

Zusammenfassung

zum Sachverständigenauftrag (Projekt Nr. 85/05)

Analyse und Bewertung von Instrumenten zur Markteinführung stationärer Brennstoffzellen



Saarbrücken, 15. September 2006

Inhaltsverzeichnis

Zusammenfassende Darstellung der Ergebnisse	I
AP 1 Aktueller Stand der Technik	III
1.1 PEFC (polymer electrolyte fuel cell)	IV
1.2 PAFC (phosphoric acid fuel cell)	V
1.3 MCFC (molten carbonate fuel cell)	V
1.4 SOFC (solid oxid fuel cell)	V
1.5 Förderbudgets weltweit	VI
AP 2 Niveau der deutschen Technologie im globalen Vergleich?	VII
AP 3 Benötigt die stationäre Brennstoffzelle eine Markteinführungshilfe?	X
AP 4 Markteinführungsstrategien der stationären Brennstoffzellen	XV
4.1 Anpassungen der Rahmenbedingungen	XV
4.2 Integration in den Wärmemarkt	XVI
4.3 Zur Integration von Brennstoffzellenanlagen in das Stromsystem	XVII
AP 5 Förderinstrumente für die Markteinführung von stationären Brennstoffzellen	XX
5.1 Vergleich mit internationalen Förderprogrammen	XX
5.2 Vorschlag für ein deutsches Markteinführungsprogramm	XX

Zusammenfassende Darstellung der Ergebnisse

Das Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie hatte im Dezember 2005 der IZES gGmbH den Auftrag erteilt, ein Gutachten zum Thema „Analyse und Bewertung von Instrumenten zur Markteinführung von stationären Brennstoffzellen“ zu erstellen.

Zunächst sollte der Stand der Technik (AP 1) und insbesondere der technologischen Entwicklung in Deutschland im internationalen Vergleich dargestellt werden (AP 2). Dann sollte der Frage nachgegangen werden, ob eine Markteinführungshilfe für stationäre Brennstoffzellen im Leistungsbereich von 1 - 250 kW_{el} notwendig ist. Szenarien der Industrie wurden hierbei bewertet (AP 3).

Der wesentliche Kern der Untersuchung bezog sich auf die Betrachtung von Markteinführungsstrategien und der Bewertung von Förderinstrumenten (AP 4/5). Dabei wurden zunächst die entsprechenden relevanten Förder- und Steuergesetze untersucht und Vorschläge für eine entsprechende Weiterentwicklung erarbeitet. Insbesondere die Analyse der Integration in den Wärmemarkt und in das Stromsystem bildet die Grundlage für eine Beurteilung der Rahmenbedingungen für eine erfolgreiche Markteinführung.

Zur Bewertung von geeigneten Förderinstrumenten wurden neben einer prinzipiellen Betrachtung insbesondere die Erfahrungen in USA und Japan ausgewertet. Der Focus auf die internationale Entwicklung war hilfreich für die Entwicklung eines nationalen Förderinstrumentes. Das Gutachten wurde mit einem ausgearbeiteten Vorschlag für ein Fördermodell für die Bundesrepublik Deutschland abgeschlossen.

Im technologischen Vergleich wurden 50 Firmen, davon 15 Firmen mit Standort in Deutschland, untersucht. Bei der Entwicklung von Brennstoffzellenheizgeräten (BZH), die für den Einsatz in Ein- und Mehrfamilienhäusern sowie im Gewerbe konzipiert sind, weisen japanische Produkte derzeit Vorteile auf. Eine Markteinführung steht dort kurz bevor. Einige deutsche Hersteller haben bereits langjährige Feldtests durchgeführt, andere befinden sich noch in der Entwicklungsphase oder am Anfang von Feldtests. Bei der Entwicklung von Industrieanwendungen ist Deutschland mit einem Produkt in der Weltspitze vertreten. Die Markteinführung könnte für diese Anlagen kurzfristig anlaufen.

Die Investitionen für stationäre Brennstoffzellen liegen sowohl bei den BZH als auch bei den BZ-BHKW noch so weit von der Wirtschaftlichkeitsschwelle entfernt, dass ein Markteintritt ohne Markteinführungshilfen nicht möglich ist.

Die Untersuchung von Szenarien der Industrie deuten daraufhin, dass durch entsprechende Hilfen in wenigen Jahren die Schwelle der Wirtschaftlichkeit erreichbar wäre.

Die Anpassung der Rahmenbedingungen stellt sich als wichtige Voraussetzung für eine Markteinführung heraus.

Als wichtigste Gesetze sind hier insbesondere das Kraft-Wärme-Kopplungsgesetz (KWKG) zu nennen, das Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG), die Heizkostenverordnung (HKV) sowie die Modernisierungsregelungen im BGB.

Marktpotenziale für den Einsatz der Brennstoffzelle sind ausreichend vorhanden. In allen Bereichen - im Wohn- und Gewerbebereich sowie im Industriebereich - ist ein dynamisches Wachstum zu erwarten.

Die Brennstoffzellengeräte sind so konzipiert, dass sie konventionelle Heizanlagen ersetzen werden. Im kommunalen Bereich können sie über Wärmenetze Wohn- und Gewerbebereiche mit Strom und Wärme versorgen. Im Industriebereich ist neben der Stromversorgung auch vielfach die Versorgung mit Dampf für Produktionsprozesse wichtig.

Brennstoffzellen sind Zukunftstechnologie, die sich durch eine hohe Effizienz (Wärme und Strom werden mit hoher Ausnutzung (ca. 90%) der Brennstoffe bereitgestellt (Kraft-Wärme-Kopplung)) und einen hohen Umweltnutzen auszeichnen. So können 20% bis 30% der Emissionen des Klimagases CO₂ gegenüber modernen großen Kraftwerken vermindert werden.

Brennstoffzellen müssen als dezentrale Stromerzeugungstechnologien faire Chancen gegenüber den traditionellen, zentralen Kraftwerken eingeräumt werden. Dazu gehören faire Bedingungen beim Zugang zu den Stromnetzen, faire Bedingungen bei der Nutzung von Stromnetzen sowie einem fairen Zugang zu relevanten Teilmärkten im Stromsektor.

Der Vorschlag eines Förderprogramms enthält zwei Förderinstrumente:

1. Erhöhte Einspeisevergütung nach KWKG-Gesetz
2. Festpreisvergütung für die Hersteller pro verkaufter und installierter Anlage

Das konkret durchgerechnete Förder-Modell würde ermöglichen, BZH bereits 2010 zur Markteinführung zu bringen (gegenüber geplant 2012) und damit gegenüber Japan aufzuholen. Gegenüber dem Innovationsprogramm der Bundesregierung ergäbe sich daraus eine Beschleunigung des Markteintritts und eine kürzere Markteintrittsphase.

Brennstoffzellen-BHKW könnten noch kurzfristiger in den Markt eingeführt werden. Im Innovationsprogramm der Bundesregierung sind bereits Mittel vorgesehen.

Für das gesamte Förderprogramm wären Mittel (Anschubfinanzierung) in Höhe von 560 Mio. € vorzusehen. Zusätzlich sind noch Bonuszahlungen in Höhe von 135 Mio. € über 10 Jahre zusätzlich zu den Vereinbarungen im KWKG-Gesetz erforderlich.

AP 1 Aktueller Stand der Technik

Zum jetzigen Zeitpunkt, mit Stand August 2006, gibt es im stationären Bereich KWK - fähige Brennstoffzellensysteme aller Leistungsklassen und Typen von etwa 50 verschiedenen Herstellern von Komplettsystemen bzw. Systemintegratoren. Diese befinden sich in einem mehr oder weniger entwickelten Stadium, beginnend bei ersten Tests an Pilotanlagen bzw. Prototypen bis hin zur Kleinserie von etwa 100 - 200 Anlagen, siehe dazu Abbildung 1. Auf dem japanischen Markt sind erste ernstzunehmende Bestrebungen in Richtung Markteinführung und Kommerzialisierung zu erkennen.

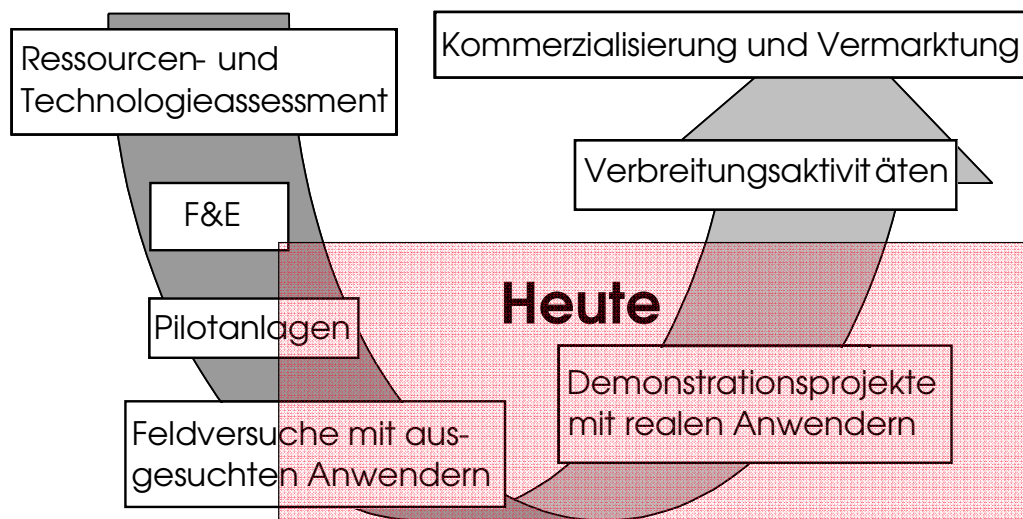


Abbildung 1: Entwicklungsstadium Brennstoffzellentechnologie

Zur Darstellung der jeweiligen Entwicklungsstufe eines Produkts wird üblicherweise zwischen Pilotanlagen bzw. Demonstratoren, Alpha-, Beta-, Gamma-Phase sowie dem daraus hervorgehenden marktreifen Produkt unterschieden. Abbildung 2 spiegelt die Entwicklungsstufen sowohl für die Brennstoffzellen-Heizgeräte als auch für die Brennstoffzellen-BHKW wider. Die Stückzahlen in der Alpha-Phase sind für Brennstoffzellen-BHKW und Heizgeräte weitgehend gleich. Für die folgenden Phasen - Beta und Gamma - sind die Stückzahlen für die Heizgeräte, verglichen mit den BHKW, deutlich höher anzusetzen. Dabei ist zu beachten, dass die Stückzahlen der einzelnen Phasen je nach Hersteller variieren können. Begleitende Forschungs- und Entwicklungsarbeiten sind für alle dargestellten Phasen notwendig.

Der weitaus größte Anteil der weltweiten Entwicklungsaktivitäten ist für die Bereiche PEFC- sowie SOFC-Technologie zu verzeichnen. Für diese beiden Technologien, hinsichtlich stationärer Anwendungen, ist der Hausenergiebereich bzw. die $1 \text{ kW}_{\text{el}} - 5 \text{ kW}_{\text{el}}$ Leistungsklasse, mit wenigen Ausnahmen, der wichtigste Sektor. Für die PAFC- und MCFC-Technologie sind die der-

zeitigen Entwicklungsaktivitäten beschränkt auf den 200 kW_{el} Leistungsbereich.

Alpha-Phase	Beta-Phase	Gamma-Phase	Produkt-Phase
Betrieb weniger Prototypen unter Laborbedingungen bzw. bei ausgesuchten Betreibern	10-100 Anlagen im Feldversuch, ständige Verbesserung aufgrund erzielter Erkenntnisse	Kleinserienfertigung, Betrieb von Anlagen unter Realbedingungen Kostensenkung, Optimierung	Nischenmärkte Massenproduktion und Vertrieb, kommerzieller Betrieb der Anlagen

Abbildung 2: Phasenmodell der Produktentwicklung

1.1 PEFC (polymer electrolyte fuel cell)¹

Der aktivste, hinsichtlich stationärer Brennstoffzellentechnologie, ist derzeit der Bereich der PEFC. Vor allem in Japan sind derzeit etwa zehn Firmen mit der Entwicklung bzw. dem Test von Brennstoffzellen-Heizgeräten der 1 kW_{el} – 5 kW_{el} Leistungsklasse beschäftigt. Auch Ballard und Hydrogenics aus Kanada sowie Plug Power aus den USA sind in diesem Leistungsbereich sehr aktiv, teils als Komplettsystemanbieter und teils als Stapellieferant. In Deutschland sind die Firmen efc, Vaillant und Viessmann bei der Entwicklung entsprechender Hausheizgeräte aktiv. Dabei setzen efc und Viessmann größtenteils auf eigene Zellstapelentwicklungen, Vaillant auf das Know-how von Plug Power. Ebenfalls sind in Europa zahlreiche Entwicklungen im Bereich PEFC-Heizgeräte zu verzeichnen. Die italienisch/US-amerikanische Nuvera hat derzeit den Alpha Feldtest begonnen. Die Anlagen werden jedoch in USA und Japan getestet. Die weltweit führenden Produkte, hinsichtlich stationärer Anwendung im Hausenergiesektor, müssen aufgrund unterschiedlicher gesetzlicher Regelungen getrennt nach Europa und den restlichen Nationen, identifiziert werden. Auf dem japanischen Markt scheint Toshiba mit etwa 200 installierten und einer publizierten derzeitigen Produktionskapazität von 20 Anlagen pro Monat in Führung zu liegen. Als Stapelhersteller haben u.a. Ballard und Plug Power eine weltweit führende Rolle. Große Erfahrungen hat auch Vaillant aus Deutschland mit etwa 60 europaweit installierten Anlagen, ausgestattet mit Plug Power Stapel. Die Firmen efc und Viessmann sowie das Konsortium inhouse4000 aus Deutschland setzen hingegen auf eigene Entwicklungen. Dabei befindet sich efc am Beginn der Beta-, Viessmann sowie inhouse4000 am Beginn der Alpha Phase, siehe dazu auch Abbildung 2.

¹ Polymermembran Brennstoffzelle

1.2 PAFC (phosphoric acid fuel cell)²

Weltweit gibt es nur sehr wenige Firmen, die Anlagen auf Basis der PAFC-Technologie anbieten. Weltweit führend, mit mehr als 280 installierten Anlagen und nachgewiesenen 55 000 Betriebsstunden mit einem Stapel, ist die Firma UTC aus den USA. Ebenfalls weit entwickelt ist die PAFC von Fuji aus Japan, welche laut Fuji aktuell eine Lebensdauer von 50 000 Betriebsstunden aufweist und in einer für 2007 angekündigten Optimierungsstufe mindestens eine Lebensdauer von 60 000 Stunden erreichen soll. Weitere Entwicklungen im Bereich der PAFC kommen von Bharat aus Indien, welche 2001 einen Prototypen installiert und getestet haben, jedoch die weitere Entwicklung (scheinbar) anschließend nicht fortgeführt haben.

1.3 MCFC (molten carbonate fuel cell)³

Weltweit ist die Anzahl der Firmen auf dem Gebiet der MCFC-Technologie übersichtlich. Die beiden Firmen MTU CFC aus Deutschland und FCE aus den USA sind hinsichtlich des Standes der Entwicklung größtenteils gleichauf, möglicherweise mit leichtem Vorsprung für FCE aufgrund der höheren Anzahl getesteter Systeme sowie einem, laut FCE, erteilten Auftrag einer 1 MW_{el} Hybridanlage, bestehend aus Brennstoffzelle und Gasturbine. Beide Firmen haben jedoch einen deutlichen Vorsprung vor GenCell, ebenfalls USA, IHI/Chubu Power aus Japan und Ansaldo Fuel Cells aus Italien.

1.4 SOFC (solid oxid fuel cell)⁴

Bei der Entwicklung in der 1 kW_{el} – 5 kW_{el} Klasse sind weltweit mehr als zehn Firmen aktiv. Deutlich die größte Anzahl von SOFC-Heizgeräten wurde von Sulzer Hexis installiert und betrieben. Nach dem Ausstieg des Sulzer Konzerns Ende 2005 wird die Weiterentwicklung des BZH durch die Hexis AG wahrgenommen. CFCL aus Australien bzw. Großbritannien hat Ende 2005 die ersten Feldtestanlagen in Deutschland installiert. Auch die US-amerikanische Acumentrics hat bisher etwa 20 Anlagen installiert und getestet. Die weiteren Hersteller und Systemintegratoren liegen in der Entwicklung etwas zurück und befinden sich derzeit in der Prototypen- bzw. beginnender Alpha-Phase. Weltweit sind von Sulzer Hexis die größte Anzahl Anlagen installiert, gefolgt von Acumentrics und FCT. Die Anlage von CFCL befindet sich am Anfang der Alpha Phase.

² phosphorsaure Brennstoffzelle

³ Schmelzkarbonat Brennstoffzelle

⁴ keramische Brennstoffzelle

Bei der Entwicklung in der 200 kW_{el} Klasse sind weltweit etwa fünf Firmen aktiv. Diese befinden sich alle im Stadium Demonstrator bzw. Prototypentests. Siemens PG hat bereits 1998 eine 100 kW_{el} Anlage in Westervoord in Holland installiert und dort über 17 000 Stunden betrieben. Später wurde diese Anlage im RWE Meteorit Brennstoffzellen Park weitere etwa 4 000 Stunden betrieben. Nach insgesamt etwa 21 000 Stunden Betriebsdauer konnte keine Stapeldegradation festgestellt werden. Weitere Ziele der Siemens PG sind die Entwicklung einer Hybridanlage bestehend aus Brennstoffzelle und Gasturbine, sowie die Entwicklung einer 500 kW und langfristig einer Multimegawattanlage. Die weiteren Anbieter befinden sich derzeit noch im Prototypenstadium. Beispielsweise hat Mitsubishi Heavy Industries für die Weltausstellung in Aichi 2005 zwei 50 kW_{el} Anlagen produziert und während der Ausstellung betrieben.

1.5 Förderbudgets weltweit

Der Vergleich der absoluten Budgets zeigt, dass Japan seit 2001 deutlich vor der restlichen Welt liegt. In 2003 hat das Fördervolumen etwa den 10 fachen Wert des deutschen, den 4,5 fachen des europäischen und den 1,5 fachen Wert des US amerikanischen Volumens.

In 2004 und 2005 lag die Förderung des Bundes und der Länder für Brennstoffzellen und Wasserstofftechnologie in Deutschland bei jeweils etwa 65 Mio. €. Das Förderbudget für 2006 liegt bei etwa 70 Mio. €.

Jahr	DE	EU	USA	Japan
2001	19 Mio. €	36 Mio. €	126 Mio. €	157 Mio. €
2002	33 Mio. €	36 Mio. €	111 Mio. €	208 Mio. €
2003	33 Mio. €	69 Mio. €	186 Mio. €	306 Mio. €
2004	65 Mio. €	69 Mio. €	304 Mio. €	400 Mio. €
2005	65 Mio. €	69 Mio. €	402 Mio. €	430 Mio. €
2006	70 Mio. €	69 Mio. €	270 Mio. € (DoE)	260,3 Mio. € (METI)

AP 2 Niveau der deutschen Technologie im globalen Vergleich?

Insgesamt wurde das technologische Entwicklungsniveau von 25 Brennstoffzellensystemen in sechs Kategorien bewertet. Die Anzahl der bewerteten Brennstoffzellen innerhalb der einzelnen Kategorien ist in Abbildung 3 dargestellt.

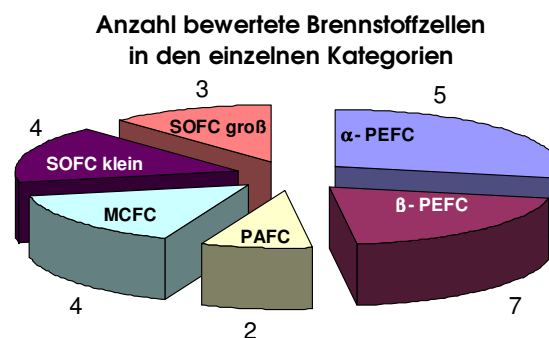


Abbildung 3: Anzahl Brennstoffzellen innerhalb der einzelnen Kategorien

Etwa die Hälfte aller bewerteten Brennstoffzellen sind den Kategorien α - bzw. β -PEFC Brennstoffzellen-Heizgeräte (BZH) zuzuordnen. Dort werden derzeit auch die größten Anstrengungen hinsichtlich einer baldigen Markteinführung betrieben. In Japan ist zu erwarten, dass kurzfristig weitere Hersteller PEFC-Heizgeräte in realen Anwendungen testen. Der Vergleich des technologischen Entwicklungsstandes der japanischen mit den deutschen bzw. europäischen Anlagen ergibt auf den ersten Blick einen klaren Vorteil für Japan. Zu beachten ist jedoch, dass zum gegenwärtigen Zeitpunkt die Geräte aus Japan in ihrer derzeitigen Ausführung, aufgrund geltender Gesetze, mit großer Wahrscheinlichkeit nicht in Deutschland betrieben werden dürfen. Beispielsweise wären bei einem Einsatz in Deutschland Anpassungen des Anlagendesigns hinsichtlich des Ortes der Aufstellung – die japanischen Geräte werden außerhalb der Gebäude installiert – notwendig. Dies hat aus jetziger Sicht Auswirkungen hinsichtlich der derzeit eingesetzten Sicherheitstechnik sowie der Abluffführung. Insgesamt ergibt sich für die deutschen Hersteller im internationalen Vergleich derzeit ein positives Bild. Vaillant hat mit Plug Power einen international führenden Stapelhersteller als langjährigen Partner an der Seite. Der Umstieg auf Hochtemperaturpolymermembranen sollte gemeinsam mit Plug Power kurzfristig umsetzbar sein, die Anpassung des Gesamtsystems an die Anforderungen des HT-PE-Stapel verbunden mit entsprechenden Tests erscheint schwieriger aber

ebenfalls umsetzbar. Efc ist hinsichtlich des momentanen Entwicklungsstandes, Anfang Beta-Phase, im internationalen Vergleich konkurrenzfähig. Durch sorgfältige Planung, kompetente Tochterfirmen innerhalb der Baxi Gruppe und der Eigenentwicklung der eingesetzten Schlüsselkomponenten kann mit einem erfolgreichen Beta-Feldtest gerechnet werden. Im Sektor der PEFC-Heizgeräte befinden sich weitere deutsche Hersteller in (inhouse4000) bzw. zu Beginn der Alpha-Phase (Viessmann). RWE und BBT haben ihre Brennstoffzellenaktivitäten deutlich reduziert, verfügen jedoch über kurzfristig verfügbares Knowhow.

Im Sektor PAFC sind keine deutschen Hersteller aktiv. Am Markt verfügbar sind die Anlagen von UTC und Fuji Electric, welche jeweils mit einer Anzahl von > 200 weltweit installiert wurden und zum Teil noch betrieben werden. Einige dieser Anlagen haben eine Betriebsstundenzahl > 50 000 erreicht.

Im Sektor MCFC wurden insgesamt vier Hersteller, darunter die deutsche Firma MTU CFC Solutions, technologisch bewertet. Insgesamt ergibt sich, dass MTU CFC und FCE aus den USA die beiden Marktführer, mit leichten Vorteilen für FCE, sind. Die Firmen IHI (Japan) und Ansaldo (IT/USA) befinden sich derzeit am Beginn der Alpha- Phase.

Im Sektor SOFC-Heizgeräte ist, entsprechend den Entwicklungen im Sektor PEFC-Heizgeräte, eine deutliche Zunahme der Entwicklungsaktivitäten feststellbar. Als europäischer Vertreter von insgesamt vier bewerteten Herstellern ist hier die schweizerische Hexis AG vertreten. In Europa war Sulzer Hexis Marktführer, mit der Galileo-Anlage wurde ein deutlicher Sprung in Richtung kommerzielles Produkt geschafft. Die weiteren Entwicklungen werden von der im Januar 2006 gegründeten Hexis AG übernommen. Mit CFCL ist ein weiterer Akteur in diesem Sektor am europäischen Markt vertreten und aufgrund des Kooperationsabkommens mit der EWE Oldenburg mit ersten Geräten in Deutschland vertreten. Weltweit führend in diesem Sektor sind die nordamerikanischen Unternehmen FCT aus Kanada und Acumentrics aus den USA. Aus deutscher Sicht ist das Gerät von FCT deshalb interessant, weil dort Siemens Brennstoffzellenstapel eingesetzt werden, was wiederum zur Erweiterung der Betriebserfahrungen von Siemens beiträgt. Acumentrics hat aus jetziger Sicht jedoch Vorteile gegenüber FCT, begründet durch den momentan unklaren Status von FCT und der Zugehörigkeit von Acumentrics zum SECA Förderprojekt des DoE. Es ist zu erwarten, dass demnächst in diesem Sektor Prototypen bzw. Alpha Geräte der Firmen Vaillant (Webasto), Kyocera und Mitsubishi Materials getestet werden.

Im Sektor der großen SOFC-Anlagen wurden insgesamt drei, darunter der deutsche Hersteller Siemens, in die Bewertung aufgenommen. Im Vergleich des technologischen Entwicklungsniveaus wurde Siemens deutlich als Marktführer identifiziert. Siemens, die u. a. durch den Kauf von Westinghouse ebenfalls in den USA vertreten sind, wird dort, wie auch Acumentrics und weitere vier Firmen, innerhalb des SECA-Förderprojekts finanziell unterstützt. Die Firmen Ztek und Mitsubishi Heavy Industries befinden sich derzeit am

Beginn der Alpha-Phase. Bemerkenswert sind noch die Entwicklungen von Rolls Royce, die derzeit einen Prototyp mit einer Leistung von etwa 80 kW_{el} testen. Dieser ist modular aus fünf 15 kW_{el} Stapeln aufgebaut und soll später als Einzelmodul einer 250 kW_{el}-Anlage dienen.

AP 3 Benötigt die stationäre Brennstoffzelle eine Markteinführungshilfe?

Die Aufgabenstellung: „Kann sich die stationäre Brennstoffzelle im Wettbewerb mit der konventionellen Konkurrenz ohne Markteinführungshilfe etablieren oder ist eine Markteinführungshilfe zwingend erforderlich?“ kann unserer Meinung nach nur bearbeitet und beantwortet werden, wenn durch eine Bewertung ein Vergleich mit den konventionellen Energiewandlern ermöglicht wird.

Alle Auswertungen im Arbeitspaket 3 basieren auf den Szenarien von VDMA AG BZ und IBZ zur degressiven Preisentwicklung durch Technologiefortschritt und Serienfertigung bezogen auf Fertigungstückzahlen.

Die monetäre Bewertung von Nutzen und Aufwand des Systems erfolgt hier durch den Erlös- Kosten- Quotient EK_{sy} . Er ist das Verhältnis der Summe der Erlöse $\Sigma \epsilon_E$ aus der Nutzenergie Strom ϵ_{el} und der Nutzenergie Wärme ϵ_{th} zu der Summe der Kosten $\Sigma \epsilon_K$. Es werden hier jedoch nur die Erlöse in Bezug auf die Summe aus Brennstoffkosten plus Investitionskosten betrachtet. Dies geschieht deshalb, weil die variablen und fixen Betriebskosten von Prototypen, Kleinstseriengeräten, Seriengeräten und marktetablierten Produkten schwer erfassbar und kaum vergleichbar sind. Werden die Erlöse nur auf die Brennstoff- und die Investitionskosten bezogen, gelten hier für die sich daraus berechnenden Erlös- Kosten- Quotienten EK_{sy} die folgenden Regeln:

Erlös- Kosten- Quotienten, $EK_{sy} < 1$: Die betrachtete Anlage kann unter keinen Umständen wirtschaftlich betrieben werden, da die Erlöse von Brennstoff- und Investitionskosten bereits aufgebraucht wurden.

Erlös- Kosten- Quotienten, $1 < EK_{sy} < 1.25$: Die betrachtete Anlage kann wahrscheinlich nicht wirtschaftlich betrieben werden, da von den Erlösen nicht mindestens 20% {Erklärung: $100\% / (100\% - 20\%) = 1.25$ } für die variablen und fixen Betriebskosten verblieben sind.

Erlös- Kosten- Quotienten, $EK_{sy} > 1.25$: Die betrachtete Anlage kann wahrscheinlich wirtschaftlich betrieben werden, da von den Erlösen mehr als 20% für variable und fixe Betriebskosten zur Verfügung stehen.

Für Beispielrechnungen werden verschiedene Vergleichsszenarien angenommen. Elektrische Energie wird dabei zentral in Kraftwerken aus den fossilen Brennstoffen, Braunkohle, Steinkohle und Erdgas bereitgestellt. Die dezentrale Wärmeerzeugung erfolgt mit fossilem Gas oder Öl betriebenen dezentralen Heizkesseln.

Die energetische Bewertung von Nutzen und Aufwand zeigt in Abbildung 4 (Brennstoffausnutzungsgrad, d. h. Nutzenergien bezogen auf den Brennstoffenergieeinsatz als Funktion des Stromanteils, d. h. Stromenergie bezogen auf die Nutzenergiesumme aus Strom und Wärme) deutlich, dass heu-

te am Markt viele dezentrale KWK- Anlagen verfügbar sind, welche einen Brennstoffausnutzungsgrad von über 75% besitzen. Außer den Mikroturbinen sind alle ausgewählten KWK- Anlagen bei energetischer Betrachtung besser als das Vergleichsszenarium von Brennwert-Heizkessel und GuD-Kraftwerk!

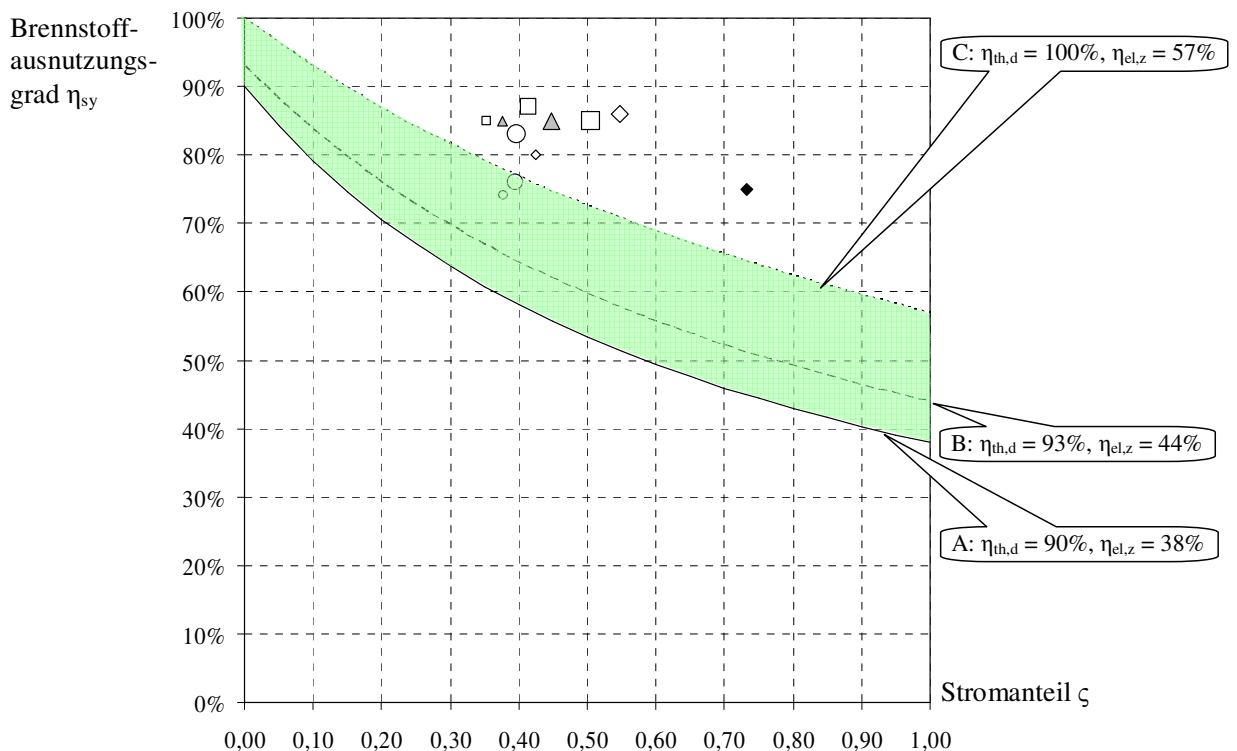


Abbildung 4: : Die Brennstoffausnutzungsgrade η_{sy} dezentraler KWK- Anlagen sind als Punkte eingezeichnet, siehe Legende. Zum Vergleich ist das Szenario zentraler Stromerzeugung durch Kraftwerke mit dem elektrischen Wirkungsgrad $\eta_{el,z}$ und dezentraler Wärmeenerzeugung durch Heizkessel mit dem thermischen Wirkungsgrad $\eta_{th,d}$ dargestellt.

Wandlertyp	4 MW	250 kW	50 kW	5 kW
Erdgas Turbine	○	○		○
Erdgas Motor	□	□		□
Diesel Motor		△		△
Erdgas Brennstoffzelle		◇		◇
H ₂ Brennstoffzelle			◆	

Die gasbetriebene Brennstoffzelle 250kW_{el} besitzt den höchsten Stromanteil der realisierten KWK- Anlagen und liegt folglich relativ am weitesten rechts. Der Gasmotor 4MW besitzt den höchsten Brennstoffausnutzungsgrad der KWK- Wandler, liegt also am höchsten. Dies wird durch einen kleineren Stromanteil erkauft, weshalb er etwas weiter links liegt als die Brennstoffzelle. Die Wasserstoff- Brennstoffzelle, eine derzeit theoretische KWK- Anlage, besitzt den höchsten Stromanteil und liegt folglich am weitesten rechts, dient lediglich zum Vergleich für eine mögliche optimierte Zukunftsvision.

Die nicht optimierte Wärmenutzung senkt aber den Brennstoffausnutzungsgrad des Systems auf 75%.

Die monetäre Bewertung von Nutzen und Aufwand zeigt, dass die mit Gas betriebenen 4MW KWK- Anlagen deutlich oberhalb der Vergleichsszenarien liegen und somit die besten Chancen auf Wirtschaftlichkeit besitzen, siehe in Abbildung 5 die obersten Symbole innerhalb der Ellipse (oberhalb der Linie). Ihnen folgen mit Gas betriebene 250kW KWK- Anlagen. Die 5kW KWK- Anlagen liegen nur knapp oberhalb der Vergleichsszenarien. Die monetäre Bewertung der Brennstoffzellen zeigt deutlich, dass sie derzeit alle unterhalb der Linie liegen und daher bei den gegebenen Randbedingungen keine Chance auf Wirtschaftlichkeit besitzen (siehe die untersten Symbole innerhalb der Ellipse unterhalb der Linie in Abbildung 5)).

Diese Darstellung der wirtschaftlichen Situation der Brennstoffzellen zeigt klar, dass bei den heutigen Investitionskosten keine Chance auf einen wirtschaftlichen Betrieb besteht und demnach eine Markteinführungshilfe dringend notwendig ist.

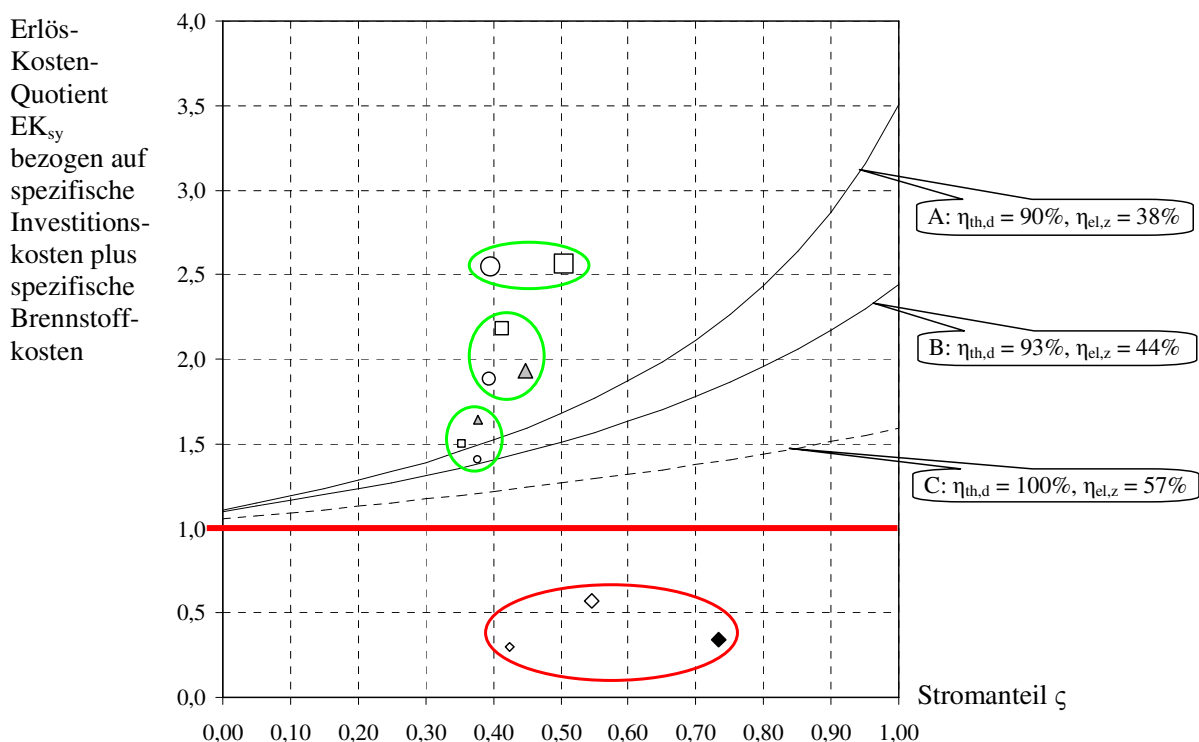


Abbildung 5: Bezogen auf die Summe aus spezifischen Investitionskosten plus spezifischen Brennstoffkosten ist der gemeinsame Erlös-Kosten-Quotient EK_{sy} eines Systems, bestehend aus zentraler Stromerzeugung im Kraftwerk mit dem Wirkungsgrad $\eta_{el,z}$ und dezentraler Wärme-

Wandler typ	4 MW	250 kW	50 kW	5 kW
Erdgas Turbine	○	○		○
Erdgas Motor	□	□		□
Diesel Motor		△		△
Erdgas Brennstoffzelle		◇		◇
H ₂ Brennstoffzelle			◆	

erzeugung durch Heizkessel mit dem Wirkungsgrad $\eta_{th,d}$, als Funktion des gemeinsam erzeugten Stromanteils ζ dargestellt. Für die ausgewählten dezentralen KWK- Anlagen, siehe Tabelle, sind ebenfalls die gesamten Erlös-Kosten- Quotienten EK_{sy} als Punkte eingezeichnet.

Deshalb wurde berechnet, ab welcher Investitionskostenhöhe der Erlös-Kosten- Quotient die Werte $EK_{sy} > 1$ bzw. $EK_{sy} > 1.25$ erreicht. Man erhält somit Sollkostenpunkte für einen möglichen wirtschaftlichen Betrieb. Bringt man diese Kostenentwicklung und Sollkostenpunkte mit den Szenarien der Brennstoffzellenhersteller in Beziehung, erhält man zu den berechneten Sollkostenpunkten auch noch **Zeiträume**, wann diese Sollkostenpunkte erreicht werden könnten. Diese Zeiträume zeigen dann, wann ein wirtschaftlicher Betrieb zu erwarten ist und wann die Brennstoffzellen relativ zu den konventionellen Energiewandlern gleichauf liegen.

Die Auswertung der **Szenarien** ergibt mit den Daten von 2005, dass die Brennstoffzellen- BHKW mit ~200kW elektrischer Leistung den Bereich der Vergleichsszenarien der vergleichbaren Energiewandler im Jahr 2011 erreichen könnten, siehe Abbildung 6 im Rahmen. Wann ungefähr der Bereich der Kostendeckung durchlaufen und der Bereich des wirtschaftlichen Betriebs erreicht wird, ist ebenfalls dargestellt.

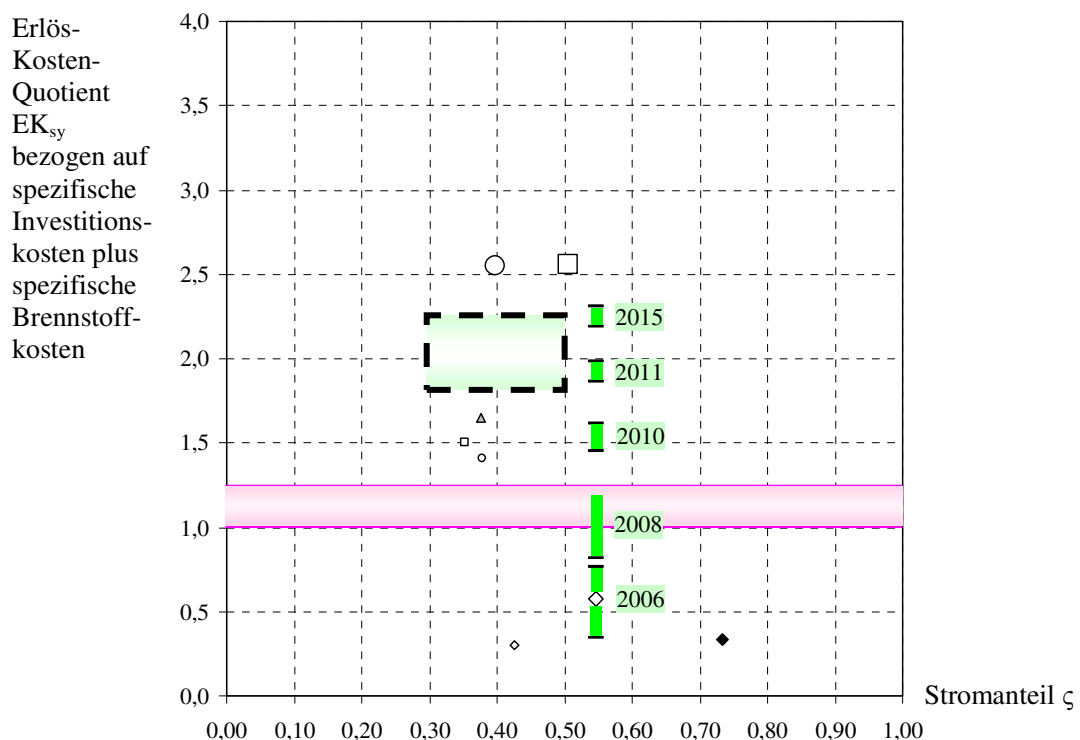


Abbildung 6: Bezogen auf die Summe aus spezifischen Investitionskosten plus spezifischer Brennstoffkosten ist der Erlös- Kosten- Quotient EK_{sy} für die

Wandlertyp	4 MW	250 kW	50 kW	5 kW
Erdgas Turbine	○	○		○
Erdgas Motor	□	□		□
Diesel Motor		△		△
Erdgas Brennstoffzelle		◇		◇
H ₂ Brennstoffzelle			◆	

ausgewählten dezentralen KWK-Anlagen (Rahmen) als Punkte eingezeichnet und als Funktion des erzeugten Stromanteils ζ dargestellt. Die Balken stellen dar, wann die Brennstoffzellen-BHKW ~200kW aufgrund des Lernkurvenverlaufs den Bereich der Wettbewerbs-BHKW erreichen und wann der Bereich der Kostendeckung durchlaufen wird.

Die Auswertung der Lernkurven ergibt mit den Daten von 2005, dass die Brennstoffzellen-Heizgeräte mit ~3kW elektrischer Leistung den Bereich der Vergleichsszenarien der vergleichbaren Energiewandler im Jahr 2015 fast erreichen. Wann ungefähr der Bereich der Kostendeckung durchlaufen wird und der Bereich des möglichen wirtschaftlichen Betriebs erreicht wird, ist ebenfalls dargestellt, siehe folgende Abbildung.

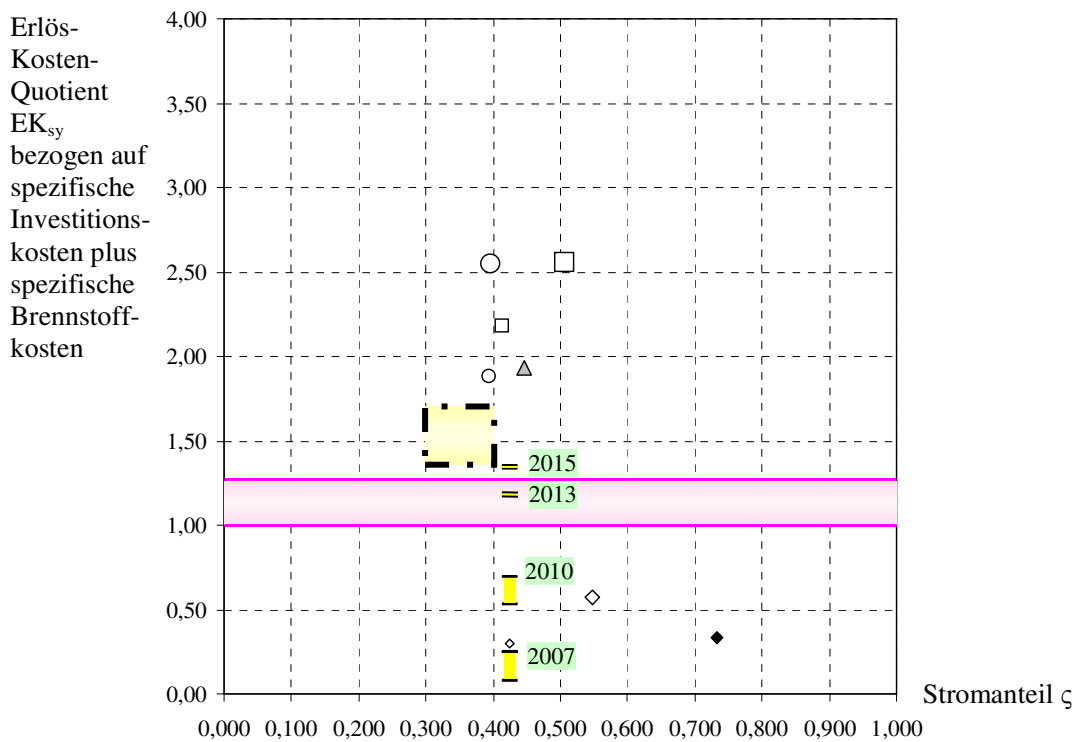


Abbildung 7: Bezogen auf die Summe aus spezifischen Investitionskosten plus spezifischen Brennstoffkosten ist der Erlös-Kosten-Quotient EK_{sy} für die jeweils ausgewählten dezentralen KWK-Anlagen (Rahmen) als Punkt eingezeichnet und als Funktion des erzeugten Stromanteils ζ dargestellt. Die Balken stellen dar, wann die Brennstoffzellen-Heizgeräte aufgrund des Lernkurvenverlaufs den Bereich der Wettbewerbs-BHKW erreichen und wann der Bereich der Kostendeckung durchlaufen wird.

Wandlertyp	4 MW	250 kW	50 kW	5 kW
Erdgas Turbine	○	○		○
Erdgas Motor	□	□		□
Diesel Motor		△		△
Erdgas Brennstoffzelle		◇		◇
H ₂ Brennstoffzelle			◆	

AP 4 Markteinführungsstrategien der stationären Brennstoffzellen

Eine erfolgreiche Markteinführungsstrategie stationärer Brennstoffzellen muss die Bedingungen einer Integration in den Wärmemarkt und in das Stromsystem berücksichtigen und vorhandene Hemmnisse beseitigen. Ansonsten wird gegen ungünstige Rahmenbedingungen angefordert, das volkswirtschaftliche Gesamtergebnis bleibt suboptimal.

Daher wurden diese Bedingungen analysiert und Hemmnisse sowie Ansatzpunkte für ihre Überwindung aufgezeigt.

4.1 Anpassungen der Rahmenbedingungen

Bei der Analyse der Förder- und Steuergesetze wurden vier wesentliche Gesetze identifiziert, die für eine Optimierung angepasst werden müssen:

Da ist zum einen das **Kraft-Wärme-Kopplungsgesetz** (KWKG) von 2002. Brennstoffzellen werden durch eine Bonuszahlung bei der Einspeisung des erzeugten elektrischen Stromes gefördert und damit wirtschaftlich gestellt. Verschiedene Untersuchungen haben gezeigt, dass die derzeitigen Bonuszahlungen in Bezug zu den möglichen Zielkosten für einen Markteintritt der Brennstoffzellentechnologien nicht ausreichend sind. Daher muss die Höhe entsprechend angepasst werden.

Das **Erneuerbare-Energien-Gesetz** (EEG) fördert Brennstoffzellentechnologien in Verbindung mit Biomassenutzung durch eine Zuzahlung, die über die jeweilige Vergütung hinausgeht. Entsprechend der Änderung im KWKG müsste eine Harmonisierung erfolgen.

Die **Heizkostenverordnung** (HeizkostenV) regelt die Weiterberechnung der Kosten von Heizanlagen im Wohnungsbereich. Weder im Falle eines Betriebs durch den Eigentümer oder Vermieter noch im Falle des Betriebs durch einen Contractor, können Kosten eindeutig und zweifelsfrei umgelegt werden. Deshalb sollten entsprechende Anpassungen erfolgen.

Die Modernisierungsregelungen im **BGB (§§ 554, 559)** sind nicht geeignet, eine Umlage der Investitionen von Brennstoffzellenanlagen (analog wie bei Mikro KWK Anlagen) in Gebäuden widerspruchsfrei zu ermöglichen. Auch hier sollte eine Anpassung erfolgen.

4.2 Integration in den Wärmemarkt

Potenziale für stationäre Brennstoffzellen: Trotz zurückgehenden Wärmebedarfes in den nächsten Jahrzehnten gibt es ausreichend Potenziale für den Einsatz von stationären Brennstoffzellen.

Im Wohn- und Gewerbebereich wird ein dynamisches Marktwachstum von bis zu 80 MW_{el} pro Jahr zwischen 2010-2020 für möglich gehalten. Dabei nimmt die Versorgung von Wohngebäuden durch Nahwärme aus Brennstoffzellen BHKW eine Vorrangstellung ein. Insbesondere zwischen 2008-2015 wird es einen erhöhten Umstellbedarf von konventionellen Heizungen geben.

Andere Technologie wie z.B. Stirling, Mikro-Gasturbinen, Holz-Pellet- oder Wärmepumpen und Solare-Nahwärme, drängen ebenfalls in den Wärmemarkt.

Im Industriebereich ist ein dynamisches Wachstum von durchschnittlich 40 MW_{el} pro Jahr im Zeitraum 2010-2020 an installierten Brennstoffzellen BHKW möglich. Insbesondere hocheffizienten Brennstoffzellen-Kraftwerken ab 1 MW_{el} für die Strom- und Prozesswärmeversorgung von Industriebetrieben wird ein aussichtsreiches Potenzial zugeschrieben.

Ökonomische Faktoren: Die Strom- und Gaspreisentwicklung beeinflusst die Wirtschaftlichkeit des Betriebes von Brennstoffzellen gleichermaßen. Die Liberalisierung des Erdgasmarktes ist daher ein wichtiger Faktor für eine Integration der stationären Brennstoffzellen in den Wärmemarkt.

Sie hängt zudem von den Preisen der Einsatzbrennstoffe, der Preisentwicklung und ihrer Verfügbarkeit ab. Allerdings wirkt sich die Preisvolatilität bei KWK nicht so stark aus wie bei ungekoppelter Wärmezeugung, da das Koppelprodukt Wärme an die Preisentwicklung der Einsatzbrennstoffe angebunden ist.

Die Wärmegestehungskosten werden allerdings maßgeblich vom erzielbaren Stromerlös beeinflusst. Da Strom- und Gaspreisbildung nicht unabhängig voneinander sind, kann die für die Wirtschaftlichkeit sensible Gaspreisentwicklung teilweise kompensiert werden.

Technische Faktoren: Bei den Brennstoffzellenheizgeräten ist entscheidend, zuverlässige, wirtschaftliche, kompakte Heizgeräte marktverfügbar bereitzustellen, die konventionelle Heizanlagen „nahtlos“ ersetzen.

Für stationäre Brennstoffzellen ab 100 kW_{el} sind die Bedingungen ähnlich. Maßstäbe setzen hier die eingeführten BHKW-Technologien (Gasmotoren, Mikroturbinen, etc.).

Voraussetzung für einen nachhaltigen Erfolg bei der Markteinführung ist auch die Möglichkeit, verschiedene Brennstoffarten, insbesondere in Hochtemperaturbrennstoffzellen, einsetzen zu können. Insbesondere Schwachgase regenerativen Ursprungs sind hierbei zu beachten.

Akteursspezifische Faktoren: Die Angebotsseite wird von Marktakteuren insbesondere aus den Bereichen der Energiedienstleistungs- und Contractingunternehmen oder auch dem Handwerk dargestellt. Akteursvielfalt ist dabei sicherlich kein Hindernis bei der Markteinführung, sondern wird auch dem innovativen Charakter der BZ-Technologien gerecht. Insbesondere die Qualifikation des ortsansässigen Handwerks wird für eine breite Markteinführung der Brennstoffzellenheizgeräte eine wichtige Voraussetzung sein.

Eine Nahwärmeversorgung kann nur durch eine hohe Kooperationsbereitschaft und Akzeptanz verschiedener Akteure umgesetzt werden. Deshalb müssen die Voraussetzungen vor allen Dingen auf lokaler Ebene hergestellt werden.

Rechtliche Faktoren: Zu den wesentlichen rechtlichen Faktoren gehören die bereits genannten Gesetze (KWKG, EEG, HeizkostenV, BGB), die entsprechend angepasst werden müssen.

4.3 Zur Integration von Brennstoffzellenanlagen in das Stromsystem

Brennstoffzellen als nicht-stochastische und flexible Stromerzeugungsoptionen können theoretisch in millionenfacher Anzahl in das bestehende Stromsystem integriert werden und seinen Charakter dabei sukzessive und nachhaltig verändern.

Eine möglichst optimale Integration in das System erscheint aus mindestens zwei Gründen wichtig:

- Eine Technik, die geeignet ist, das Gesamtsystem zu verändern und dabei bisherige Techniken zu ersetzen, sollte grundsätzlich nicht in einer geschützten Sonderrolle verharren, sondern sich von Beginn an seinen Spielregeln anpassen und in eine Gesamtoptimierung des Systems einbezogen werden.
- Es ist ökonomisch suboptimal, von staatlicher Seite durch eine reine Schutzzaunpolitik gegen mögliche Hemmnisse und Widerstände der bisherigen Systemteilnehmer „anzufördern“, als vielmehr zu versuchen, diese vorher durch faire Rahmenbedingungen zu neutralisieren.

Faire Rahmenbedingungen zur sukzessiven Integration von Brennstoffzellenanlagen in das System zielen in erster Linie auf die Schaffung eines gleichberechtigten Spielfeldes ("level playing field") für sämtliche Stromerzeugungsoptionen.

Sie setzen konkret an drei Punkten an:

1. **Fairer Zugang zu den Netzen** als Voraussetzung für den Zugang zu den wettbewerblichen Teilmärkten.

Waren es in der Vergangenheit Großkraftwerke, die problemlos an das Stromnetz angeschlossen wurden und es für den Transport und die Verteilung des von ihnen erzeugten Stroms nutzen konnten, so gilt es heute, kleineren Anlagen die gleichen Möglichkeiten einzuräumen.

Wichtig für einen fairen Netzzugang ist zum einen die unbedingte Netzanschlusspflicht für alle Brennstoffzellenanlagen, zum anderen die Festlegung der Netzanschlusskosten als „flache“, nicht prohibitive Kosten für die Anlagenbetreiber sowie der Einspeisevorrang für alle dezentralen Anlagen zumindest solange, wie ein hohes Diskriminierungspotenzial und -interesse seitens der Netzbetreiber besteht.

Insbesondere bei sehr kleinen und verbrauchernahen Anlagen wie den Brennstoffzellen ist zudem ein vereinfachtes Mess- und Abrechnungsverfahren zu empfehlen.

2. **Faire Netznutzungsbedingungen und Neutralisierung von Negativanreizen der Netzbetreiber gegen dezentrale Beiträge zur Stromversorgung**

Das Verhältnis zwischen dezentraler Erzeugung und den Stromverteilernetzbetreibern ist bislang eher gespannt, was vor allem an den Interessensunterschieden liegt, die durch die bestehenden Rahmenbedingungen bestimmt werden. Die künftige Anreizsituation der Netzbetreiber wird maßgeblich durch die Festlegung der Netznutzungsentgelte und damit durch die künftige Anreizregulierung gestaltet. Daher ist es von besonderer Wichtigkeit zu versuchen, die Interessenunterschiede durch die Regelungen der Anreizregulierung zumindest zu entschärfen, wenn nicht gänzlich aufzulösen.

Dies betrifft eine Reihe sehr detaillierter Ansätze im Rahmen der Ermittlung der Kostenbasis, der Durchführung eines Effizienzvergleichs (Benchmarking) sowie der automatischen Anpassung der Startwerte innerhalb eines definierten Regulierungszyklus („Anpassungspfad“). Ergänzend sind Anreize im Rahmen einer flankierenden Qualitätsregulierung zu verankern.

3. Fairer Zugang zu den wettbewerblichen Teilmärkten

Ein diskriminierungsfreier Netzzugang ist nicht zu verwechseln mit einem diskriminierungsfreien Marktzugang, ersterer ist lediglich eine notwendige, aber keine hinreichende Bedingung für letzteren.

Marktzugangsfragen müssen letztlich durch die weitere wettbewerbliche Entwicklung in Deutschland beantwortet werden, insbesondere durch das Marktdesign und die Entwicklung der Akteurssituation in den Teilmärkten. Erst wenn Vertrauen in diese Teilmärkte hergestellt ist und sie ihre Funktionsfähigkeit unter Beweis gestellt haben, werden dezentrale Anlagenbetreiber – einzeln oder gebündelt, unterstützt von Netzbetreibern oder Dritten – ihre Möglichkeiten im Wettbewerb ausloten können, und es bedarf keiner weiteren spezifischen Regelungen.

Wir sind uns bewusst, dass die flächendeckende Markteinführung einer neuen Technologie wie die der Brennstoffzelle über faire Rahmenbedingungen hinaus stets einer zusätzlichen staatlichen Förderung bedarf, um bestehende Voreingenommenheiten und Pfadabhängigkeiten zu überwinden und in die notwendige Wirtschaftlichkeit hineinzuwachsen. Insofern stellen faire Rahmenbedingungen eine aus ökonomischer und systemarer Sicht notwendige, aber keine hinreichende Bedingung für ihre erfolgreiche Systemintegration dar.

AP 5 Förderinstrumente für die Markteinführung von stationären Brennstoffzellen

5.1 Vergleich mit internationalen Förderprogrammen

Derzeit gelten die U.S.A. und Japan als federführend bei der Markteinführung von Brennstoffzellen. Durch groß angelegte und inhaltlich abgestimmte Allianz-Programme werden dort Know-how von Industrie und Forschung miteinander verschmolzen mit dem Ziel, durch Arbeitsteilung die Entwicklungsgeschwindigkeit zu erhöhen und gleichzeitig Kosten zu senken. Die Arbeitsteilung stellt sich insbesondere dadurch dar, dass die Brennstoffzellenperipherie und Grundlagenforschung an Forschungsinstitutionen oder Komponentenhersteller abgegeben wird, um durch Offenlegung der Spezifikation ein für alle Beteiligten verwendbares System zu entwickeln. Der Austausch zwischen den geförderten Teams wird dabei durch staatliche Einrichtungen sichergestellt.

Entsprechend genau definierter Zielvorgaben wird der Entwicklungsweg in Phasen unterteilt vorgegeben. Gleichzeitig bietet jede folgende Entwicklungsphase größere Anreize für die Projektteams, was die Entwicklungsgeschwindigkeit nochmals erhöhen soll.

Entsprechend den Beispielen von U.S.A. und Japan entwickelt derzeit auch die Europäische Kommission einen Fahrplan mit definierten Zielvorgaben zur Markteinführung von Brennstoffzellen, genannt HyWays.

Um die Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologie zum Punkt der Markteinführung zu bringen, wurde ebenfalls eine europäische Plattform entwickelt, welche europäische Programme und Programme der Mitgliedsstaaten harmonisieren und steuern soll. Die Joint Technology Initiative dient dabei als zentrales Instrument und soll durch die gemeinsame Beteiligung von Kommission und Industrie die weitere Entwicklung fördern.

In Anlehnung an diese Strategie, den Wissensaustausch sicherzustellen, die Arbeit gezielt aufzuteilen sowie durch definierte Zielvorgaben einerseits steuernd einzugreifen und andererseits Anreize für eine schnelle Entwicklung zu bieten, wurde ein Vorschlag für ein deutsches Vorgehen entwickelt.

5.2 Vorschlag für ein deutsches Markteinführungsprogramm

Zunächst muss deutlich betont werden, dass in der Bundesrepublik Deutschland über mehrere Jahre hinweg dringend eine weitere massive Förderung von F&E, Demonstrationsprojekten und danach Feldtests not-

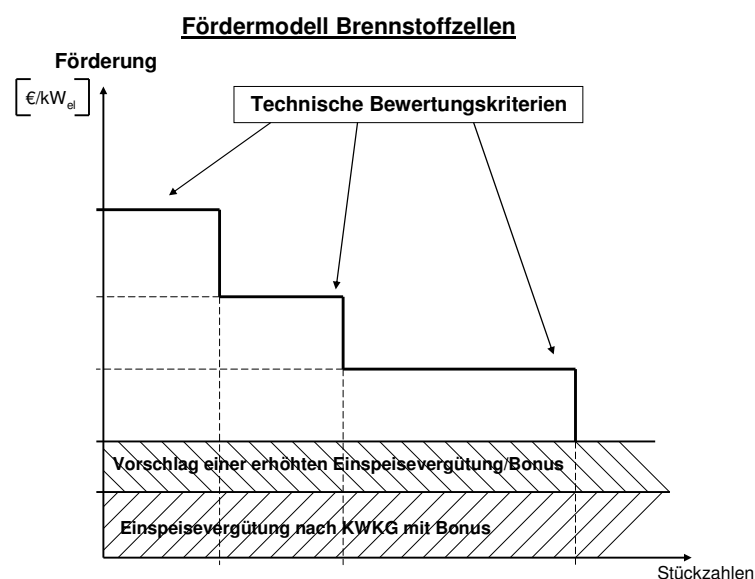
wendig ist, um die verschiedenen Brennstoffzellen überhaupt erst an die Schwelle der Markteinführung zu bringen! Dazu dient das Nationale Innovationsprogramm „Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologie“, das prinzipiell für die nächsten Jahre vorgesehen ist, aber zurzeit gerade konkretisiert und mit dem „Strategierat Wasserstoff und Brennstoffzellen“ zu einem Nationalen Entwicklungsplan abgestimmt wird.

Die deutschen Hersteller von Brennstoffzellen befinden sich in unterschiedlichen Entwicklungsstadien mit entsprechend unterschiedlichem Fördermittelbedarf. Wir plädieren daher für ein Fördermodell, das nicht über die Zeitachse gelegt wird, sondern über die installierten Stückzahlen.

Wir schlagen die Kombination von 2 Förderinstrumenten vor.

Als Grundvoraussetzung gilt: Alle Hemmnisse gegenüber Brennstoffzellen müssen beseitigt und in günstige Rahmenbedingungen umgewandelt werden. Dies gilt insbesondere für den Strom- und Wärmemarkt (siehe AP 4).

1. Eine **erhöhte Einspeisevergütung nach KWKG-Gesetz** sollte einen Teil des Fördermittelbedarfes abdecken.
2. Eine **Festpreisvergütung pro verkaufter und installierter Anlage** sollte in 3 Stufen zur Marktreife führen. Am Ende jeder Stufe sind bestimmte technische und wirtschaftliche Benchmarks zu erfüllen.



Das gesamte Fördermodell sollte zu Beginn der Markteinführungsphase gemeinsam von Fördermittelgeber und Industrie festgelegt werden. Neue Erkenntnisse im Zeitverlauf können (und sollten) zu einer Änderung der jeweiligen Förderhöhe und -dauer führen.

Für die einzelnen Stufen ist einerseits an eine Deckelung der insgesamt und der pro Hersteller geförderten Anlagen zu denken. Darüber hinaus sollten Zeitkomponenten eingeführt werden. Die Möglichkeit der Erlangung einer Festpreisförderung sollte pro Stufe zeitlich begrenzt werden. Diese Grenze sollte allerdings nicht zu eng gezogen werden, um „Nachzüglern“ noch Wettbewerbschancen zu lassen. Einen zeitlichen Wettbewerbsdruck könnte man dadurch erreichen, dass man die Festpreisförderung pro Stufe jedes Jahr um einen bestimmten vorher festgelegten Prozentsatz senkt.

Das Fördermodell sollte für Brennstoffzellen-BHKWs unterschieden werden von Brennstoffzellen-Heizgeräten und diese wiederum in solche mit durchschnittlich 1,5 kW_{el} und solche mit durchschnittlich 5 kW_{el}. Für diese Gruppen wurde das Fördermodell mit konkreten Zahlen modellhaft durchgerechnet und auf Konsistenz überprüft. Dabei wurden nicht die Szenarien von VDMA AG BZ und IBZ genommen, sondern eigene Zahlen, die sich an dem Aufbau von Kleinserienfertigungen orientieren und empirisch verifizierten Lernraten. Folgende Tabelle fasst das Fördermodell für die drei unterschiedenen Leistungsklassen zusammen.

Brennstoffzellen Klasse	1. Stufe		2. Stufe		3. Stufe		Bonus
	€/kW	Anzahl	€/kW	Anzahl	€/kW	Anzahl	ct/kWh
200 kW	3000	200	2000	400	1000	800	5,5
5 kW	6500	600	3500	1200	1500	2400	9
1,5 kW	9000	1500	5000	3000	2500	6000	9

Bei unterstellten zwei Herstellern bei den Brennstoffzellen- BHKWs, fünf Herstellern der kleinen Brennstoffzellen-Heizgeräten und drei Herstellern bei den größeren ergäbe sich danach insgesamt ein **Volumen von etwa 540 Mio. € an Festpreisförderungen**. Dazu kommen die Einspeisevergütungen, wobei sich aus dem **Bonus etwas mehr als 135 Mio. € Mehrkosten** gegenüber der bestehenden Vergütung von 5,11 ct/kWh (KWKG-Gesetz) über einen Zeitraum von 10 Jahren ergeben, nicht zu vergessen die Grundvergütung und die vermiedenen Netznutzungsentgelte. Die Belastung für die Stromkunden durch diese zusätzliche Einspeisevergütung ist jedoch sehr gering.

Das von uns konzipierte Fördermodell zur Markteinführung von stationären Hausanwendungen (Brennstoffzellenheizgeräte von 1-5 kW_{el}) sollte früher greifen als von IBZ entsprechend dem Nationalen Entwicklungsplan zum Innovationsprogramm „Wasserstoff- und Brennstoffzellen“ vorgesehen und nicht so lange laufen. Im Vergleich zu den Zahlen der IBZ würden wir nicht erst 2012 in ein Markteinführungsprogramm einsteigen, sondern bereits 2010. Das würde bedeuten, dass zwischen 2010 und 2012 keine Demonstrationsprojekte mehr gefördert werden, sondern bereits die Markteinführung. Durch die vorgeschlagene Erhöhung der Einspeisevergütung (Bonus) wird eine Wirtschaftlichkeit bereits bei höheren Kosten pro kW erreicht. Auf der Grundlage der Zahlen der IBZ wird die Wirtschaftlichkeit bereits 2015 erreicht und nicht erst 2020.

Gegenüber den Kosten für ein Markteinführungsprogramm sind die positiven Effekte für die Volkswirtschaft nicht zu vergessen. Wenn das Markteinführungsprogramm rechtzeitig greift, dann kann deutsche Technologie auf dem wichtigen Zukunftsmarkt eine entscheidende Rolle spielen. Das große Potenzial der Brennstoffzellen als dezentrale Strom- und Wärmeerzeuger führt nicht nur zu einer spürbaren Umweltentlastung, sondern auch zu positiven ökonomischen Effekten bei den Herstellern, Zulieferfirmen und dem Fachhandwerk. Insofern kann man nicht nur von einem Technologieförderprogramm sprechen, sondern auch von einem Wirtschaftsförderungsprogramm. Die dadurch nachhaltig entstehenden Arbeitsplatzeffekte lassen sich in diesem Gutachten nicht beziffern, sind aber keinesfalls zu vernachlässigen.

