



**BRENNSTOFFZELLEN –
ENERGIETECHNIK FÜR DIE ZUKUNFT?**

ÖSTERREICHISCHE STRATEGIEN
IM BEREICH BRENNSTOFFZELLENFORSCHUNG
UND TECHNOLOGISCHE ENTWICKLUNG

T H E M A

BRENNSTOFFZELLENFORSCHUNG, -ENTWICKLUNG UND -VERMARKTUNG

Österreichische Aktivitäten in stationären und mobilen Anwendungsbereichen

■ Die Brennstoffzellen-Technologie stellt in Hinblick auf die Zielsetzungen einer nachhaltigen Entwicklung und der Stärkung des Wirtschaftsstandorts Österreich eines der wichtigen Zukunftsthemen dar. Dieser innovativen Technologie wird international mittelfristig ein hohes Marktpotenzial prognostiziert. Forschung, Entwicklung und Innovation in diesem Themenfeld können zu entscheidenden Problemlösungen in der Energiewirtschaft, im Verkehrssektor und bei der Entwicklung von technischen Kleingeräten beitragen. Internationale Forschungs- und Entwicklungsanstrengungen, weltweite Aktivitäten großer Unternehmen und umfangreiche staatliche Förderprogramme dokumentieren diese Erwartungen.

Der Schwerpunkt bei zukunftsfähigen Energieversorgungskonzepten liegt in deren Umweltverträglichkeit und der möglichst optimalen Nutzung des Brennstoffs. Brennstoffzellen sind eine äußerst effiziente und umweltfreundliche Energietechnologie und erfüllen diese Anforderungen durch niedrige Schadstoff-Emissionen und hohe elektrische und thermische Wirkungsgrade. Bei einer konventionellen Kraft-Wärme-Kopplung (z.B. mit einem Gasmotor) wird die im Brennstoff chemisch gebundene Energie (die sogenannte „Enthalpie“) durch die Verbrennung zunächst in thermische Energie und erst dann in elektrische Energie umgewandelt. In einer **Brennstoffzelle** hingegen wird die Enthalpie des Brennstoffs direkt in elektrische und thermische Energie gewandelt.

Brennstoffzellen-Systeme werden sowohl für den stationären Bereich (Mini-Blockheizkraftwerk, klassisches BHKW, Kombianlagen aus Brennstoffzelle und Gasturbine) als auch für den mobilen Bereich in der Automobilindustrie entwickelt. Einer Markteinführung stehen

Schematischer Aufbau einer Brennstoffzelle

Die Arbeitsweise einer Brennstoffzelle ist mit der Umkehrung der Elektrolyse des Wassers vergleichbar. Während bei der Elektrolyse durch Zufuhr von elektrischer Energie das Wassermolekül in Wasserstoff und Sauerstoff aufgespalten wird, reagieren in einer Brennstoffzelle H_2 und O_2 unter Abgabe von elektrischer und thermischer Energie zu Wasser.

jedoch noch verschiedene technische und wirtschaftliche Barrieren entgegen. Forschungsbedarf besteht vor allem hinsichtlich der noch zu niedrigen Lebensdauer und dem während der Laufzeit abnehmenden Wirkungsgrad. Es gibt derzeit wenige Anbieterfirmen und die Investitionskosten sind im Vergleich mit konventionellen Systemen bisher noch zu hoch.

Um die österreichische Forschung und Entwicklung zu forcieren und Projektmöglichkeiten für industrielle/öffentliche Unternehmen und Institutionen voranzutreiben, ist eine Vernetzung der nationalen Brennstoffzellen-Aktivitäten und ein gezielter Know-How-Transfer notwendig. Vom Bundesministerium für Verkehr und Innovation (bmvit) wurden zwei Studien in Auftrag gegeben, die ein umfassendes Bild vom Stand der Brennstoffzellen-Entwicklung für stationäre Systeme und Kleingeräte und für die mobile Anwendung dokumentieren:

1 Forschung und Technologische Entwicklung (FTE) von Brennstoffzellen für stationäre Energiesysteme und tragbare Kleingeräte - Strategiepapier

Autor: Dr. Günter Simader, Energieverwertungsagentur, Wien

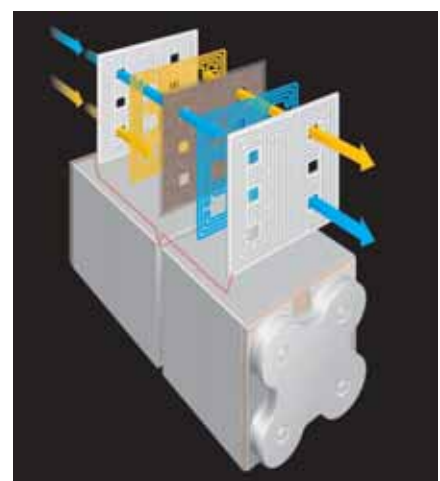
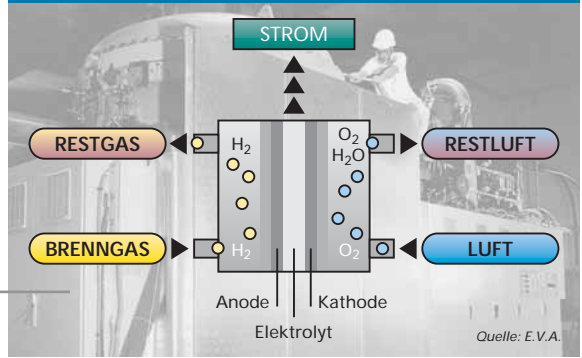
Dieser Bericht stellt umfangreiche Informationen zum Stand der Entwicklung zusammen und soll als Basis für öffentliche/industrielle Entscheidungsträger dienen, um das Thema Brennstoffzelle in der österreichischen Forschungslandschaft neu zu positionieren. Neben dem Stand der Technik werden

die möglichen Einsatzgebiete und der notwendige FTE-Bedarf bis hin zur Markteinführung analysiert. Weltweite Brennstoffzellen-Programme und die österreichischen Rahmenbedingungen werden dokumentiert sowie Empfehlungen für zukünftige Strategien und Aktivitäten erarbeitet.

2 Österreichisches Strategiepapier: Brennstoffzellenforschung, -entwicklung und -vermarktung in der mobilen Anwendung

Autor: Ing. Herbert Wancura et al., INTEMA Consult GmbH, Graz

Dieser Bericht dokumentiert die zwei Phasen des Forschungsauftrags. In Phase 1 wurde der internationale Stand der Technik erhoben und dargestellt; im zweiten Teil wurden im Dialog mit der beteiligten Industrie, den Forschungs- und Kompetenzzentren sowie den relevanten Universitätsinstituten die Stärken und Schwächen der Brennstoffzellen-Technologie in Österreich analysiert und bewertet. Im Rahmen eines Workshops wurden die Ergebnisse dann internationalen Experten präsentiert und von diesen kommentiert und ergänzt.



Courtesy of Ballard Power Systems

FTE VON BRENNSTOFFZELLEN FÜR STATIONÄRE ENERGIESYSTEME UND TRAGBARE KLEINGERÄTE



Ballard's Mark 902 Fuel Cell Stack, Courtesy of Ballard Power Systems

■ Brennstoffzellen-Systeme müssen in der Lage sein, in der Praxis übliche Brennstoffe zu verarbeiten. Für stationäre Anlagen kommen derzeit vor allem fossile Energieträger zum Einsatz. Die bisher entwickelten Systeme basieren vorwiegend auf dem Energieträger Erdgas. In den letzten Jahren sind auch FTE -Aktivitäten gesetzt worden, die Wasserstoff aus den verschiedensten Formen von erneuerbaren Energieträgern gewinnen. Folgende Entwicklungstrends sind dabei erkennbar: mittelfristig könnten gasförmige biogene Energieträger zum Einsatz kommen, langfristig könnte die Verwendung von fester/flüssiger Biomasse und die Herstellung von Elektrolyse-Wasserstoff mit Strom aus Wind, Wasserkraft und Solarenergie realisiert werden. Zum Thema „Biogas-Brennstoffzellensysteme“ werden in Österreich von der TU-Wien und der Firma PROFACOR FTE-Aktivitäten im Bereich Gasaufbereitung und -reinigung durchgeführt.

ANWENDUNGSFELDER FÜR STATIONÄRE SYSTEME

Das Hauptanwendungsfeld für Brennstoffzellen liegt aufgrund ihrer technischen Eigenschaften vor allem in der Kraft-Wärme-Kopplung in Form von Blockheizkraftwerken. Von den Firmen werden zur Zeit **folgende Applika-**

tionen für den Einsatz in stationären Energiesystemen entwickelt:

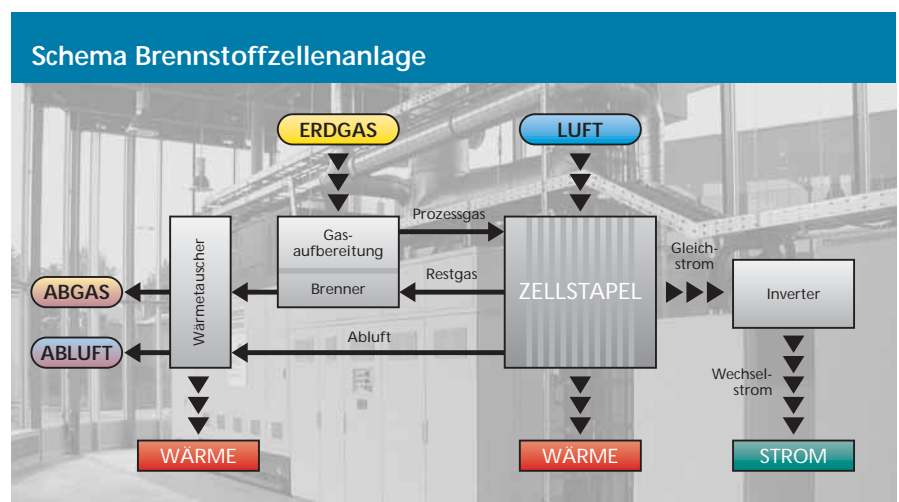
■ **Brennstoffzellen-Heizgeräte** (bzw. Mikro/Mini-BHKW-Anlagen) für Ein- und Mehrfamilienhäuser bzw. für den industriellen und gewerblichen Sektor (zB. kleine Hotels), vorwiegend auf Basis Erdgas als Energieträger, elektrische Leistungsgrößen bis 5kW.

■ **BHKW-Systeme** mit Leistungsgrößen von ca. 200 kW_{el} für öffentliche, industrielle und gewerbliche Anwendungen (z.B. Krankenhäuser, Telekommunikationszentren, größere Hotelanlagen), ebenfalls vorwiegend mit Erdgas als Energieträger. Bei den FTE-Aktivitäten in diesem Bereich gewinnt der Energieträger Biogas zunehmend an Bedeutung.

■ **Kombianlagen** bestehend aus Brennstoffzellen und Gasturbine (für industrielle Anwendungen und für EVU's) ebenfalls mit Erdgas als Energieträger. Solche Anlagen weisen derzeit Leistungsgrößen von bis zu 1 Mw_{el} auf, Konzeptionen gehen aber bis 70 Mw_{el}.

Brennstoffzellensysteme haben einige wesentliche Vorteile gegenüber konventionellen Energiesystemen. Einer kommerziellen Markteinführung stehen allerdings derzeit noch einige technische und ökonomische Barrieren entgegen. Vorteile sind der hohe elektrische und thermische Wirkungsgrad, ein gutes Teillastverhalten, äußerst geringe

Quelle: E.V.A.



Das Erdgas gelangt in die Brennstoffaufbereitung. Im Entschwefler werden Schwefelbestandteile entfernt. Dann werden die Kohlenwasserstoffe des Erdgases im Reformier zu einem H₂-reichen Prozessgas umgesetzt. Dieses Gas wird der Anode des Brennstoffzellen-Stapels zugeführt. Die bei der Brennstoffzellen-Reaktion freigesetzte Wärme wird soweit möglich als Nutzwärme ausgekoppelt. Der Gleichstrom der Brennstoffzelle wird im Inverter zu Wechselstrom der gewünschten Frequenz und Spannung umgeformt. Der nicht in der Zelle umgesetzte Wasserstoff gelangt zum Reformbrenner und liefert durch seine Verbrennung die Energie für den Reforming-Prozess. Die im Abgas dieses Prozesses und in der Abluft des Zellstapels enthaltene thermische Energie wird ebenfalls über Wärmetauscher als Nutzwärme ausgekoppelt. Der Gesamtwirkungsgrad der Anlage liegt zwischen 80 und 90%.

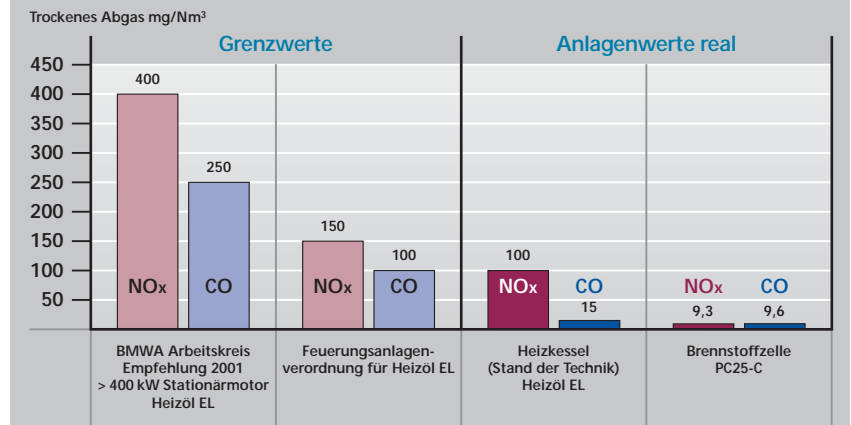
Schadstoffemissionen, lange Betriebsperioden zwischen auftretenden Störfällen und geringe Schallemissionen. Als größte Mängel erscheinen die noch unsichere tatsächliche Lebensdauer, der mit der Lebensdauer abnehmende Wirkungsgrad und die hohen Investitionskosten. Von den Entwicklungsfirmen wird jedoch prognostiziert, dass diese Schwachstellen durch verstärkte FTE-Aktivitäten in den nächsten Jahren beseitigt werden könnten.

Die Umweltfreundlichkeit der Brennstoffzellen-Technologie läßt sich anhand eines **Beispiels der Emissionswerte** von phosphorsauren Brennstoffzellen (PC25C) im Vergleich zu relevanten gesetzlichen Bestimmungen für KWK- und Heizkesselanlagen (BMW A Empfehlung für Stationärmotoren, Feuerungsanlagenverordnung FAV) und einem Öl-Heizkessel „Stand der Technik“ zeigen.

ENTWICKLUNGSSTAND UND FORSCHUNGSBEDARF

Die bisher entwickelten Brennstoffzellenarten lassen sich nach der Höhe der Prozesstemperatur (80 – 220 Grad C bzw. 600 – 1000 Grad C) und nach der Art des Elektrolyten unterscheiden. Niedertemperatur-Brennstoffzellen sind die AFC Alkaline Fuel Cell, PEFC Polymer Electrolyte Fuel Cell, PAFC Phosphoric Acid Fuel Cell und DMFC Direct Methanol Fuel Cell. Hochtemperatur-Brennstoffzellen sind die MCFC Molten Carbonate Fuel Cell und die SOFC Solid Oxide Fuel Cell.

Mit Ausnahme der PAFC BHKW Systeme haben Brennstoffzellen bis dato den Status von Pilotanlagen noch nicht verlassen. Die Anzahl der Unternehmen, die sich mit Forschung und Entwicklung im Bereich Brennstoffzellen beschäftigen, hat sich aber in den letzten Jahren deutlich erhöht. Auch das Engagement der österreichischen EVUs/GVUs (Energie AG, TIWAG, STE-WEAG/ESTAG, AFG) in diesem Bereich ist massiv gestiegen. Sowohl Brennstoffzellen-Heizgeräte als auch Kombianlagen sind zentrale Themen in den FTE-Aktivitäten der EVUs. Folgende



Quelle: BMW A, IWO-Österreich

Zielsetzungen werden dabei zur Zeit verfolgt:

- die Senkung der Kosten für Materialien, Komponenten und das Gesamtsystem
- Optimierung der Systemkomponenten
- Erhöhung der Verfügbarkeit
- Abwicklung von Demonstrationsprojekten
- Erreichen von 40.000 Betriebsstunden für den Brennstoffzellen-Stack

Die FTE-Aktivitäten für Brennstoffzellen-Systeme zielen darauf ab, die bestehenden Benchmarks konventioneller Systeme in den aktuellen Märkten zu erreichen. Sollte dies gelingen, könnten mit dem Einsatz dieser Technologie entscheidende Vorteile im österreichischen Strom- und Wärmemarkt erzielt werden. Wichtige zukünftige Schritte sind der Aufbau bzw. die Einbindung der österreichischen Spitzenforschung durch die Beteiligung an internationalen Aktivitäten (z.B. an IEA oder EU-Programmen), die Stärkung der angewandten Forschung im Hinblick auf die wirtschaftliche Umsetzung in neuen oder bestehenden Unternehmen (vor allem auch die Einbindung von österreichischen Klein- und Mittelbetrieben) und die Forcierung der Grundlagenforschung durch eine bessere Nutzung der nationalen FTE-Instrumente (wie FWF, FFF etc.).

BRENNSTOFFZELLEN FÜR TRAGBARE KLEINGERÄTE

Der Trend zu tragbaren, elektronischen Kleingeräten mit integrierter Energieversorgung hat in den letzten Jahren deutlich zugenommen. Notebooks, Laptops, Funk- und Schnurlostelefone,

Video-Kameras, Camcorder etc. werden mit Batterien oder Akkumulatoren betrieben. In diesem Bereich wächst der Bedarf an neuen Energieversorgungskonzepten, die eine möglichst lange Unabhängigkeit vom stationären Stromnetz anbieten können. Alternative Energietechnologien, die den in Kleingeräten verfügbaren Platz optimal nutzen (hohe Energie/Leistungsdichten), die Handlichkeit des Geräts nicht einschränken und hohe Betriebszeiten gewährleisten, können in Zukunft mit einem hohen Marktanteil rechnen. Zu den bisher getesteten Brennstoffzellen für diese Anwendung gehören die PEFC, DMFC und AFC, wobei die PEFC den höchsten Entwicklungsstand erreicht hat. Brennstoffseitig wird für die Kleingeräte reiner Wasserstoff eingesetzt. Die Forschung beschäftigt sich daher vor allem mit der Wasserstoffspeicherung.

Die Marktperspektiven für den Einsatz von Brennstoffzellen in tragbaren Kleingeräten werden sehr positiv eingeschätzt. Allerdings ist der Markt für derartige Kleingeräte im Vergleich zur stationären Energieversorgung und zu Fahrzeugen anders strukturiert. Kleingeräte weisen relativ kurze Lebenszyklen auf, so dass eine Markteinführung neuer Energieversorgungssysteme relativ schnell möglich ist. Bei entsprechenden Wünschen seitens der Konsumenten (z.B. nach einer längeren Laufzeit des Gerätes) kann auch die Bereitschaft zunehmen, Geräte mit einer teuren, aber qualitativ höheren Energieversorgung zu erwerben.

2 BRENNSTOFFZELLEN-TECHNOLOGIE IN DER MOBILEN ANWENDUNG

Entwicklungsstand, Aktivitäten und Strategien im mobilen Bereich

■ Im einer vom bmvit, Abteilung Mobilität und Verkehrstechnologie beauftragten Studie werden die Stärken und Schwächen der Brennstofftechnologie für den mobilen Bereich analysiert und zukünftige Strategien für Österreich erarbeitet.

Alle der heute gebräuchlichen Brennstoffzellentypen können in der mobilen Anwendung zum Einsatz kommen. Die alkalische BZ wird bereits im PKW und in der Binnenschiffahrt verwendet und eignet sich auch für industrielle Fahrzeuge. Die SOFC wird als Prototyp im Bereich Auxiliary Power Unit (d.h. als Zusatz-Energieversorger in Fahrzeugen) getestet, die MCFC könnte für Lokomotiv- und Schiffsantriebe geeignet sein. Von besonderer Bedeutung für den Straßenverkehr ist die Polymer-Elektrolyt-Membran BZ (PEM BZ). Aufgrund der weltweiten hohen Investitionen von seiten der Industrie und staatlicher Förderungen, verfügt dieser Brennstoffzellen-Typ zur Zeit über den höchsten Entwicklungsstand.

Problemfelder in der Brennstoffzellen-Technologie für die mobile Anwendung bestehen vor allem **in folgenden Bereichen:**

■ Die Kosten/kW sind im Vergleich mit konventionellen Verbrennungskraftmaschinen nach wie vor zu hoch.

■ Die Frage des Energieträgers ist noch ungeklärt. So verfügt etwa die PEM BZ als Niedertemperatur-Brennstoffzelle nicht über interne Reformationsfähigkeiten. Sie muß daher entweder mit Wasserstoff betrieben werden, womit Probleme in der Energiespeicherung gegeben sind oder es müssen Kraftstoffreformer eingesetzt werden, was sich negativ auf den Wirkungsgrad und auf die Response- bzw. Start-Up Zeiten auswirkt.



■ Es fehlen noch Komponenten für den Balance-of-Plant (BOP) Bereich, d.h. konventionelle mechanische und elektrische Komponenten (Befeuchtung, Kompressoren, Kondensatoren, Elektroantriebe etc.), die für den Anwendungsfall Brennstoffzelle speziell entwickelt werden müssen.

■ Weitere Aufgaben sind die Entwicklung von kostengünstigen Membranen für höhere Betriebstemperaturen, Fertigungstechnologien für Membran-Elektroden-Assemblies und bipolare Platten.

Trotz der noch offenen Fragen, werden der Brennstoff-Technologie große Zukunftschancen und Marktpotenziale vorausgesagt. Forschung und Entwicklung haben in den letzten Jahren z.B. im Bereich der Leistungsdichte und des Wirkungsgrades entscheidende Fortschritte erzielt.

Im Rahmen des A3 Technologieprogramms Austrian Advanced Automotive Technology, einer Initiative des bmvit zur Steigerung der Wettbewerbsfähigkeit der Kfz-Zulieferindustrie, werden kooperative Forschungs- und Entwicklungsprojekte im Automobilsektor in Zukunft verstärkt gefördert. Einer der im Programm ausgeschriebenen Themenfelder ist der Bereich „Neue Antriebssysteme“. Im Zuge der ersten Ausschreibung wurden acht Forschungsanträge zur Entwicklung und Anwendung von Brennstoffzellen

im Fahrzeug eingereicht. Die Ergebnisse aus der Evaluierung dieser Einreichungen und der danach startenden geförderten Projekte sind verfügbar unter:

www.bmvit.gv.at/tech/a3.htm

Als wichtiges Marktsegment für die Weiterentwicklung der Brennstoffzellen-Technologie werden im Rahmen der Studie auch Auxiliary Power Units (APU's) für Pkws und Nfz genannt. Aufgrund der steigenden Leistungserfordernisse in bezug auf elektrische Verbraucher an Bord von Fahrzeugen und der daraus resultierenden Umstellung der Bordnetzversorgungssysteme auf 36/42V, ergibt sich die Chance, APUs als vom Motor abgekoppelte Energieerzeuger einzusetzen. Diese Systeme können dem Kunden einen höheren Komfort (z.B. Klimaanlage bei abgestelltem Motor etc.) bieten, der auch in Mehrerlöse für die Hersteller umsetzbar ist.

Aus der Analyse der österreichischen Brennstoffzellen-Aktivitäten ergibt sich, daß besondere Stärken im Bereich der Elektroantriebe, der Kraftstoffherzeugung, -speicherung und -reformation sowie im Bereich von Brennstoffzellen mit umlaufenden flüssigen Elektrolyten bestehen. Darüber hinaus weist die österreichische Industrie hohe Kompetenz bei den Material Sciences, der Mess- und Prüftechnik, im Maschinenteilebereich und in der Fertigungs- und Verarbeitungstechnologie für Kunststoffe auf. Diese Kompetenzfelder können verstärkt für Forschung und Entwicklung der Brennstoffzellen-Technologie genutzt werden; im Rahmen der Studie wurden entsprechende Strategien und Maßnahmen vorgeschlagen. (s.u.)

EMPFEHLUNGEN FÜR ZUKÜNFTIGE STRATEGIEN

■ Sowohl in der stationären als auch in der mobilen Anwendung ist es für die zukünftige Entwicklung der Brennstoffzellen-Technologie notwendig, den Know-How Transfer sowie den Aufbau von Netzwerken und neuen Kooperationen zu forcieren.

Aufbauend auf den Stärken und Schwächen der österreichischen Brennstoffzellen-Szene **im mobilen Bereich werden für eine zukünftige Strategie folgende Schwerpunkte definiert:**

- Nutzung der Stärkefelder im Bereich Maschinenbau durch Entwicklung entsprechender Komponenten im Ballance-of-Plant Bereich sowie den relevanten Fertigungstechnologien
- Ausbau des Stärkefeldes der elektromotorischen Antriebe
- Schaffung von „Centers of Excellence“ mit Schwerpunktaktivitäten für PEM-Technologie, Brennstoffzellen mit zirkulierenden Elektrolyten sowie Solide Oxide Brennstoffzellen
- Beschäftigung mit dem Segment Auxiliary Power Units (APU)
- Entwicklung von neuen Fahrzeugarchitekturen und -konzepten auf Basis der Brennstoffzelle als Energiekonverter

Diese Aktivitäten sollten durch die Schaffung eines nationalen thematischen Netzwerks und den Aufbau eines

„Leasing-/Mietpools für Brennstoffzellen“ für Forschungszwecke unterstützt werden.

Zur Erreichung der **Zielsetzungen im stationären Bereich** wird die Vernetzung der österreichischen FTE-Aktivitäten und eine enge Zusammenarbeit zwischen Wissenschaft und Industrie empfohlen. Als Instrument dafür wird die **Bildung eines Clusters**, der möglichst alle österreichischen Akteure einbinden sollte, vorgeschlagen. Ein solcher Cluster könnte Dienstleistungen in folgenden Bereichen anbieten bzw. forcieren:

- **Kooperations- und Einzelprojekte:** Partnerfindung, Projektinitiierung (nationale und internationale Projekte), Umsetzungsunterstützung und Förderberatung
- **Ansiedlung:** Gewinnung ansiedlungsbereiter Unternehmen, Schaffung geeigneter Rahmenbedingungen
- **Information und Kommunikation:** Fachveranstaltungen, Arbeitskreise, Internetplattform, PR-Aktivitäten, Fachpublikationen, Flyer etc.
- **Qualifizierung:** Workshops, Roundtables, Firmenbesuche
- **Internationalisierung:** Unternehmerreisen, Gemeinschaftsstände auf Messen, internationale Kontakte zu Brennstoffzellen-Initiativen



Sulzer Hexis Anlage der Firma Energie AG

PROJEKTTRÄGER

„FTE von Brennstoffzellen für stationäre Energiesysteme und tragbare Kleingeräte – Strategiepapier“

Autor: Dr. Günter Simader, Energieverwertungsagentur, Wien (im Auftrag des bmvit, betreut durch die Abteilung Energie- und Umwelttechnologien, DI Theodor Zillner)

„Österreichisches Strategiepapier: Brennstoffzellenforschung, -entwicklung und -vermarktung in der mobilen Anwendung“

Autor: Ing. Herbert Wancura et al., INTEMA Consult GmbH, Graz (im Auftrag des bmvit, betreut durch das Referat Transporttechnologie, Logistik und Umwelt, Dr. Andreas Dorda)

INFORMATIONEN PUBLIKATIONEN

Die Zusammenfassung des Strategiepapiers zum mobilen Bereich ist erhältlich unter www.bmvit.gov.at/tech/a3.htm

Der Bericht zu den stationären Energiesystemen ist erschienen in der Schriftenreihe „Berichte aus Energie- und Umweltforschung“ des bmvit, 2/2002 und ist erhältlich bei:

PROJEKTFABRIK
Nedergasse 23/3
A-1190 Wien
e-mail: projektfabrik@nexta.at

FORSCHUNGSFORUM im Internet:

<http://www.nachhaltigwirtschaften.at>

in Deutsch und Englisch

Eine vollständige Liste der Schriftenreihe „**Berichte aus Energie- und Umweltforschung**“ des BMVIT mit Bestellmöglichkeit findet sich auf der FORSCHUNGSFORUM HOMEPAGE: www.nachhaltigwirtschaften.at.

IMPRESSUM

FORSCHUNGSFORUM informiert über ausgewählte Projekte aus dem Bereich „Nachhaltig Wirtschaften“ des BMVIT.
Eigentümer, Herausgeber und Medieninhaber: Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie; Abteilung für Energie- und Umwelttechnologien; Leitung: Dipl.Ing. M. Paula; Rosengasse 4, A-1010 Wien. Fotos und Grafiken: Günter Simader, E.V.A. Energieverwertungsagentur, Forschungszentrum Jülich, Ballard Power Systems, Titelfoto: 250 kW_{el} MCFC Anlage, Firma MTU. Redaktion: Projektfabrik, A-1190 Wien, Nedergasse 23. Gestaltung: Grafik Design Wolfgang Bledl, gdwb@council.net. Herstellung: AV-Druck, A-1030 Wien, Faradaygasse 6.

- FORSCHUNGSFORUM erscheint mindestens vierteljährlich und kann kostenlos abonniert werden bei: Projektfabrik, A-1190 Wien, Nedergasse 23, e-mail: projektfabrik@nexta.at