

Nachhaltige Energiepolitik: erneuerbar und effizient

Dr. Ulf Bossel

European Fuel Cell Forum
Morgenacherstrasse 2F
CH-5452 Oberrohrdorf / Schweiz
Tel.: +41-56-496-7292, www.efcf.com

Nachhaltigkeit

Der Begriff "Nachhaltigkeit" stammt aus der Forstwirtschaft und besagt, dass man zwischen zwei Durchforstungen nur die nachgewachsene Holzmenge ernten darf. Der Holzbestand bleibt für nachfolgende Generationen erhalten ("nach"-haltig). Man lebt gleichsam von den Zinsen des natürlichen Wachstums. Das Adverb "nachhaltig" beschreibt also den Umgang des Menschen mit der Natur, etwa wie "verantwortungsbewusst" oder "rücksichtsvoll". Es gibt keine "nachhaltige Energie", sondern nur Energie, die auf nachhaltige Weise gewonnen worden ist. Schon gar nicht gibt es "nachhaltige Energieträger". Elektrischer Strom oder Wasserstoff sind künstlich erzeugte Transportmittel und können deshalb nicht "nachhaltig" sein. Auch wird Erdgas durch Umwandlung in Wasserstoff nicht nachhaltig. Die Wechselbeziehungen zwischen Mensch und Natur müssen nachhaltig gestaltet werden, damit alle kommenden Generationen genauso gut leben können wie wir heute. Um dies zu erreichen, muss Energie nachhaltig gewonnen und die bei ihrer Nutzung entstehenden Stoffe auch nachhaltig entsorgt werden.

Mit dieser Definition von Nachhaltigkeit wird die Energiezukunft planbar. Nach Versiegen der fossilen und mineralischen Vorräte muss die Menschheit ihren Energiebedarf aus nachhaltig bewirtschafteten, erneuerbaren Quellen decken. Für eine vorausschauende Energiepolitik kann eine physikalisch fundierte Basis geschaffen werden. Die Zeit der Visionen und Weltanschauungen ist vorüber, denn steigende Ölpreise, Machtpolitik und Klimaerwärmung mahnen zur Eile.

Nachhaltige Gestaltung der Energiezukunft

Eine nachhaltig organisierte Energiepolitik basiert auf zwei Postulaten.

1. Alle Energie kommt von nachhaltig bewirtschafteten erneuerbaren Quellen.
2. Energie wird mit höchster Effizienz verteilt und genutzt.

Mit einer effizienten Nutzung von Energie aus erneuerbaren Quellen werden auch klimarelevante Probleme gelöst.

Auf keinen Fall dürfen diese beiden Postulate durch weitere Forderungen wie Energiekosten oder Wirtschaftlichkeit ergänzt werden. Vorgaben dieser Art widersprechen dem Konzept der Nachhaltigkeit. Die gesteckten Ziele müssen immer wieder an die den aktuellen Energiepreisen angepasst werden. Zwecks Gewinnoptimierung lebt man von der Substanz. Die Schaffung einer nachhaltig organisierten Energieversorgung verlangt jedoch Weitblick. Viele Massnahmen zur nachhaltigen Versorgung zukünftiger Generationen mit sauberer Energie können heute bereits eingeleitet werden.

Veränderungen im Energiebereich

Wegen ihrer begrenzten Verfügbarkeit und ihrer schädlichen Hinterlassenschaft können fossile und nukleare Energieträger nicht als nachhaltige Energiequellen gelten. Langfristig stehen nur Sonnenstrahlung, Wind, Wasserkraft, Wellen, Tidenhub, Geothermie, Biomasse und organische Reststoffe als Energiequellen oder Primärenergieträger zur Verfügung.

Biomasse und Solarwärme können direkt genutzt werden. Die Energie der anderen erneuerbaren Quellen wird jedoch als elektrischer Strom "geerntet". Nach Versiegen der mineralischen Energiequellen wird dieser zum wichtigsten und kostengünstigsten Sekundärenergieträger, den man bei Bedarf auch in den chemischen Energieträger "Wasserstoff" umwandeln kann. Der so gewonnene Wasserstoff muss jedoch immer wesentlich teurer sein, als die elektrische Ausgangsenergie. Grüner Strom wird deshalb in einer nachhaltig organisierten Zukunft zur "Leitwährung" des Energiemarktes. Heizöl und Benzin werden aller Voraussicht nach nicht durch Wasserstoff ersetzt, sondern durch eine Kombination aus Effizienz und Elektrizität verdrängt.

Eine nachhaltige Energiezukunft ist also mit einem grundsätzlichen Wechsel von einer chemischen zu einer physikalischen Energiebasis verbunden. Dieser Paradigmenwechsel wird leider noch viel zu wenig beachtet. Heute werden Kohle, Öl und Erdgas zu Strom veredelt. In Zukunft steht Strom jedoch als Basisenergie zur Verfügung. Chemische Energieträger wie Wasserstoff müssen künstlich aus elektrischer Energie gewonnen werden. Die Energiewirtschaft wird auf den Kopf gestellt.

Man muss diese Veränderung begriffen haben, bevor man sich konstruktiv an der Diskussion über eine nachhaltige Energiepolitik beteiligen kann. Die Probleme lassen sich nicht mit einer einfachen Substitution von Benzin durch Wasserstoff oder mit dem Bau neuer Kernkraftwerke lösen. Nur wenn man sich gedanklich von der chemischen Energiebasis befreit hat, kann man einen vernünftigen Einstieg in eine nachhaltige Energiezukunft finden. Wir müssen lernen, in den Kategorien einer "Elektronenwirtschaft" zu denken.

Die hitzige Debatte um die Energiegewinnung aus erneuerbaren Quellen lässt vermuten, dass die Energiekonzerne erkannt haben, welche grundlegenden Veränderungen an ihrer angestammten Geschäftsgrundlage rütteln. Fossil

befeuerte thermische Kraftwerke und Verbrennungsmotoren werden überflüssig und elektrischen Wärmepumpen werden zu "Energievermehrungsmaschinen". Basiserhaltende Massnahmen, wie der Ruf nach Wasserstoff, die CO₂-freie Verstromung von Kohle, Ölgewinnung aus Schiefer und Teersand usw. verdeutlichen, dass man sich lieber an der chemischen Energiebasis festklammert, als sich dem unausweichlichen Wandel zu stellen.

Auch sucht man das Glück gerne in der Ferne. Mit teuren Programmen zu Themen wie Wasserstoff, Kernfusion, CO₂-freier Verstromung von Kohle usw. wird, bewusst oder unbewusst, Führungsstärke demonstriert und Beruhigung geschaffen. Bei näherem Hinsehen offenbaren diese Aktionen aber eine fundamentale Angst vor Entscheidungen. Zeit und Geld werden vergeudet und Chancen vertan. Alle Optionen offen zu halten ist keine Energiepolitik. Der bestimmte nicht einfache Übergang zu einer nachhaltigen Energiezukunft muss bewältigt werden, solange man die benötigten Mittel noch aufbringen kann.

Vielerorts bestimmt der Markt bereits heute das Geschehen. Aufgrund gestiegener Energiepreise sind Windkraftanlagen an windreichen Standorten bereits wirtschaftlich attraktiv. Auch hat die Energieeffizienz ein Niveau erreicht, das die Deckung des lokalen Energiebedarfs mit Energie aus regional vorhandenen erneuerbaren Quellen ermöglicht. Eine effiziente Energiezukunft lässt sich vielerorts bereits mit grünem Strom, Sonnenenergie, Brennholz und Biogas gestalten. Nachhaltigkeit führt zu dezentralen Lösungen. Der Marsch in die Nachhaltigkeit kann nicht global organisiert werden. Jede Region trägt ihre eigene Verantwortung für die Nutzung der vor Ort gebotenen Ressourcen unter Berücksichtigung der örtlich verfügbaren technischen Möglichkeiten.

Die Natur liefert was der Mensch braucht

Mit Ausnahme von Biomasse wird Energie aus erneuerbaren Quellen als physikalische Energie geerntet. Sonne und Erde liefern Wärme, die direkt genutzt oder in Strom verwandelt werden kann. Die kinetische Energie von Wind, Laufwasser, Wellen und Tidenhub wird in Wechselstrom verwandelt. Solarzellen liefern Gleichstrom.

Ähnlich ist der Energiebedarf gegliedert. Mit Ausnahme von Essen und Trinken benötigt der Mensch fast ausschliesslich physikalische Energie: Wärme und Kälte für Klimatisierung, Kochen oder industrielle Prozesse, mechanische Energie für Transport und Maschinen, Licht- und Schallenergie für Beleuchtung und Kommunikation.

Das natürliche Energieangebot ist nahezu identisch mit dem menschlichen Energiebedarf. Seit Entdeckung der Kohle hat die Menschheit jedoch den direkten Weg vom Angebot zur Nachfrage verlernt. Aus unterschiedlichen Gründen sind komplexe Verfahren zur Umwandlung von chemischer Energie fossilen Ursprungs in die vom Menschen benötigte physikalische Energie entwickelt worden.

Früher "klapperte die Mühle am rauschenden Bach". Die kinetische Energie des fließenden Wassers wurde direkt in eine rotierende Bewegung der Mahlsteine umgesetzt. Heute wird an einem entfernten Ort Kohle gefördert und zu einem thermischen Kraftwerk transportiert, wo sie zur Beheizung eines Dampfkessels verbrannt wird. Mittels Turbinen und Generatoren wird Strom erzeugt, der über grosse Strecken geleitet und mehrfach transformiert wird, um zum Beispiel in einen Elektromotor zu wirken, der einen Mahlstein dreht. Der zukünftige Weg zwischen Naturstrom und Energienutzen kann kurz und effizient sein. In Zukunft ist die verlustreiche Wadlungskette von der fossilen Energiequelle zum Generator des thermischen Kraftwerks nicht mehr erforderlich.

Als Maschinenbauer und Thermodynamiker weiss ich die Genialität von James Watt, Werner von Siemens und anderen Pionieren zu schätzen. Diese Energietechnik, auf der unser heutiges Energiesystem aufgebaut ist, besitzt keinen Ewigkeitswert, sondern sollte hinterfragt werden. Denn inzwischen ist die vorindustrielle Energietechnik weiterentwickelt und durch neue Verfahren zu Gewinnung von Energie aus erneuerbaren Quellen ergänzt worden. Aus "klappernden Mühlen" sind hocheffiziente Turbinen, aus niederländischen Windmühlen leistungsfähige Windkraftwerke und aus Lehmhütten effiziente Energiesparhäuser geworden. Sonnenlicht, das man früher allenfalls zum Trocknen von Früchten und Gras verwendet hat, kann heute zur Erzeugung von Strom und Wärme genutzt werden. Die Technik ist bereit für eine allmähliche Rückkehr zur direkten Nutzung der von der Natur bereitgestellten Energie.

Nicht jeder Strom ist nachhaltig

Die durch Stromleitungen fließenden Elektronen wissen nicht, woher sie kommen, ob aus einem Wasserkraftwerk, einer Windkraftanlage, einem BHKW oder einem Kernreaktor. Im Zusammenhang mit Nachhaltigkeit muss man jedoch sehr wohl über Stromquellen sprechen. Fossil oder nuklear befeuerte Kraftwerke können elektrische Energie nicht nachhaltig liefern. Ebenso kann Strom aus erneuerbaren Quellen nur dann die Nachhaltigkeitskriterien erfüllen, wenn diese Quellen verantwortungsbewusst bewirtschaftet werden. Raubbau schafft vorübergehend Energie, wirkt aber nicht nachhaltig. Mit nachhaltig gewonnenem und effizient verteiltem Ökostrom lässt sich ebensoviel machen wie mit verlustreich in thermischen Kraftwerken erzeugtem Strom.

Mit dem Begriff "Elektronenwirtschaft" wird eine effiziente, auf elektrische Energie aufbauende Energiewirtschaft charakterisiert, in der Elektronen als Energieträger dienen. Man spricht auch von einer "Wasserstoffwirtschaft", wenn zur Energieverteilung Wasserstoff verwendet wird. "Elektronenwirtschaft" sollte nicht mit "Elektrowirtschaft", dem Namen eines wichtigen Wirtschaftszweiges verwechselt werden. Gegnern der Stromkonzerne sei gesagt, dass die unbestreitbaren Vorzüge der elektrischen Energie physikalisch bedingt und in Zukunft genutzt werden müssen. Der Streit um die Atomenergie ist kein Streit um die Stromerzeugung an sich, sondern ein Disput um die Beheizung der Dampferzeuger mit Wärme, die bei nuklearen Spaltprozessen freigesetzt wird.

Unter nachhaltigen Bedingungen wird sauberer Strom aus erneuerbaren Quellen kommen. Die Fortschritte bei Windenergie und Photovoltaik, oder bei den mit Biogas betriebenen KWK-Anlagen verdeutlichen, mit welcher Macht grüner Strom bereits jetzt ins Netz drängt. In wenigen Jahren, wenn die ersten Windkraftanlagen amortisiert sind, wird Windstrom die Strompreise auf einem so niedrigen Niveau stabilisieren, dass der Neubau von thermischen Kraftwerken, auch der nuklear beheizten, nicht mehr profitabel ist. Man darf die hohe Effizienz einer auf Strom basierenden Elektronenwirtschaft heute wieder loben, ohne damit die Errichtung von Kernkraftwerken zu unterstützen.

Wertschöpfung im Energiebereich

Mit Einführung einer nachhaltig organisierten Energiezukunft werden nicht nur Energie- und Umweltprobleme gelöst, sondern auch Arbeitsplätze erhalten oder geschaffen. Jeder Energiekonsum ist mit Wertschöpfung, also mit Arbeit und Brot verbunden. Zur Zeit des billigen Öls blieb ein wesentlicher Teil der jährlichen Heizkosten im Lande. Mit steigenden Energiepreisen verlagert sich die Wertschöpfung jedoch in die Förderländer. Ein Teil dieser Einnahmen fließt jedoch beim Kauf von Industriegütern zurück. Dennoch, bei der Formulierung einer nachhaltig orientierten Energiepolitik könnte auch die Wertschöpfung im Energiebereich berücksichtigt werden. Zur Erläuterung drei Beispiele:

Die Natur liefert Wind, Sonne und Wachstum gratis. Anlagen zu deren Gewinnung und rationellen Nutzung sind teuer. Energiekosten werden immer mehr zu Kapitalkosten. Investitionen in erneuerbare Energiegewinnung und rationelle Energienutzung sind mit einer Wertschöpfung am heimischen Kapitalmarkt verbunden. Das Geld bleibt im Lande und kann zur Schaffung von Arbeitsplätzen eingesetzt werden.

Im Bereich der Gebäudesanierung geschieht Ähnliches. Investitionen zur Verminderung des Energieverbrauchs schaffen Arbeit vor Ort und verringern den mit Heizölimporten verbundenen Kapitalabfluss. Die Wertschöpfung bleibt auch in diesem Fall im Lande.

Fast alle Anlagen und Stoffe zur Gewinnung und rationellen Nutzung von Energie stammen aus heimischer Fertigung und werden von lokalen Fachleuten geplant, installiert und gewartet. Energiemaßnahmen aller Art schaffen die dringend benötigten Arbeitsplätze im mittelständischen Bereich.

Hierarchie des Umbaus

Fast alle Veränderungen in Energiebereich sind miteinander verknüpft. Die in einer Branche eingesparte fossile Energie wird an anderem Ort wieder auf dem Markt erscheinen. Die Reihenfolge der Durchführung von Energiemaßnahmen entscheidet deshalb über deren betriebs- und volkswirtschaftlichen Nutzen.

Nationale Energiesparmassnahmen sollten mit der energetischen Sanierung von Gebäuden beginnen, nicht nur weil sich in diesem Bereich mit bewährter Technik die grössten Energiespareffekte mit hoher arbeitspolitischer Wirkung erzielen lassen, sondern weil Heizöl freigesetzt wird, das an den Tankstellen als Dieselkraftstoff auftaucht. Während dieser Verdrängung von Heizöl aus dem Wärmemarkt kann kein tragfähiger Markt für Wasserstoff entstehen. Der Aufbau einer Infrastruktur für Wasserstoff ist deshalb zurzeit weder planbar noch wirtschaftlich sinnvoll. Mit seiner Wasserstoffinitiative hat Präsident Bush ein aufwändiges Programm gestartet, das aber nur geringe Aussichten auf Erfolg besitzt, weil die Logik der Umsetzung nicht sorgfältig bedacht worden ist.

Im Elektrobereich setzen energiesparende Haushaltsgeräte, neue Lichtquellen, effizientere Elektromotoren und eine bessere Stromübertragung Energie frei, die zum Beispiel zum Betrieb von Wärmepumpen, zur Belüftung von Energiesparhäusern oder zum Antrieb von Elektrofahrzeugen genutzt werden kann. Auch hier ist die Reihenfolge vorgegeben. Erst nach Abschluss der Sparmassnahmen wird man wissen, wie viel Strom man wo, in welcher Form und für welchen Zweck benötigt.

Nachhaltige Energiepolitik

Die Energiepolitik muss sich an erkennbaren Entwicklungen orientieren, diese sinnvoll unterstützen und Massnahmen zur Schaffung nachhaltiger Lösungen einleiten. Politiker und Regierungen sind gefordert. Alle Optionen offen zu halten klingt gut, verrät aber Angst vor Entscheidungen. Der Weg führt weg von den chemischen Energieträgern fossilen Ursprungs zu den physikalischen Energieträgern aus erneuerbaren Quellen.

Nachhaltige Lösungen können nicht mit Aktionismus und Schlagworten wie "Wasserstoff", "Brennstoffzelle", "Saubere Kohle" oder "Renaissance der Kernenergie" erzwungen werden. Das verbale Getöse belastet die Diskussion um die Schaffung einer Zukunft, in der Energie, Umwelt und Soziales nachhaltig miteinander verknüpft sind.

Für die ersten Massnahmen zur Umgestaltung des Energiesystems sind die technischen Möglichkeiten bereits vorhanden. Man braucht keine Forschung zur Entwicklung von Dämmstoffen oder Windkraftanlagen. Die Verbesserungen von Produkten ist Sache der Hersteller. Seit 30 Jahren haben findige Pioniere Sonnenkollektoren, Energiesparfenster, Wärmepumpen, Dämmstoffe, Kessel, und Anlagen zur Nutzung von Windkraft und Biogas zur Marktreife entwickelt. Die Zeit für den Einsatz ist gekommen. Mit dem Energieeinspeisegesetz wird auch der wirtschaftliche Nutzen von Investitionen im Energiebereich deutlich gemacht.

Forschungsbedarf besteht jedoch auf dem Gebiet der Speicherung elektrischer Energie. Pumpspeicherwerke werden auch in Zukunft das Rückgrat einer gesicherten Stromversorgung bilden. Man sollte sie jedoch vermehrt zur

Zwischenlagerung von Naturstrom einsetzen und nicht mit Nachtstrom aus Grundlastkraftwerken füllen. Andere Arten solcher grosstechnischen „Zweiweg-Speicher“ sind bekannt, bewährt oder denkbar.

In Zukunft werden wahrscheinlich kleinere "Einwegspeicher" grosse Bedeutung erlangen. Ähnlich wie bei Nachtspeicher-Heizungen wird man überschüssige elektrische Energie am Ort ihrer späteren Nutzung vorübergehend in der gewünschten Energieform als Gleichstrom, Warmwasser, Druckluft oder Kälte lagern. Die Rückspeisung ins Netz entfällt. Spitzenenergie kann so sinnvoll genutzt werden, während Grundlaststrom weiterhin für alle Anwendungen verfügbar bleibt. In diesem Bereich ist technischer und organisatorischer Entwicklungsbedarf deutlich erkennbar.

Was ist zu tun?

Der Übergang von der heutigen, vom Erdöl dominierten Energiewirtschaft zu einer nachhaltigen, vom Naturstrom geprägten basiert also nicht auf einer einfachen Substitution fossiler Energieträger durch synthetischen Wasserstoff. Komplexe Veränderungen müssen in allen Bereichen der Energietechnik bedacht werden: Erzeugung, Verteilung, Speicherung und Nutzung.

Die Energiewirtschaft wird auf den Kopf gestellt. Während chemische Energieträger heute die Ausgangsbasis bilden, wird es in Zukunft Strom aus erneuerbaren Quellen sein. Heute ist Elektrizität aus thermischen Kraftwerken die tertiäre Energieform, morgen besteht kein Anlass mehr, chemische Energieträger künstlich aus physikalischer Energie zu erzeugen. Während heute Erdgas und Erdöl preisbestimmend sind, wird es in Zukunft elektrischer Strom von Naturkraftwerken sein. Aus physikalischen Gründen muss der aus "grünem" Strom gewonnene Wasserstoff immer wesentlich teurer sein als seine Ursprungsenergie. Politische Entscheidungen oder aufwändige Forschung können diese physikalische Tatsache nicht ändern. In einer nachhaltigen Energiewirtschaft wird Wasserstoff keine wichtige Rolle spielen.

Aber auch Kernenergie kann die Versorgungslücken im Kraftstoffbereich nicht schliessen, denn weder ist die Energiequelle nachhaltig, noch ist der Strom in der erzeugte Menge speicherbar. Strom wird vorwiegend tags und im Winter benötigt. Sonne und Wind sind an dieses Verbrauchsmuster besser angepasst als thermische Grundlastkraftwerke. Für alle Möglichkeiten der Stromerzeugung werden jedoch Stromspeicher benötigt. Mit den Methoden der herkömmlichen Energieversorgung lassen sich die immer komplexer werdenden Probleme nicht auf Dauer lösen. Zuerst einmal muss ein Umdenken erfolgen. Sinnvoll wäre ein zeitlich befristetes Moratorium für Entscheidungen im Energiebereich. Übereilte Massnahmen verhindern sinnvolle Lösungen.

Ohne jedes Wenn und Aber steht die sinnvolle Nutzung von Energie im stationären Bereich am Anfang einer längeren Übergangsperiode. Lohnende, einleuchtende und deshalb auch politisch wirksame Vorgaben wären die

Umrüstung aller Gebäude auf Minergie-Standard innerhalb der kommenden 50 Jahre, eine deutliche Absenkung des Benzinverbrauchs oder die Einführung von Elektrofahrzeugen. Die hierfür benötigte Technik ist vorhanden. Es bedarf keiner zusätzlichen Forschung. Auch sollten Massnahmen zur Gewinnung von Energie aus erneuerbaren Quellen mit Nachdruck durchgesetzt werden. Mit gezielten Forschungs- und Entwicklungsbemühungen im Energiebereich ist in den letzten Jahrzehnten eine hervorragende Technik entstanden, mit deren Umsetzung in die Praxis sofort begonnen werden kann.

Das Energieproblem kann langfristig also weder durch die Einführung eines neuen Energieträgers (Wasserstoff) noch durch den übereilten Ausbau der Kernenergie gelöst werden. Für die Schaffung einer nachhaltig organisierten Energiewelt sind andere Wege zu beschreiten, die bedacht sein wollen und diskutiert werden müssen. Mit dem Energiesparen und der Energiegewinnung aus erneuerbaren Quellen kann sofort begonnen werden. Es ist zu hoffen, dass die von Wasserstoff und Kernenergie ausgehenden Irritationen die notwendigen Investitionen im Bereich des Energiesparens und der erneuerbaren Energie nicht gefährden.

Ulf Bossel

Geboren 1936 in Braunschweig, aufgewachsen in Nordhessen, Maschinenbau-Studium mit Vordiplom (1959) an der TH Darmstadt und Hauptdiplom in Aerodynamik (1961) an der ETH Zürich. Nach kurzer Anstellung bei Brown Boveri & Cie in Baden / Schweiz 1962 Fortsetzung der Ausbildung in USA an der University of California in Berkeley mit Promotion (1968) über die Erzeugung intensiver Molekularstrahlen mittels eines neuen aerodynamischen Verfahrens. 1968 bis 1970 Assistant Professor (Mechanical and Aerospace Engineering) an der Syracuse University im Staat New York. 1970 bis 1977 Gruppenleiter für Freimolekulare Strömungen bei der DFVLR (heute DLR) in Göttingen. Seit 1975 intensiv mit Energiethemen befasst. Mitbegründer und erster Präsident der Deutschen Gesellschaft für Sonnenenergie, Gründung einer eigenen Beratungsfirma für erneuerbare Energien und rationelle Energienutzung, 1986 von Brown-Boveri & Cie (heute ABB) in die Schweiz gerufen, um neue Technologien der Stromerzeugung im Kraftwerksbereich zu etablieren. Seit 1987 mit Brennstoffzellen befasst und Leiter der Brennstoffzellen-Entwicklung mit weltweiter Kompetenz. Nach Einstellung der Aktivitäten bei ABB (Ende 1990 aus produktstrategischen Erwägungen) wieder selbständig als Berater für Brennstoffzellen mit namhaften Klienten in Japan, Deutschland, Norwegen, Italien, USA, Niederlanden und der Schweiz. Gründer des European Fuel Cell Forum und Veranstalter der internationalen Brennstoffzellen-Tagungen in Luzern. Wegen ihrer inhaltlichen Qualität und der ehrlichen Darstellung wird diese Tagungsreihe inzwischen zu den wichtigsten Veranstaltungen auf dem Gebiet der Brennstoffzellentechnologie und der nachhaltige Energieversorgung gezählt.