wasserstoff in Cryotanks aus demselben Grund, und wegen der spezifischen Sicherheitssituation und Energiedichte, trotz hoher technischer Entwicklungsanforderungen dann auch für Luftverkehr. Für diese Umstellungen ist ein Zeitraum von 30-50 Jahren (möglicherweise mehr) nicht nur realis-

tisch, sondern – nochmals: auch unter ökologischen Gesichtspunkten – auch wünschenswert.

Frühestens also in 30 Jahren wäre es vielleicht sinnvoll, die Verbrennung von Kohlen- bzw. Kohlenwasserstoffverbindungen allmählich auch aus den Straßenfahrzeugen zu verbannen. Das kommt auch der in der PKW-Branche mental besonders geringen Innovationsbereitschaft entgegen. Denn frühestens dann kann vielleicht das Wasserstoffauto auch im Hinblick auf Gesamtenergiebilanz des Systems, Energiedichte, Speicherfähigkeit, Handhabbarkeit, Sicherheit, Standfestigkeit, Infrastruktur und anderes wirklich besser sein – insbesondere auch wegen der geringen CO<sub>2</sub>-Einsparung je Fahrzeug durch den äußerst sporadischen Betrieb der PKW.

Ob dann die Umsetzung durch Verbrennungskraftmaschinen oder Brennstoffzellen und Elektromotoren erfolgen wird, mag im Moment offen bleiben. Der ferne Zeithorizont erklärt aber vielleicht und rechtfertigt bis zu einem gewissen Grade die Halbherzigkeit der Autofirmen beim Wasserstoffauto, die schlechten Perspektiven der Brennstoffzelle in PKW, und den PR-Reflex einiger PKW-Hersteller, Wasserstoff zwar vorzuführen, aber mit den alten nur minimal modifizierten, eigentlich für Benzin oder Diesel konstruierten Motoren. Denn es scheint legitim, die verbleibenden (fossilen) kohlen- und kohlenwasserstoffgebundenen (und leider auch CO<sub>2</sub>-produzierenden) Treibstoffe tatsächlich für den PKW-Verkehr noch lange zu strecken, und erst alle anderen Verbraucher auf Renewables umzustellen. Man muss fürchten, dass sich der Konsens von Politik und Wirtschaft über die erneuerbare Elektromobilität letztlich nur als schöner Traum und Alibi herausstellen wird, um im Transport- und Energiebereich aktuell eben nicht Einsparungen oder mühsame andere (Zwischen-) Lösungen entwickeln und einsetzen zu müssen. Die postfossile Mobilität sollte aus ökologischen Gründen erst in 30 Jahren auf die Agenda. Aber gerade deswegen müssen jetzt umso intensiver kurzfristig wirksame Einsparmöglichkeiten im Straßenverkehr entwickelt und eingeführt werden.

### **Regelstrom aus den Verbrennungsmotoren sanfter Hybrid-Autos**

Und es bestehen große Möglichkeiten das Autosystem auch ohne Elektrifizierung und auch mit Kohlen- bzw. Kohlenwasserstoffverbrennung sehr schnell erheblich zu verbessern. Die erste Maßnahme dazu wäre die Konsolidierung der Verkehrsmengen durch ein differenziertes Road-Pricing: Dadurch würde die Subvention „kostenlose Straßenbenutzung“ aufgehoben und die Nachfrage nicht mehr politisch künstlich erhöht. Ebenso würden dann statt (durch das Transportpreissystem) hoch subventionierter disperser Siedlungsstrukturen verkehrssparende Reurbanisierungen nachgefragt werden (Krug 2006). Die zweite Maßnahme wäre eine automatische und technische Begrenzung von Geschwindigkeiten und Beschleunigungen. Durch eine solche Abregelung unproduktiver und schädlicher Dynamiken und Konkurrenzen würde der verbleibende Autoverkehr um ein Drittel bis die Hälfte effizienter, und zwar prinzipiell bei allen Antriebsformen. Denn ein „ökologisches“ Auto ist groß,

leicht und langsam, nicht aber klein, schwer und „spritzig“ (v. Winning 1999, 2009, 2010).

Mit, aber auch ohne Elektrifizierung ist also eine Überarbeitung der Antriebsformen dringlich. Für die hiesigen Überlegungen ist besonders die Energierückgewinnung von Bedeutung. Unausweichlich wird der Autoverkehr innerorts und außerorts verkehrsbedingt beschleunigen und bergauf fahren. Bistlang wird die dabei in Bewegung oder Höhe gespeicherte Energie beim Verzögern und Bergabfahren zum großen Teil nutzlos in Wärme weggebremst. Eine Rückgewinnung dieser Energie ist eine der größeren Reserven, erfordert aber Zusatzaggregate mit Umwandlungsverlusten. Weil eine chemische Rückumwandlung in Benzin wenig sinnvoll ist, wird eine getrennter Energiespeicher und ein zweiter, andersartigen Motor notwendig. Das nennt man dann Hybridantrieb, und Bremsenergieerückgewinnung ist die entscheidende Begründung dafür.

Zwei Eigenschaften der Auslegung können hier schon angedeutet werden: Erstens sollte, entsprechend den vorstehenden Überlegungen, der Verbrennungsmotor jedenfalls den Gesamtenergiebedarf decken, also auch den des Speichers und zweiten Motors. Und zweitens ist nur eine Version sinnvoll, die die zwei Motoren über Leistungsverzweigungen und ein integriertes Management synergetisch in unterschiedlicher Addition verwendbar macht. Das muss sorgfältig von einem Missbrauch der einschlägigen Begriffe getrennt werden, denn einige Hersteller wollen derzeit ganz schnell den Eindruck erwecken, sie seien doch noch rechtzeitig auf einen Zug aufgesprungen, den sie eigentlich (aus Überzeugung oder Schlafmützigkeit) verpasst haben. Z.B. wird die getrennte und nicht integrierte (und ziemlich uneffiziente) Verwendung von zwei Motoren gelegentlich auch unter der Bezeichnung „Hybrid“ angeboten. Gezielt irreführend scheint die Wortverwendung „Plug-In-Hybrid“ für das reine Batterie-Elektroauto. Und auch die Beschränkung des Ladens der herkömmlichen Batterie durch die herkömmliche Lichtmaschine auf den Schubbetrieb ist schon vom Energievolumen her weit entfernt von einer legitimen Verwendung des Begriffs „Bremsenergieerückgewinnung“.

Tatsächlich bieten sich für eine technische Umsetzung eines akzeptablen Hybrid-Konzeptes auch z.B. Schwungrad- oder Druckluftspeicher und -motoren an. Das hätte spezielle Probleme, wäre aber in trotzdem in vieler Hinsicht Erfolg versprechender als Elektromotor(en) mit elektrochemischen Batterien. Für den Elektro-Hybrid spricht allerdings, dass in den Fahrzeugen ohnehin beachtliche Elektroanlagen sind, und zwar einschließlich Generator und Motor als „Lichtmaschine“ und „Anlasser“.

Nun schließt sich der gedankliche Bogen zu den vorherigen Kapiteln. Es wurde festgestellt, dass in den Stromnetzen dezentral produzierter, schnell zuschaltbarer Regelstrom das weitaus größte Defizit ist. Und es wurde festgestellt, dass mindestens in der nächsten technischen Generation von 30 Jahren Autos mit Kohlenwasserstoff-Verbrennungsmotoren betrieben werden sollten, und gerade deswegen hier verzwei-

felt alle Einsparmöglichkeiten genutzt werden müssen. Richtig interessant könnte nun eine Koppelung einer Flotte von sanften Elektro-Hybrid-PKW mit dem Stromnetz werden.

Tatsächlich sind nämlich die Motoren der PKW Kraftmaschinen, und zusammen mit ihren (Hybrid-) Generatoren Kraftwerke, und beides von beachtlicher Dimension. Rechnet man bezogen auf Deutschland äußerst grob 50 Mio PKW mit einer angenommenen Leistung von derzeit je 100 kW, ergäbe das 5000 GW – also etwa das 40-fache der gesamten deutschen gesamte Kraftwerkskapazität von etwa 126 GW. Unterstellt man eine ökologisch abgespeckte Fahrzeugflotte als Elektro-Hybride mit etwa 15 kW Nennleistung des Elektromotors/Generators (aus etwa 20 kW Verbrennungsmotorleistung), so wäre das immer noch etwa das 10-fache der gesamten Kraftwerksleistung. Diese steht aber nun fast immer in Garagen und auf Parkplätzen herum. Nebenbei bemerkt: was für eine ungeheure Verschwendung!

Nun wird vorgeschlagen, einen Teil der Generatoren dieser stehenden PKW ins Stromnetz einzustecken. Bei plötzlicher und/oder besonders hoher Stromnachfrage würden – dezentral gesteuert – einige von deren Verbrennungsmotoren automatisch angeschaltet, und ihre Generatoren würden jeder binnen Sekunden etwa 10-15 kW Spitzen- bzw. Regelstrom ins Stromnetz einspeisen. Bereits wenn nur 2 % der PKW-Flotte dafür bereit stünde, entspräche das vielleicht 20 % der Höhe der Spitzen- bzw. Regelstromleistung.

Für den Fahrzeughalter könnte sich das lohnen, wenn folgende überschlägige Annahmen realistisch sind: Eine Laufzeit von drei Mal täglich sechs Minuten (also etwa 10 Std./Monat) ergeben eine Einspeisung von 100 kWh/Monat. Für die Stromversorger wäre eine Vergütung zum Satz des schnell zuschaltbaren Spitzenstroms von 3 €/kWh ein gutes Geschäft im Vergleich zu den heutigen Strombörsenpreisen (zumal praktisch keine Stromtransportkosten anfallen). Und der Fahrzeughalter hätte einen Ertrag von 300 €/Monat. Sein Treibstoffverbrauch läge dafür vielleicht bei 5 l, bei Kosten von in Zukunft vielleicht 15 € pro Monat (sogar mit Energie- oder CO<sub>2</sub>-Steuer!). Auch der Mehrverschleiß wäre vernachlässigenswert: Er entspräche rund 100 km/Monat Fahrleistung, also einer Jahreslaufleistung von zusätzlich 1200 km, und das bei schonendstem stetigen, stationären Betrieb bei optimalen Drehzahlen und Drehmomenten. Die Fahrzeuginvestitionen wären mit der angenommenen „sanften“ Elektro-Hybridtechnik vorhanden: alle Aggregate hätten in etwa eine angemessene Größe, samt Messung, Frequenz- und Leistungsregelung. Auch ein Abrechnungssystem wäre aus dem Road-Pricing System vorhanden (v. Winning 2009).

Gegebenenfalls müssten zusätzlich redundante elektronische Kontrollen der Betriebssicherheit eingebaut werden, um die Fernschaltung risikofrei zu halten. Allerdings springen bereits heutige Fahrzeugmotoren sehr narrensicher an, und angesichts der Menge der Anbieter wären Ausfälle unproblematisch sofort ersetzbar. Die Netzeinspeisung erforderte einige Vorkehrungen, die aber geringfügig wären, da auch hier 10 kW für das betroffene Niederspannungsnetz eine angemessene Größen-

ordnung wären. Das „smarte“ Stromnetz mit räumlich und zeitlich hoch differenzierter Sensor-, Kommunikations- und Regeltechnik ist ebenfalls aus verschiedensten anderen Gründen ohnehin notwendig, z.B. für die dezentrale Verbrauchsabschaltung; seine technischen Bausteine sind alle technisch möglich. Dass wir derzeit immer noch kein smart grid haben ist der eigentliche Skandal der heutigen Stromindustrie und ihrer Regulierungsbehörden.

Auch die Auswahl und Ausrüstung ausreichend vieler Parkplätze und Garagen, die – auch im Hinblick auf Schallschutz und Entlüftung – geeignet wären, erscheint möglich. Im Zeitverlauf könnten auch, parallel zur Umrüstung der Fahrzeugflotte, allmählich die baulichen Gegebenheiten angepasst werden. Denn auch eine allmähliche Einführung ist technisch-wirtschaftlich sinnvoll – man benötigt für den Beginn nicht erst eine umfangreiche Infrastruktur mit kritischer Größe.

Freilich klingt aus Sicht der Umwelt- und Energiebilanz das Konzept zunächst erstaunlich. Es bliebe zunächst bei der Karbon- und Hydrokarbon-Verbrennung zur Stromerzeugung, allerdings mit der Option, auch nach der Umstellung auf Wasserstoff zu funktionieren. Dem relativ schlechten Wirkungsgrad der Automotoren (bei Hybrids immerhin wegen des Einpunktbetriebes deutlich besserbar!) steht gegenüber, dass nur minimale Stromtransport- und -transformationsverluste entstehen. Denn man kann davon ausgehen, dass fast überall, wo kleinteilig schnell Spitzenbedarf entsteht, auch genügend von den allgegenwärtigen PKW bereitstehen, die dann ihren Strom sofort und direkt in das Niederspannungsnetz einspeisen. Außerdem sind die Kraftwerke als Autos ja ohnehin vorhanden, und die investierte Energie der vor- und nachgeordneten Energieketten ist nur sehr teilweise der Stromerzeugung zurechenbar. Schließlich lieferte das PKW-Netzwerk zwar sofort und mit höchster Leistung; aber dieser Spitzenbedarf ist so selten, dass die so fossil erzeugte Energiemenge nur sehr gering sein wird.

Die ganz große Rendite wäre aber, dass in Höhe der Nennleistung, die die PKW erzeugen könnten, Kraftwerke eingespart werden können. Eingespart, abgeschaltet oder nicht neu gebaut würden tatsächlich vielleicht bis zu 25 % der großen Atom- oder Kohle-Öfen für Grundlast und Mittellast, die sonst wie oben erläutert bereitstehen und teilweise kontinuierlich durchlaufen und emittieren würden. Und die verbleibenden Großkraftwerke verbesserten ihren Wirkungsgrad, weil weniger Überschussstrom weggekühlt werden muss. Wenn stattdessen die Motoren der Autos 5 % ihrer Steh-Zeit liefern, wäre das ein phantastisches Ergebnis im Hinblick auf alle ökologischen, ökonomischen und energetischen Wirkungsgrade. Einige wenige zusätzliche CO<sub>2</sub>-Emissionen würden insgesamt erheblich CO<sub>2</sub> einsparen.

Es gibt noch einige weitere Zusatznutzen. Es gäbe weniger Leitungen und Leitungsverluste, weil Spitzen- und Regelstrom dezentral eingespeist wird und nicht aus fernen Bergen kommt. Wenn derart mehr komplementäre spontane Spitzenstromzuschaltung möglich ist, könnte mehr Strom- und Windkraft wirksam Kohle- oder Atomkraftwerke ersetzen. Das gesamte Stromnetz würde erheblich unempfindlicher

gegen Ausfälle, etwa bei technisch, natürlich oder politisch bedingten Katastrophen oder Lieferengpässen. Denn in Notfällen könnte die als Kraftwerk geeignete PKW-Flotte unverzüglich auch wesentlich größere Teile der Stromversorgung übernehmen: rein rechnerisch wären 10 % der deutschen PKW in der Lage, allein ganz Deutschland ausreichend mit Strom zu versorgen – allerdings natürlich mit schlechterem Wirkungsgrad und mit den beschriebenen Brennstoffen (also im Krisenfall auch mit verflüssigter heimischer Kohle!). Weiterhin könnten mit derselben Technik auch die ja kleinen Batterien der Hybrids wenn nötig zu Billigstromzeiten nachgeladen werden, wenn die Rückspeisung aus dem Brems- und Schubtrieb ausnahmsweise nicht reichen sollte. Sogar die (Ab-) Wärmeleistung der stehend laufenden Fahrzeuge wäre prinzipiell noch nutzbar. Moderne Fahrzeuge müssten allerdings ohnehin im Hinblick auf Energieeinsparung völlig neue Heiz-, Kühl-, Klima-, Lüftungs- und Dämmkonzepte erhalten. Ob dann ein Mobilitäts-Wärme-Kraftkopplungs-Auto technisch nicht noch einmal mal völlig anders aussieht, könnte die Phantasie der Ingenieure anregen.

Es gilt auch, einigen fahrlässigen oder gezielten Verwechslungen vorzubeugen: Das hier gezeigte Bild ist das Gegenteil vom so genannten Plug-In-Hybrid; denn die Fahrzeuge laufen mit der Energie der Verbrennungsmotoren. Auch wird bei Spitzenstromnachfrage nicht die viel zu wertvolle Autobatterie-Ladung ins Stromnetz eingespeist (die ohnehin niemand hergeben wird). Denn eingespeist wird aus Verbrennung und Generator. Und es wird auch nicht ein getrennter und zusätzlicher Automotor in den Keller gestellt, wie VW kürzlich propagierte: der lohnt sich natürlich überhaupt nicht für eine viertel Stunde Betrieb am Tag; aber nur dann wäre der Strom wirklich wertvoll. Dass dies Gasmotoren sein sollen, macht es nicht viel besser, denn das fossile und ja auch bald knappe Gas könnte ebenso gut sonstiges antreiben. Außerdem sind Investition und Verfahren viel zu aufwändig, angesichts der Perspektiven von geothermischen Heizungen und Passivhaus-Dämmungen. Selbst wenn sich wirklich in einigen Fällen die dezentrale Wärme-Kraft-Kopplung lohnen sollte: um wie viel mehr lohnte sich dann eine Mobilitäts-Wärme-Kraft-Koppelung! An dieser Stelle sollte auch beiläufig angemerkt werden, dass aus diesen und anderen Gründen der zu Recht gelobte Toyota Prius nur der Anfang einer Entwicklung mit riesigen Potentialen sein sollte. Denn der Prius hat einen traditionellen Verbrennungsmotor. Die Hybridtechnik würde aber einen weniger dynamischen, stetig im Bestpunkt arbeitenden Einpunkt-Motor erlauben, vielleicht völlig anders konstruiert und mit nochmals wesentlich besserer Energieverwertung.

Es muss kaum erwähnt werden, dass die angesprochenen Perspektiven vielfachen Präzisierungen unterworfen werden und Berechnungen standhalten müssen. Aber es bleibt die Feststellung: Das Spektrum der technischen wirtschaftlichen Möglichkeiten ist wesentlich größer, als der gegenwärtige öffentliche Diskurs zwischen Wirtschaft, Wissenschaft und Politik vermuten lässt. Und die Innovationsbemühungen der Industrie bleiben derzeit Dimensionen hinter den Notwendigkeiten und Möglich-

keiten – gemessen an den Herausforderungen der globalen Krisen und Märkte. Das betrifft insbesondere die Analyse der und die Konsequenzen auf die Netze. Und die physischen Netze für Strom, Personen, Güter und Informationen gehören zu den wichtigsten konstituierenden Medien und Merkmalen der Netzwerkgesellschaft.

### **Smart Flow und Reformen in Wirtschaft, Politik und Wissenschaft**

Die ersten Kapitel galten der Erörterung einiger grundlegender Analysen, die eher skeptisch stimmen könnten. Wir müssen wohl aus ökologischen Gründen zähneknirschend auch (aus heutiger Zukunftssicht!) Fehlinvestitionen bis zu ihrem wirtschaftlichen Ende weiter verwenden. Das heißt aber eben gerade nicht weitermachen wie bisher: diese Fehlinvestitionen dürfen nicht erweitert werden, sondern müssen allmählich heruntergewirtschaftet werden. Einsparungen, verbesserte Zukunftskonzepte, und die Wege dahin werden noch viel dringlicher.

Der technische Detailausflug in das Beispiel der Regelstrom erzeugenden Autos sollte andeuten, dass jenseits von Mainstream, Stagnation und leeren Versprechungen konkrete und keineswegs beliebige Verbesserungspotentiale Richtung Nachhaltigkeit liegen. Das Beispiel deutet aber auch die Schwierigkeiten an. Wie könnten wohl die zwei am wenigsten innovativen Branchen – Strom und PKW – mit ihren wissenschaftlichen Institutionen dazu veranlasst werden zu kooperieren? Und wie bringt man sie dazu, innovativ zu sein, mit der Gefahr, ihre bisherige Tätigkeit in Frage stellen zu müssen, und mit der Aussicht, mit viel Aufwand und Mühe zunächst ihrer beider nationalen Umsatz zu verringern? Auch wenn danach die phantastische Aussicht auf einige Jahrzehnte erneuter Weltmarktführung bestünde? Auch wenn im anderen Fall der Handel mit Symbolen, deren Inhalt verloren gegangen ist, auf dem Weltmarkt nur ein kurzes Leben haben wird?

Daher muss auch über institutionelle Reformen in größerem Umfang nachgedacht werden. Hierzu sollen als Schlussfolgerung und Schlussbetrachtung einige Perspektiven angedeutet werden.

Die Netze der Netzwerkgesellschaft sollten intelligenter werden: „Smart Grids“ können freie Kapazitäten und Überlastungen ausgleichen und bessere „Verkehrsregeln“ in den Netzen realisieren. Eine dieser Regeln muss heißen: Distanzüberwindung muss vom Nutzer einzeln bezahlt werden. Erst dann verlieren Distanz und Mobilität ihren Mythos und Nähe und Ort erhalten ihre angemessene Bedeutung. Nachdem heute auch Mikro-Abrechnungen möglich sind, sollte bei der Raumüberwindung auf den heilsamen Mechanismus von Preis und Zahlungsbereitschaft nicht verzichtet werden. Eine Nachfrage nach Netzgröße und Transport ist erst dann in Größe und teilräumlichen Qualitäten legitimiert, wenn sie von den Nutzern durch Straßenmaut (v. Winning 2009), Stromleitungsmaut, oder Datenmaut einzeln, detailliert und kostendeckend bezahlt werden oder auch durch Nicht-Zahlen und Einsparen verweigert werden kann. Erst auf dieser Basis wären dann gegebenenfalls politisch

begründete, gezielte und transparente Subventionen für Teilräume, Transportarten oder soziale Gruppen legitimiert.

Außerdem legt Netzmaut teilräumlich (also städtebaulich und regional) unterschiedliche Angebote in Preis oder Standard nahe. Denn Kosten und Nachfrage nach Daten-, Strom- oder Auto-Bahnen sind extrem unterschiedlich, je nachdem ob es sich um den Alpenraum, nordhessische Städtenetze, oder das Ostseeufer handelt, oder um urbane Dichte oder zersiedelte Dispersion. Und es ist keineswegs zwingend dass die Netzwerkgesellschaft überall qualitativ und quantitativ gleich gemacht werden müsse. Das Ziel der „Gleichheit“ der Teilräume ist (bei Raumordnung, Infrastruktur und vielen anderen Bereichen) sowohl politisch überholt als auch ökologisch nicht angemessen (v. Winning 2007b). Unterschiedliche Benutzungspreise hätten z.B. sehr heilsame Wirkungen gegen die extrem uneffiziente Zersiedelung (v. Winning 2007a). Das könnte z.B. eine wesentlich gestärkte Bundesnetzagentur für alle Netze vorantreiben. Die Netze müssen nach strengen Kosten-Nutzen-Kriterien erstellt und betrieben werden. Dennoch sollten sie in der Verfügung der Gebietskörperschaften bleiben, denn durch Gebietsmonopolcharakter und sehr langfristige und träge Marktmechanismen scheint die Organisation der Netze als rein private Kapitalgesellschaften nicht angemessen.

Wirtschaft und Politik sollten in Theorie und Praxis ihre historisch gewachsenen Eigenschaften und Aufgabenteilungen neu bestimmen. Die Wirtschaft muss in Unternehmen und Rahmenbedingungen mehr Raumbezug erhalten. Dazu gehören mehr Standortverantwortung (z.B. Beschäftigte, Umwelt), und differenziertere Unterscheidungen, z.B. von Kooperation und Konkurrenz, von Konsum und Investition, von Zukunftsbewertung und Spekulation, oder von Finanzwirtschaft und Realwirtschaft. Reformen bei den Gebietskörperschaften könnten eine angemessene Anwendung einiger ökonomischer Merkmale und Verfahren (z.B. Bilanzierung, Preissysteme) enthalten, insbesondere bei Netzen, Transport und Raumüberwindung. Und besonders die Transportnetze, die ja idealer Weise kontinuierlich und quasi endlos Grenzen überschreiten und trotzdem öffentlich bleiben sollen, bräuchten mehr und bessere föderale Instrumente. Zur Vermeidung von Zentralisierungsreflexen und -effekten könnten Zweckverbände weiterentwickelt und grenzüberschreitende politische Brückenmandate, Brückenzuständigkeiten und Brückenverwaltungen gebildet werden. Selbst bei Spinnen heißt Netzwerk nur selten eine dicke Spinne in der Mitte, sondern meist allseitig höchst unterschiedliche Verknüpfungen (Dawkins 2008).

Die Verjüngung der Macht würde ein übergeordnetes Problem angehen, nämlich das vergleichsweise geringere Zukunftsinteresse der zu alten EntscheidungsträgerInnen. Politisch könnte man Wahlrecht ab der Geburt einführen (natürlich vertreten durch die Eltern) und ab 70 Jahren enden lassen. Und wirtschaftlich könnte man die Vererbung von Investivkapital altersabhängig progressiv und am Ende hoch besteuern. Damit würden alle politischen und die wichtigen wirtschaftlichen Entscheidungen tendenziell langfristiger sowie vielleicht 20 Jahre „jugendlicher“. Die einfluss-

reichste Altersgruppe läge danach vielleicht um die 50 statt um die 70. Die Mitbestimmung über und die Betroffenheit durch die Folgen der Entscheidungen würden – als Gerechtigkeitsaspekt – kongruenter, und generell zukunftsfreudiger. In einer Art unblutiger Kulturrevolution könnte das alte Europa in der Konkurrenz mit den jungen wachsenden Teilen der Weltgesellschaften vielleicht eher Chancen auf Innovationsvorsprung wahren.

Abschließend soll hier die Befreiung der Wissenschaft als besonders innovationsrelevantem Bereich gefordert werden: von ihren internen Verkrustungen, und von der Gängelung durch Politik und Wirtschaft. Das Bild der unblutigen Kulturrevolution reflektiert nämlich einen weiteren vielleicht unterschätzen positiven Effekt des Experiments des heute so erfolgreiche China vor 50 Jahren: Die Kulturrevolution hat nicht nur verjüngt, sondern die erstarrten Wissenschafts- und Fachdisziplinen auf brutalste Weise zerschlagen und damit zu Erneuerungen gezwungen. Tatsächlich gibt es auch bei uns höchst verfestigte Hierarchien von Berufs- und Fachverbänden, von Fakultäten und Fachrichtungen an Universitäten und Großforschungseinrichtungen. Auch hier gibt es innovationsfeindliche Gerontokratien, die trotz gegenteiliger Propaganda im Kern nur Gehorsam unter die Welt von gestern einfordern.

Junge Studenten und Wissenschaftler sollten nicht durch künstlichen (Konkurrenz-)Druck ihre Zeit mit dem Verbeißen von konkurrierenden Kollegen oder Fachrichtungen verschwenden. Sie sollten nicht durch Zeitverträge, Evaluierungen oder Zertifizierungen in den Gehorsam gegenüber den Forschungs- und Lehrinhalten der Vergangenheit gezwungen werden. Sie sollten nicht dem Merkmal Employability (als Gehorsam gegenüber den Arbeitgebern von gestern), oder dem Merkmal Eliteuniversität (als Gehorsam gegenüber den Doyens von gestern), oder dem Merkmal „Drittmittel“ (als Gehorsam gegenüber den kurzfristigen Wirtschafts- oder Politikinteressen) ausgesetzt werden. Nur geistig und materiell unabhängige Wissenschaftler sind ausreichend (selbst-) sicher für Risiken der Zukunftsfähigkeit. Einige Reformstichworte dazu wären: freies Stiftungskapital für viele kleine Universitäten ohne oder nur mit sehr langfristigen externen Einflussmöglichkeiten; Sicherung der Unabhängigkeit durch Drittmittelverbot für Universitäten und ihr Personal; Obergrenzen für das Durchschnittsalter in Steuerungsgremien, Berufungskommissionen, DFG-Gutachtergremien u.ä. (z.B. Durchschnittsaltersquote unter 50 Jahre); keine peer reviews, denn diese nivellieren die Spitzen weg. Und schließlich wichtig: Mindestquoten für fachübergreifende Brücken-Studiengänge (z.B. Bachelor in Medizin, Master in Bauingenieurwesen!); das könnte verkrustete Fachlager aufbrechen und die in Fachrichtungen zerfallende Gesellschaft wieder über die Lagergrenzen hinweg vernetzen.

Zum Abschluss erlaubt sich der Verfasser (Jahrgang 1944) noch vier Schlussbemerkungen:

- Räumliche Netzwerke sind der Schlüssel für erfolgreiche Kooperation und Wettbewerb. Technisch-ökonomisch weisen sie große Defizite und Potentiale auf.
- Die letzte politische und wirtschaftliche Verantwortung sollte von der Generation der 70-jährigen auf die Generation der 50-jährigen verlagert werden.
- Dieser Essay enthält viele PBI's – partly baked ideas. Wenn Leser diese als Anlass zum weiter Denken und weiter Diskutieren verstehen, ist sein Zweck erfüllt.
- Die Zukunft ist es wert. Sie ist offen, und sie besteht aus kleinen, aber schnellen und gleichzeitig mühevollen Schritten: There is no free lunch. But there is lunch.

## Literatur

- Bockhorst, Michael 1999: Energielexikon auf [www.energieinfo.de](http://www.energieinfo.de).
- Castells, Manuel 2009: *The Rise of the Network Society. The Information Age: Economy, Society, and Culture. Vol.1, 2<sup>nd</sup>*. London.
- Dawkins, Richard 2008: *Gipfel des Unwahrscheinlichen*, Neuausgabe. Reinbek b. Hamburg.
- Droege, Peter (Ed.) 2009: *100% Renewable, Energy Autonomy in Action*. London.
- Dürrenmatt, Friedrich 1998: *Die Physiker Neufassung 1980*. 25. Aufl., Zürich.
- Feyerabend, Paul 1984: *Wissenschaft als Kunst*. Frankfurt am Main.
- Hasche, Bernhard u.a. 2006: *Verteilte Erzeugung im deutschen Energiesystem. AP 1.1 im Projekt NetMod*. IER, Universität Stuttgart.
- Krug, Henning 2006: *Räumliche Wahlmöglichkeiten als Effizienzkriterium für Siedlung und Verkehr. Szenarien – Modellrechnung – Vergleichende Bewertung*. Kassel 2006, [http://www.verkehrsplanung.de/material\\_krug/DissKrug.pdf](http://www.verkehrsplanung.de/material_krug/DissKrug.pdf).
- Sinn, Hans-Werner 2008: *Das grüne Paradoxon – Plädoyer für eine illusionsfreie Klimapolitik*. Berlin.
- Tillmetz, Werner o.J.: [http://www.die-umwelt-akademie.de/index.php?view=article&catid=55%3Arueckblick&id=145%3Abatterien-und-brennstoffzellen-schlueseltechnologien-fuer-eine-nachhaltige-mobilitaet&format=pdf&option=com\\_content&Itemid=78](http://www.die-umwelt-akademie.de/index.php?view=article&catid=55%3Arueckblick&id=145%3Abatterien-und-brennstoffzellen-schlueseltechnologien-fuer-eine-nachhaltige-mobilitaet&format=pdf&option=com_content&Itemid=78)
- Unzicker, Alexander 2010: *Vom Urknall zum Durchknall. Die absurde Jagd nach der Weltformel*. Berlin
- Werber, Niels 2007: *Die Geopolitik der Literatur. Eine Vermessung der medialen Welt-raumordnung*. München
- Winning, Hans-Henning von 1999: *Towards a Non-Competitive Motoring System: Unexplored Opportunities for Social, Cultural, Ecological and Economical Progress*. In: Sucharov, L. J. (Ed.): *Urban Transport V*. Southampton / Boston, S. 599-608, <http://www.verkehrsplanung.de/hpalt/TowardsANonComp/TowardsANonComp.html>
- Winning, Hans-Henning von 2004: *Urban Money beats Global Money, Some Considerations about Distances and Values*. In *MONU – Magazine on Urbanism*, Kassel, June 2004. [http://www.verkehrsplanung.de/material\\_winning/UrbanGlobalMoney.pdf](http://www.verkehrsplanung.de/material_winning/UrbanGlobalMoney.pdf)
- Winning, Hans-Henning von 2007a: *Road Pricing gegen Zersiedelung*. in: *tec 21, Heft 7, S.28 ff.*, Zürich. [http://www.verkehrsplanung.de/material\\_winning/roadpricing-gegenzersiedelung.pdf](http://www.verkehrsplanung.de/material_winning/roadpricing-gegenzersiedelung.pdf)
- Winning, Hans-Henning von 2007b: *Urbane Netze im Autoland – Zukunftsbild, Anwendung, Konsequenzen, Offene Fragen*. In: *Nachhaltige Raumentwicklung*. Hrsg.: IAR Hochschule Liechtenstein. Petersberg [http://www.verkehrsplanung.de/material\\_winning/urbaneNetze.pdf](http://www.verkehrsplanung.de/material_winning/urbaneNetze.pdf)
- Winning, Hans-Henning von 2009: *Auto und autoorientierte Regionen: Einige Reformvorschläge für eine nachhaltige Zukunft*. In: *Verkehr in der Forschung*, Hrsg: T. Mager / J. Klühspies, ksv-verlag. [http://www.verkehrsplanung.de/material\\_winning/autoorientiertereregionen.pdf](http://www.verkehrsplanung.de/material_winning/autoorientiertereregionen.pdf)
- Winning, Hans-Henning von 2010: *Sanft hintereinander her fahren! Wie der (Rest-) Autoverkehr sofort und dauerhaft ökologisiert werden könnte*. In: *mobilogisch Berlin* [http://www.verkehrsplanung.de/material\\_winning/sanfthinterherfahren.pdf](http://www.verkehrsplanung.de/material_winning/sanfthinterherfahren.pdf)