

Dr. Harald Bradke, Fraunhofer-Institut für Systemtechnik und Innovationsforschung (ISI)

Allgemeine Fragen

1. Sie haben die o. g. Technikbereiche zur Kenntnis genommen. Fehlen nach Ihrer Ansicht Technikbereiche, die als wesentliches Feld im Jahre 2050 merklich zum Klimaschutz in Westeuropa beitragen dürften (z. B. höhere Materialeffizienz und Recycling energieintensiver Werkstoffe)?

Wenn ja, welche und warum (abgesehen von der Verkehrstechnik, die separat Thema einer Anhörung sein wird)? Wenn ja, welche Bedeutung hätte dieses Technologiefeld für den Klimaschutz bis 2050?

Ja, es fehlen sämtliche **Elektroanwendungen** in privaten Haushalten und dem Dienstleistungs- sowie Landwirtschaftssektor. Diese benötigen mehr als die Hälfte des heutigen Strombedarfs. Hiervon werden rund 40 % für Raumwärme, Warmwasser und Prozesswärme benötigt; ein Großteil ließe sich durch Brennstoffe substituieren (Kochen, Wäsche trocknen, Heizen etc. mit Gas). Der Strombedarf für Kraft, Beleuchtung, Information/Kommunikation wird in Zukunft aufgrund vielfältiger neuer Anwendungen noch zunehmen, aber auch hier existieren vielfältige Einsparoptionen, z. B. neue hocheffiziente Pumpen, Flüssigkristallbildschirme, reduzierte Bereitschaftsverluste, effizientere Beleuchtungssysteme, supergedämmte Kühlgeräte etc.

2. Wenn Westeuropa bis 2050 seine energiebedingten Treibhausgasemissionen um zwei Drittel bis 80 % gegenüber 1990 vermindern müsste, für welche Technologiefelder stehen heute schon wichtige emissionsarme (oder -freie) Technologien bereit, die wegen langer Re-Investitionszyklen schon im kommenden Jahrzehnt marktfähig entwickelt und politisch durch entsprechende Rahmenbedingungen gefördert werden müssten?

Um eine kostenminimale Struktur zur Mitte des kommenden Jahrhunderts zu erreichen, sind Vorlaufzeiten notwendig, die die Entwicklungszeit, die Demonstrationsphase und eine Marktdurchdringung der betroffenen Technologie im normalen Reinvestitionszyklus berücksichtigen. Dabei können die Erfordernisse des langfristigen Kostenminimums im Widerspruch stehen zu kurz- und mittelfristigen, kostengünstigeren Entscheidungen, die jedoch das Ziel der drastischen CO₂-Reduktion verfehlen.

Angesichts der langen Lebensdauer von vielen Produktionsanlagen und Energie- sowie Verkehrsinfrastruktur wird der frühzeitige Entscheidungs- und Handlungsbedarf im Bereich von Forschungs- und Entwicklungsanstrengungen und in der Energiepolitik in folgenden Bereichen deutlich:

- (1) Die Verminderung des Energieverbrauchs im Bereich der **Raumwärme** (nicht nur Wohnungsbau, sondern auch Nichtwohnbauten einschließlich Fabrikgebäuden) setzt eine kontinuierliche Verbesserung des Dämmstandards sowohl bei Neu- als auch bei Altbauten vom heutigen Tage an voraus.
- (2) Bei einer konsequenten Zusteuerung auf die CO₂-Minderung von 80 % dürften ab sofort keine neuen Kraftwerke ohne CO₂-Rückhaltung gebaut werden.
- (3) Aufgrund der langen Lebensdauer der **Leitungsinfrastruktur** bei Gas und Fernwärme müssen spätestens ab dem Jahr 2010 das langfristige Ziel der CO₂-Reduktion berücksichtigt und eine Infrastruktur für eine CO₂-freie Wärmeversorgung (solare Nahwärmespeicher und Leitungen) aufgebaut werden. Ein weiterer Ausbau und Reinvestitionen des Gasnetzes im Bereich der Hauswärmeversorgung sollten mit Berücksichtigung einer möglichen Wasserstoffnutzung erfolgen.
- (4) Ab dem Jahr 2010 müsste mit dem Einsatz von **hocheffizienten fossilbefeuernten Kraftwerken** (IG-CC, IG-SOFC) begonnen werden. Die Technologie der CO₂-Abscheidung und der Entsorgung (in leeren Erdgasfeldern und Aquiferen) müsste erprobt werden, wenn sie langfristig - auch hinsichtlich der Standortfrage von Kraftwerken - eine Rolle spielen soll.

- (5) Ab dem Jahr 2015 bzw. 2020 müssen **neue Produktionsverfahren** mit entscheidend niedrigerem Energieverbrauch z. B. im Bereich der Eisen- und Stahlindustrie (Dünbandgießen, Spraysen u. ä.), der NE-Metalle (Schäume, hohe Recyclingquoten) oder der Glasindustrie (Sauerstoffbrenner, Abhitzenutzung, Gemengevorwärmung) eingeführt sein. Ähnliches gilt für die übrigen Industriebranchen zu späteren Zeitpunkten in Abhängigkeit der Reinvestitionszyklen. Die kontinuierliche Weiterentwicklung und der konsequente Einsatz von Querschnittstechnologien (Abwärmenutzung, neue Trocknungs- und Trennverfahren etc.) müssen erfolgen.
- (6) Ab 2020 muss der konsequente Aufbau von Erzeugungskapazitäten von **Biomasse** zur energetischen Nutzung und von kleinen bis mittleren KWK-Anlagen zu ihrer Verwendung (BIG-CC - „Biomass Integrated Gasification-Combined Cycle“) begonnen werden. Ab 2030 müssen in größerem Umfang andere Stromerzeugungskapazitäten auf Basis erneuerbarer Energiequellen, insbesondere **Windkraft** im Offshore-Bereich, aufgebaut werden. Beim Lastmanagement muss der wachsende Anteil an dezentralen, z. T. fluktuierenden Kapazitäten eingebunden werden.
- (7) Aus dem Blickwinkel des CO₂-Reduktionszieles müsste spätestens ab 2035 im **Straßenverkehr** der Einsatz von Elektroantrieben mit Batteriespeicher bzw. mit PEM-Brennstoffzellen und Wasserstoffspeicher beginnen.

3. Bei welchen System-Innovationen der Energienutzung oder -versorgung sehen Sie große Effizienzverbesserungs- oder Emissionsminderungspotentiale, aber zugleich sehr große Einführungshemmnisse und -zeiten? Welche Hemmnisse und vorhanden Strukturen sind das?

Zu den großen **Systeminnovationen** zählen die Gestaltung von Städten und Ballungsgebieten mit ihren verschiedenen Funktionen, aber auch der Gestaltung von Industrie- und Gewerbegebieten selbst. Die energetische und speziell die exergetische Bewertung ist bis heute kein Gestaltungskriterium von Siedlungsgebieten und Stadtanierungen. Ökonomische und vordergründig emissionsseitige Bewertungskriterien dominieren die

Siedlungs- und Sanierungsentscheidungen in den meisten Fällen. Die Kurzfristigkeit des Investitionsdenkens, die fragwürdigen Methoden der Wirtschaftlichkeitsvergleiche (nicht systemisch, ohne Ansehen der externen Kosten und der begleitenden positiven Effekte, Abdiskontierung langfristiger Nutzen und Kosten) und ungleiche Interventionsstärken einzelner Interessengruppen sind Hauptursachen für die ausbleibenden Systeminnovationen.

4. Sehen Sie für die o. g. sieben Technologiebereiche und ihre Systemaspekte heutzutage hinreichend Aufmerksamkeit bei den Technischen Hochschulen, Universitäten und sonstigen nicht-universitären Forschungseinrichtungen oder bei der Technologieförderung des Staates auf Landes-, Bundes- und EU-Ebene? Sehen Sie hinreichend Aufmerksamkeit in den FuE-Labors der betroffenen Industriezweige? Wenn nein, welche Gründe sehen Sie für die unzureichende Aufmerksamkeit bzw. unzureichende Aktivitäten?

Gemessen am Problemdruck (Klimawandel) und an den Chancen (Innovationen, Exportpotenziale, nachhaltige Entwicklung weltweit) ist die Aufmerksamkeit in allen genannten Bereichen zu gering, aber zudem unproportioniert (aus verständlichen Gründen) verteilt:

- Die **Anreizsysteme im Wissenschaftsbereich** fördern in aller Regel durch die Fachdisziplinen gerade nicht die systemische Forschung, sondern die Ausdifferenzierung an Tausenden von "Forschungsfronten" durch Promotionen, Habilitationen und Fachpublikationen. Ansätze systemischer Forschung sind wenig intensiv (da nicht attraktiv), häufig nicht mit dem besten Personal ausgestattet (Nobelpreisgeeignete haben hier keine Chance) und eher ein Stiefkind der Forschungsförderinstitutionen und der Forschungspolitik.
- Einige Technologiebereiche, im wesentlichen der **Energiewandlung**, werden **einseitig vom Wissenschafts- und Politiksystem bevorzugt**. Die erneuerbaren Energien erhalten, relativ zur Energieeffizienz, eine zu große Aufmerksamkeit und zu wenig differenzierte Forschungs- und Markteintrittsförderung, die Fusionsenergie-Forschung

erscheint einer Re-Evaluierung durch Tabuisierung entzogen zu sein, und die Brennstoffzellentechnik, obwohl um einen Faktor 5 bis 15 von der Wirtschaftlichkeit entfernt, erhält eine weltweite Aufmerksamkeit, die einmal mehr zeigt, dass andere als technisch-ökonomische Potenziale die Forschungs- und Markteinführungspolitik mitbestimmen: die Monofunktionalität der jeweiligen Energietechnik, ihre Medieneignung, ihre (scheinbar) leichte Verständlichkeit, ihre positive Akzeptabilität beim Wähler.

- **Unzureichend beachtet** werden auch die **Wechselwirkungen zwischen Einsatzpotenzial neuer profitabler Technologien /bestehende Hemmnisse/ organisatorische und unternehmerische Innovationen**, um die Syndromhaftigkeit der Hemmnisbündel effizient aufzulösen. Beispiele hierzu sind die verschiedenen Formen von Contracting, Gebäude-, Geräte- und Maschinen-Leasing bzw. Vermietung, Mobilitätskonzepte, Car-Sharing u.a.

Wenn in diesen Gebieten nicht erhebliche Fortschritte und **mehr Gleichgewicht zugunsten der Energieeffizienz** erreicht werden, wird Klimaschutz oder Anpassung an Klimawandel relativ teuer werden und eine nachhaltige Energienutzung kaum realisierbar sein.

Industrieprozesse (Energieeffizienz, neue Technologien)

9. Welche technologischen Entwicklungen lassen langfristig (z. B. in den kommenden drei bis fünf Jahrzehnten) eine wesentliche Reduktion des spezifischen Energieverbrauchs von Industrieprozessen erwarten? Wie groß sind ihre Energieeinsparpotentiale in den einzelnen Industriesektoren oder Technologiebereichen (z. B. Trocknung, Stofftrennung, Hochtemperaturverfahren, Zerkleinern, Formgebung, etc.)?

Wesentliche Technologien könnten aus heutiger Sicht und unter der Annahme der verbesserten Situation der unter Frage 3 und 4 gemachten Vorbehalte folgende sein:

- verbesserte mechanische **Trocknung** statt thermischer Trocknung, zum Teil Substitution wässriger Verfahren durch solche mit anderen flüssigen oder gasförmigen Medien; spezifische Potenziale zwischen 20 % und 90 %; Trocknung durch Membran-, Adsorptions-, Absorptions- und Extraktions- sowie Elektro-Vorhaben anstelle von thermischen Verfahren; spezifische Potenziale zwischen 15 und 80 %;
- **Hochtemperaturverfahren** haben entweder geringe Verbesserungsmöglichkeiten durch verbesserte Regelung der Prozesse (ca. 1 bis 5 %) bzw. der Abwärmenutzung (ca. 2 bis 10 %).
- **Zerkleinerungsverfahren** haben immer noch ein hohes theoretisches Potenzial durch Verfahrensverbesserungen, Verfahrenscascading und –substitutionen, zum Teil auch durch Kältebehandlung (Potenziale zwischen 10 und 50 %).
- Es bestehen auch vielfach Möglichkeiten intensiveren **Material-Recyclings**, da Sekundärmaterialerzeugung meist deutlich weniger energieintensiv ist (ca. 10 bis 50 %), insbesondere bei Berücksichtigung der vorgelagerten Produktionsschritte wie Bergbau etc. Diese Potenziale sind in Deutschland jedoch schon zu einem großen Teil ausgeschöpft.
- Interessanter sind daher **Verfahrenssubstitutionen** (z. B. Oberflächenhärten von Stahl durch Elektroverfahren statt Öfen) oder Produktveränderungen oder Produktsubstitutionen (z. B. mehr Hochofenzement statt Portlandzement oder Holznutzung statt Stahl- oder Kunststoffnutzung). Hier liegen die Energieeinsparpotenziale zwischen 30 und 80 %.

Insgesamt lässt sich feststellen, dass **die größeren** (aber langfristig realisierbaren) **Potenziale in der Verfahrenssubstitution und der Produktsubstitution** liegen (meist zwischen 30 und 80 %).

10. Welche Rolle spielen vermutlich dabei in Zukunft die Biotechnologie, die Membrantechnik, die Nanotechnik, Adsorptions-Verfahren und andere physikalisch-chemische Verfahren? Welche Rolle spielen neue Katalysatoren, neue Materialien (inkl. Spraysen oder Porosieren von Metallen), ein verstärktes Recycling

energie- und werkstoffintensiver Materialien, neue Konstruktionsprinzipien oder die Werkstoffsubstitution?

Die physikalisch-chemischen, die biotechnologischen und elektrophysikalischen Verfahren spielen zunächst wegen ihrer hohen Kosten in denjenigen Branchen und Produkten eine Schrittmacherrolle, in denen die Wertschöpfung relativ hoch ist und die neuen Verfahren **auch andere Vorteile als Energieeffizienz mit sich bringen**, darunter insbesondere Produktqualität, Erhalt von Aroma- und Wirkstoffen (Pharmaka), Gleichmäßigkeit von Farb- und Oberflächeneigenschaften, Selektivität des Trennens und viele andere Merkmale. Die Potenziale für Lern- und Skaleneffekte, d. h. für Kostenreduktion sind enorm groß, werden aber nur zum geringsten Teil erkannt und als solche bewusst in FuE ins Auge gefasst (Ausnahme: Brennstoffzellen). Auch neue Katalysatoren, z. B. Metallocene der 5. Generation, werden heute im wesentlichen unter Qualitätsgesichtspunkten entwickelt. Man will teure Polykondensate und –addate durch kostengünstigere Polymerisate und Co-Polymerisate mit bestimmten Werkstoffeigenschaften (z. B. Transluzenz, Steifigkeit, Elastizität, Festigkeit) ersetzen. Dass hierbei auch in erheblichem Umfang Energie eingespart und auch Recycling-Potenziale eröffnet werden, ist häufig eher ein Nebeneffekt dieser Entwicklungen. (Effizienzpotenziale zwischen 10 und 40 %).

Das Spraysen von Aluminiumblechen, das "Dünnstband"-Gießen von Stahl und ähnliche Entwicklungen bei NE-Metallen sind nicht nur für das ersatzlose Streichen ganzer (energieintensiver) Prozesse von Bedeutung (d. h. sie vermindern die Kapital- und Arbeitsintensität), sondern haben durch die schnelle Abkühlung teilweise weitere Vorteile sehr kleiner Kristallstrukturen (Qualitätsaspekt).

Ein verstärktes Recycling energieintensiver Werkstoffe ist in vielen Fällen energetisch ein Gewinn, wenn auch zusätzlich Energie für Sammeln, Sortieren, Schreddern und Transport aufgewandt werden muss (Effizienzpotenziale zwischen 10 und 50 % im Verfahrensvergleich).

11. Wenn Sie sich alle diese technologischen Möglichkeiten vor Augen halten, auf welche Gebiete sollte sich staatliche Forschungsförderung konzentrieren? Können Sie für Ihre Empfehlungen stichwortartig Ihre Begründung nennen?

Die in Frage 10 genannten Technologiebereiche sind langfristig nicht nur für eine nachhaltige Energienutzung in der Industrie von Bedeutung, sondern auch unter innovations- und außenhandelspolitischen Aspekten. Die Technologien der Energiewandler haben in der industriellen FuE sowie durch die Förderung seitens der EU und des Bundes (auch einige Bundesländer) derzeit relativ gute Aufmerksamkeit von FuE, nicht aber die neuen Verfahren mit deutlich geringerem spezifischen Energiebedarf auf der Nutzenergieebene; die Gründe sind u. a. (vgl. auch Enquête-Kommission, 1990):

- Vielfalt der Technologien, die dem "Energieforscher" unbekannt und fachlich schwer zugänglich sind;
- die fehlenden Kenntnisse über die Energieeffizienzpotenziale der neuen industriellen Prozesse, ihrer Lern-, Skalen- und Kostendegressionseffekte (als Potenzial), weil sich die an FuE-Projekten Beteiligten nur auf ganz bestimmte Produktionslinien konzentrieren, nicht aber das technologieimmanente Potenzial für andere Branchen sehen;
- die schlechte Medieneignung der Technologien und damit ihre Vernachlässigung durch Fachpresse und Politik

Die **staatliche Forschungsförderung** sollte daher diese Mängel kompensieren, bewusst den Querschnittsaspekt neuer Technologien für als geeignet erscheinende Branchen zu beachten (z. B. Membrantechnik bei Pharmaka, Nahrungsmitteln, Lösemittelreinigung, Raffinerien). Sie sollte prüfen,

- inwieweit Pilotanlagen derartiger Querschnittstechnologien Klarheiten zur technischen Machbarkeit in einzelnen Anwendungen und ihre wirtschaftlichen Aussichten beitragen können;
- welche bestimmten anwendungsorientierten, aber grundlegende FuE-Arbeiten notwendig sind, um bestimmte technische Schwierigkeiten zu überwinden (z. B. Selektivität von Membranen, mathematische Simulation von Erstarrungs- oder Trocknungsprozessen),

- welche Lern- und Skalen- sowie Kostendegressionspotenziale erreichbar sind, wenn man bestimmte staatliche Maßnahmen zum Innovationsdurchbruch und zur Anfangs-Marktdiffusion einsetzen müsste.

Hierzu wäre es gut, wenn BMBF/BMWi querschnittshaft durch ihre Fachprogramme die Frage der Energieeffizienz auf der Nutzenergie-Ebene verfolgen würde.

12. Welche organisatorischen, unternehmerischen und rechtlichen Innovationen halten Sie für erforderlich, um die Energieintensität der industriellen Produktion und der Nutzung von Industriegütern zu reduzieren (z. B. Geräte-, Maschinen-, Fahrzeug- und Anlagen-Leasing? Re-Use von Teilkomponenten von Maschinen und Anlagen?). Welche rechtlichen Rahmenbedingungen oder technologischen Neuerungen würden diese Entwicklungen erleichtern?

Das **Mieten oder Leasen** von Anlagen, Geräten und Maschinen hat im wesentlichen aus Energieeffizienzaspekten zwei positive Seiten: die richtige Dimensionierung der energetischen Leistung der geliehenen oder geleasteten Anlage bzw. Maschine und/oder eine Nutzungsintensivierung, weil mehrere Nutzer die Nutzungszeiten der Anlage/Maschine erhöhen und damit den spezifischen Materialeinsatz für die gewünschten Energiedienstleistungen vermindern. Das Einsparpotenzial kann häufig über 50 % und weit mehr (beim Vermieten) betragen. Die Wiederverwendung von Teilkomponenten langlebiger Gebrauchs- und Investitionsgüter kann eine ähnliche energetische Wirkung wie das Recycling oder das Vermieten erreichen. Die reine Nutzungsdauerverlängerung von „energieverbrauchenden“ Maschinen und Anlagen ist wegen der damit verbundenen langsameren Marktdurchdringung neuer energieeffizienterer Techniken im Einzelfall abzuwägen.

Als technologische Neuerungen sind für Leasing und Vermieten von beweglichen Anlagen und Fahrzeugen insbesondere die **produktbegleitenden Informationssysteme** wichtig, die dem Vermieter eine Information geben, wie pfleglich oder rau der Leasingnehmer oder Mieter sein Miet-/Leasingobjekt benützt und damit eine Preisdifferenzie-

nung ermöglicht wird. Dies würde auch die rechtlichen und versicherungstechnischen Rahmenbedingungen verbessern.

13. Welche Bedingungen müssten gegeben sein, damit man neue (und alte) Gewerbe- und Industriegebiete auch unter thermodynamischen Gesichtspunkten plant bzw. bei Schließungen bestehender Betriebe umstrukturiert, d.h. die Abwärme energieintensiver zentral gelegener Betriebe als Nutzwärme in umliegenden Betrieben in Form einer Wärme-kaskadennutzung weiterverwendet?

Die Siedlungs- und Raumplanung müsste **diesen Aspekt in ihren Kriterienkatalog aufnehmen**. Bei Industrieneuansiedlungen könnte man die Frage eines räumlichen Energienutzungsgefälles einschließlich umliegender Büro- und Wohngebäude als Niedertemperatur-Verbraucher dann jeweils bei Ausschreibungen, Bewerbungen, Marketing und Entscheidungen berücksichtigen. Dieses Kriterium wäre ja auch wegen des Kosteneinsparpotenzials im Sinne der sich ansiedelnden Betriebe. Wegen erforderlicher kurzer Wege für Wärme-, Kälte- und Drucklufttransport wäre auch auf eine platzsparende Auslegung der neuen Betriebe zu achten (z. B. Hochregallager, Produktion in mehreren Ebenen). Dies hätte auch den Vorteil, dass Siedlungsflächen besser genutzt und der Landschaftsverband von derzeit 30 ha/Tag reduziert werden könnte.

Allerdings ist es aus organisatorischen und betriebswirtschaftlichen Gründen einfacher, die Abwärme im anfallenden Betrieb zu nutzen. Aufgrund verfahrenstechnischer Verbesserungen wird zukünftig auch deutlich weniger Abwärme anfallen.

Kraftwerkstechnik und neue Umwandlungstechnologien

27. Welche Anwendungsbereiche der Abwärmenutzung durch ORC-Anlagen, bzw. Wärmetransformatoren, sehen Sie? Inwieweit besteht hier eine ähnliche Situation bezüglich der derzeit hohen Anlagekosten wie bei der Brennstoffzellen-Technik, bei der man die ökonomische Wettbewerbsfähigkeit durch Großserienproduktion zu erreichen sucht? Warum versucht man dies nicht bei ORC-Anlagen und Wärmetransformatoren, obwohl die erforderliche Kostenreduktion wesentlich geringer wäre, als bei der Brennstoffzellen-Technik?

Der Einsatz von **ORC-Anlagen** kann überall dort erfolgen, wo in hohem Umfang Hoch- oder Mitteltemperaturabwärme entsteht, die unter Energie- und Kostenaspekten nicht anderweitig genutzt werden kann, d. h. in vielen Prozessen der Grundstoffindustrie. Ähnliches gilt für die Wärmetransformation im Temperaturbereich zwischen 140 und 300 °C. Beide Techniken sind nicht mehr als einen Faktor zwei von der Wirtschaftlichkeit entfernt (die Brennstoffzelle einen Faktor 5 bis 15). Gründe dieser Diskrepanz:

- diese Techniken erreichen als Querschnittstechniken erst bei Einsatz in möglichst vielen geeigneten Fällen, d. h. in mehreren Branchen und vielleicht EU-weit ihre Skaleneffekte;
- die Anlagen sind relativ groß und das Einzelrisiko von Hersteller und Anwender wird als groß eingeschätzt relativ zu einer normalen Investition in einen größeren Kessel und dem üblichen Strombezug.
- Es gibt keine interessierte Anwenderbranche wie die Kesselhersteller oder Fahrzeughersteller, die eine Brennstoffzellentechnik wollen.
- Brennstoffzellen sind medieneeignet, vermitteln ein Innovativ-Image, werden zwischen interessierten Firmen, Forschern und der Forschungspolitik in den Vordergrund gerückt.

- ORC-Anlagen sind "abgehakt" als zu teuer, damals auch wegen zu geringer Vergütung für eingespeisten Strom. Der Wärmetransformator braucht Skaleneffekte, die kein Unternehmen ernsthaft verfolgt.

28. Welche Einsatzfelder der Wärmeerzeugung sehen Sie, bei denen die Brenner-technik zur Wärmeerzeugung durch Gasturbinen ersetzt werden könnte, um dadurch das exergetische Potenzial besser zu nutzen?

Direkte Verbrennung von fossilen Brennstoffen für NT- und Mitteltemperatur-Wärmebedarf ist exergetisch gesehen eine große Verschwendung; deshalb sollten Brenner überall dort durch **Gasturbinen** (die zunächst einmal Strom erzeugen und dann immer noch Wärme bis zu 600 °C ermöglichen) ersetzt werden, wo dies nahe der Wirtschaftlichkeit ist, so z. B. bei thermischen Trennverfahren (z. B. Raffinerien, Petrochemie, Brennereien), bei der Dampf- und Heißwassererzeugung in praktisch allen Branchen der Industrie, bei größeren Gewerbebetrieben und Unterglasgartenbau. Mikrogastrurbinen, zum Teil auch Stirlingmotoren, eröffnen ähnlich wie Brennstoffzellen zusätzliche Möglichkeiten auch in Privat- und kleineren gewerblich genutzten Gebäuden sowie kleineren Industrieanwendungen wie Trocknern, teilweise auch Öfen.

Neue Energieträger (Wasserstoff, Methanol)

34. Unter welchen Einsatz- und Randbedingungen und für welche Anwendungsgebiete rechnen Sie frühestens ab wann mit einem ökonomisch wettbewerbsfähigen Einsatz von Wasserstoff auf Basis erneuerbarer Energien? Welchen technologischen Wasserstofferzeugungspfad halten Sie dabei als am wahrscheinlichsten (z. B. Strom/Elektrolyse, photolytische Erzeugung)? Lassen sich hierzu Kostenangaben machen? Wie sind die technischen und kostenbezogenen Einflüsse der Wasserstoffspeicherung?

Wasserstoff wird langfristig ein Element einer solaren Energiewirtschaft sein. Als Sekundärenergieträger muss er mit Umwandlungsverlusten produziert werden. Die Technik ist im wesentlichen verfügbar; die Erzeugungskosten sind heute ähnlich wie die der Fotovoltaik und der Brennstoffzelle um rund den Faktor 10 zu hoch. Fortschritte, vor allem bei den regenerativen Energietechniken, sowie ein zu erwartender Kostenanstieg bei den fossilen Energieträgern, werden die Wirtschaftlichkeit von Wasserstoff erhöhen, aber auch in 2050 um etwa den Faktor 2 zu hoch liegen. Zuerst werden Techniken der rationellen Energieerzeugung und –nutzung wirtschaftlich sein; regenerativ erzeugter Strom sollte soweit wie möglich zuerst als Strom genutzt werden, und nur „Überschussproduktion“ zur Wasserstoffproduktion verwendet werden. Der Antrieb energieeffizienter Fahrzeuge kann noch eine längere Zeit mit dem bei der Gebäudebeheizung eingesparten Öl oder Gas erfolgen.

Der Stromerzeugungspfad ist nicht eindeutig klar; die photolytische Erzeugung hätte im Grundsatz manche Vorteile, aber sie ist zurzeit zu wenig ertragreich. Ob die Gentechnik hier einen Quantensprung eröffnet, ist unklar. Voraussetzung für die Anwendung regenerativ erzeugten Wasserstoffs ist ein wesentlich höheres Energieeffizienzniveau bei der jeweiligen Nutzungstechnologie, damit die jeweiligen Energiekosten möglichst gering bleiben.

Es bleibt das gleiche Dilemma der ungleichen Aufmerksamkeit der FuT-Politik zwischen Energieangebot und Energieeffizienz: die Wasserstofftechnologie (jetzt auch zusammen mit der Brennstoffzellentechnik) hat relativ zuviel Aufmerksamkeit und FuE-Ressourcen, die Energieeffizienz zu wenig aus den in Fragen 11 und 27 genannten Gründen.

Abschlussfazit:

Energieeffizienzmöglichkeiten sind unsichtbar, erscheinen nicht als Bedarf – im Gegensatz zum Energiebedarf –, sie werden nur "entdeckt", wenn sie jemand als "interessant" verfolgt, technisch oder organisatorisch realisiert. Aus Vorsorgegesichtspunkten (Umwelt- und Ressourcenschonung), aber auch aus Gründen der Beschäftigung müssten die Gebietskörperschaften – mehr als bisher – die Rahmenbedingungen so verändern, dass die verschiedenen Zielgruppen ihre Energieeffizienzpotenziale "entdecken" (vielleicht lustvoll und zufriedenstellend realisieren).

Energieeffizienz im Nutzenergiebereich zu realisieren, heißt Innovation auf breiter Front, heißt Wettbewerbssteigerung, Exportausweitung und zusätzliche Beschäftigung. Energieeffizienz wird seitens der Wirtschaftspolitiker zu wenig in dieser Perspektive gesehen.