

Dezentrale Gebäudeversorgung mit Brennstoffzellen-Heizgeräten

Entwicklungsstand und Marktchancen

Dipl.-Ing. TU Kai Klinder, Produktmanagement Brennstoffzellen
Vaillant GmbH, D-42859 Remscheid

Zusammenfassung

- Brennstoffzellen-Heizgeräte werden mittelfristig die Energieversorgung verändern und bieten gute ökologische und ökonomische Chancen.
- Die Markteinführung kleiner stationärer Anlagen für Häuser folgt den Regeln der Heizungsbranche, benötigt dadurch lange Vorlaufzeiten und intensive Kommunikation mit allen Marktteilnehmern.
- Die Zuverlässigkeit kleiner Anlagen, lange Standzeiten und niedrige Herstellkosten sind Grundvoraussetzungen für den Markterfolg.
- Das Virtuelle Kraftwerk verbindet die dezentrale Kraft-Wärme-Kopplung in Häusern mit den Optimierungspotenzialen eines zentralen Netzmanagements.
- Die Wirtschaftlichkeit eines BZH hängt neben den technischen vor allem von den rechtlichen Rahmenbedingungen ab.



Bild 1: Vaillant Brennstoffzellen-Heizgerät Feldtest-Prototyp 2001

Innovation Brennstoffzellen-Heizgerät

Im Bewusstsein der Bevölkerung kommt der Strom nach wie vor ganz einfach „aus der Steckdose“. Warum ist das so? Strom wird nur bei Nichtverfügbarkeit wahr genommen und ist dadurch ein Low-Interest-Produkt.

Bei Heizgeräten ist dies ähnlich und daher hat Vaillant sich bereits früh mit diesem Konflikt befasst. Eine Erkenntnis war, dass öffentliche Meinungsbildungsprozesse im Low-Interest Sektor bis zu 10 Jahre benötigen. Vaillant hat daher bereits 1997 kurz nach Projektstart eine Informationsoffensive gestartet, um die Themen Brennstoffzelle, KWK und Energiedienstleistungen interessierten Kreisen näher zu bringen. Der Erfolg gibt Vaillant recht: das heutige

Interesse an Brennstoffzellen-Heizgeräten ist bereits sehr groß, die Erwartungen sind allseits hoch gespannt.

Ein weiterer Megatrend unterstützt den aktuellen Meinungsbildungsprozess: der Megatrend Individualisierung. Aktuelle Protagonisten sind der Personal Computer, das Mobiltelefon, das Eigenheim und das Internet. Allen gemeinsam ist die starke persönliche Nutzen-Zuordnung. Die Erkenntnis für die produzierende Industrie kann eigentlich nur lauten: den persönlichen Nutzen stärken und mit dem Megatrend zum Markterfolg!

Die individuelle Stromproduktion mit Brennstoffzellen-Heizgeräten wird langfristig die Energieversorgung revolutionieren und neue Dienstleistungsprodukte hervorbringen, immer mit dem Ziel die Kundenwünsche individueller und besser zu erfüllen. Denkt man beispielsweise an Klimaschutz auf der einen und Ökonomie auf der anderen Seite, könnte die Brennstoffzelle hier die Brücke bilden: die ökologische Stromerzeugung mit Brennstoffzellen wird mittelfristig auch nachhaltig wirtschaftlich sein, und erfüllt damit den Wunsch der individuellen Nutzer nach kostengünstiger Energieversorgung bei gleichzeitigem Schutz des Klimas.

Parallel zur besseren weil individualisierten Nutzung findet eine weitere Revolution statt: mit der persönlichen Entscheidungsfreiheit der Nutzer wächst auch deren Einfluss auf die Marktstrukturen. Der einstige „Abnehmer“ wandelt sich zum „Kunden“ mit größerer Nachfragemacht und breiteren Gestaltungsmöglichkeiten, oder er wird sogar zum Wettbewerber. Damit wird die Energieversorgung weit über bisherige Liberalisierungsbemühungen hinaus „demokratisiert“. Die Interessen der „neuen Kunden“ werden bei Energiedienstleistern künftig stärker Berücksichtigung finden müssen.

Dennoch sollte man nicht in den Glauben verfallen, dass heutige Großkraftwerke kurzfristig durch Brennstoffzellen ersetzt werden. Erst langsam werden sich Mischstrukturen herausbilden. Dezentrale und zentrale Technik wird zusammen im Stromnetz vernetzt betrieben. Grundlastkraftwerke, Mittellastanlagen und kleine flinke dezentrale Erzeuger optimieren im Verbund die Stromproduktion. Eine Vision, die auf dem PC-Sektor bereits Wirklichkeit wurde: Millionen von Internetnutzern und zahlreiche Großrechner im weltweiten Netz vereint.

Marktprognose

Nach den neuesten Marktanalysen ist ein Milliardenmarkt in Sicht: In 2010 soll der Umsatz mit stationären Brennstoffzellensysteme aller Größen und den zugehörigen Dienstleistungen in Europa über 2,5 Mrd. Euro betragen und liegt damit gleich auf mit dem nordamerikanischen Markt. In Westeuropa wird allein im häuslichen Bereich mit Systemen unter 10 kW_{el} ein Umsatz von knapp 1 Mrd. Euro erwartet /1/. Die Prognosen von Vaillant lassen in Europa langfristig eine jährliche Stückzahl von etwa 250.000 häuslichen Systemen unter 10 kW_{el} erwarten.

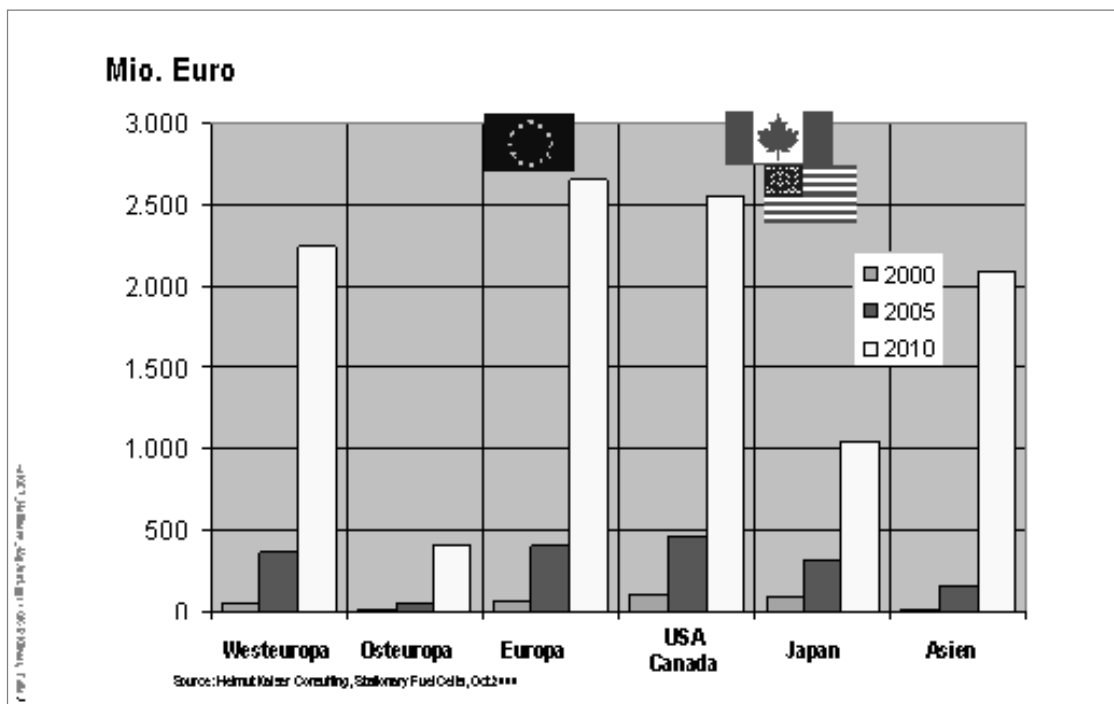


Bild 2: Markt für Anlagen und Dienstleistungen im Bereich stationärer Brennstoffzellen für die Hausanwendung /1/

Erprobung im Labor und Feldtestprogramm

Vaillant arbeitet in enger Kooperation mit seinem Partner Plug Power an der Optimierung des Brennstoffzellen-Heizgeräts. Oberstes Ziel ist ein qualitativ hochwertiges langlebiges Produkt mit höchster Zuverlässigkeit anbieten zu können. Hier geht Qualität vor Schnelligkeit. In den Labors bei Plug Power (Latham, N.Y) und bei Vaillant in Remscheid werden ständig mehrere Prototypen unter wirklichkeitsnaher Verbrauchssituation getestet. Bis Anfang 2001 lagen kumuliert über 140.000 Stunden Betriebserfahrung mit Niederdruck-PEM-Systemen



Bild 3: Reformierprüfstand bei Plug Power in Latham, USA

vor. Der erstmalige Test mehrerer BZHs in Wohnhäusern ist für die zweite Jahreshälfte 2001 geplant. Anschließend erfolgt ein Test mit über 50 Systemen, die erstmalig als Virtuelles Kraftwerk zusammengeslossen werden.



Bild 4: Test von BZHs im Vaillant Labor in Remscheid, D

Entwicklungserfolge bis 2001

Neben höchster Produktqualität ist oberstes Ziel Kostenreduzierung. Zusätzlich zur planbaren Kostenreduzierung über Serienstückzahlen muss in der frühen Entwicklungsphase dieses Ziel vor allem durch kompakteres Design und die Vereinfachung der Systemkomplexität erreicht werden. Ein äußerlich sichtbares Zeichen dieser Entwicklungsfortschritte ist die Systemgröße. Seit Mai 2000 konnte eine Halbierung des Volumens und des Gewichts erreicht werden.

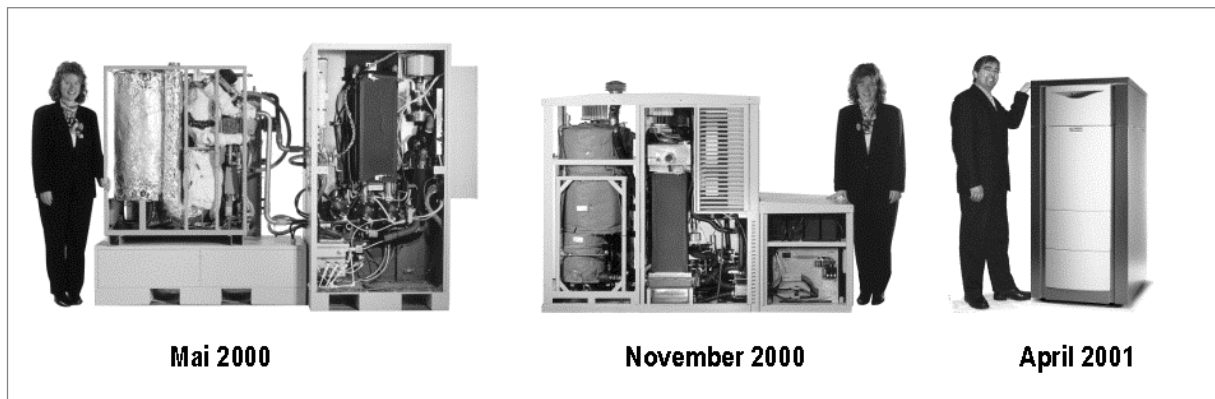


Bild 5: Reduzierung der Baugröße um 50% in einem Jahr

Systemaufbau

Das BZH wird mit Erdgas betrieben. Vor dem Eintritt in den Reformer müssen zunächst die schwefelhaltigen Bestandteile, z.B. Odorierungsmittel abgeschieden werden, um eine Schädigung der Katalysatoren im Reformer und der Brennstoffzelle zu vermeiden.

Dem Reformer werden Erdgas, Wasserdampf und Luft zugeführt und dort zu wasserstoffreichem Gas, dem Reformat, umgewandelt. Es gelangt zum Brennstoffzellen-Stack, wird dort befeuchtet und reagiert in den Brennstoffzellen mit Luftsauerstoff, es entsteht elektrische Energie und Wärme. Der Wechselrichter wandelt den Gleichstrom in hausüblichen

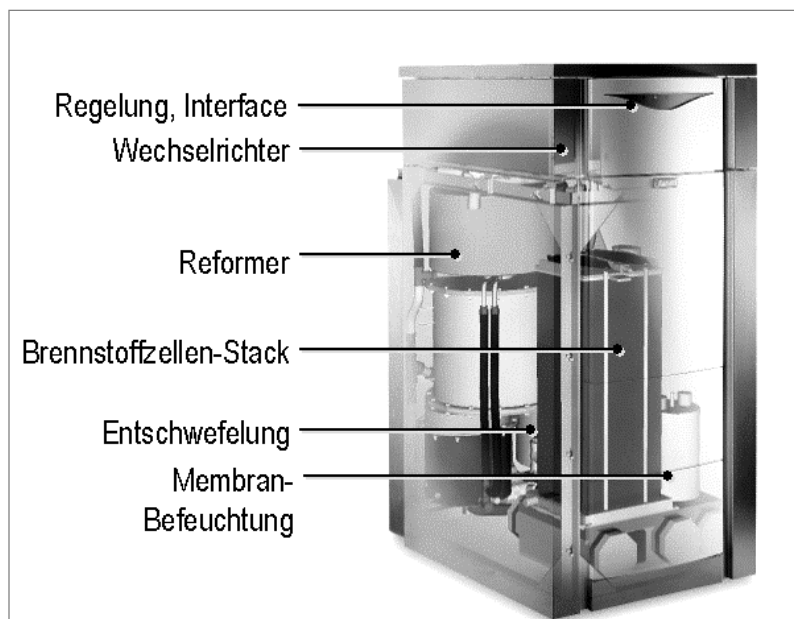


Bild 6: Vaillant BZH Feldtest-Prototyp 2001

Wechselstrom um. Die freiwerdende Wärme geht in den Heizkreis.

Da speziell beim Anfahren die Brennstoffzelle nicht das gesamte ihr zugeführte Brenngas umsetzt, werden brennbare Restgase in einem katalytischen Nachbrenner vollständig nachverbrannt. Die Wärme dieses Abgasstromes wird zum Beheizen des Reformers verwendet. Das Abgas der Brennstoffzelle und des Zusatzheizgerätes werden gemeinsam über eine brennwerttaugliche Abgasleitung abgeführt.

Spezifikation

Technische Daten (Zielwerte)

| | |
|----------------------------------|---|
| ● Elektrische Leistung | 1 - 4,6 kW_{el} netzparallel |
| ● Thermische Leistung | 1,5 - 7 kW_{th} plus ca. 25-50kW_{th} |
| ● Einsatz | Mehrfamilienhaus, Kleingewerbe |
| ● Elektrischer Netz-Wirkungsgrad | > 35 % |
| ● Gesamtwirkungsgrad | > 80 % |
| ● Brennstoff | Erdgas |
| ● Lebensdauer des Systems | 15 Jahre, 80.000h |
| ● Wartungsintervall | alle 2 Jahre (Inspektion jedes Jahr) |
| ● Vor- / Rücklauftemperatur max. | 70 / 55 °C |
| ● Abgastemperatur max. | 75 °C |

Bild 7: Zielwerte für das BZH Serienprodukt

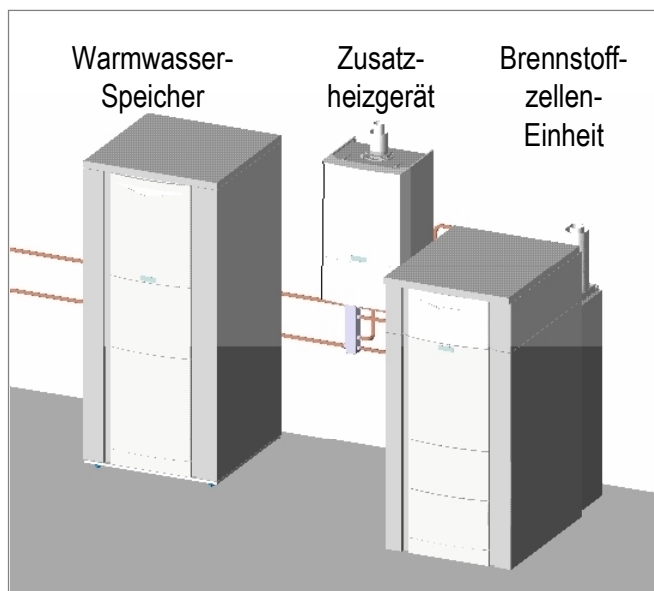


Bild 8: Vaillant BZH Komplettsystem

Wirtschaftlichkeit

Der große Modulationsbereich der Brennstoffzelle erlaubt den ganzjährigen Betrieb, auch zur reinen Warmwasserbereitung im Sommer. Bei hohen Wärmeanforderungen, z.B. im Winter, deckt ein Zusatzheizgerät die thermischen Spitzen ab. In das Heizungssystem ist ein Brauchwasserspeicher integriert, der vorwiegend durch die Brennstoffzelle geladen wird und die zeitlich unterschiedlichen Strom- und Wärmebedarfe im Haus ausgleicht.

Damit sind aus technischer Sicht alle

Voraussetzungen für lange Betriebszeiten und somit für eine exzellente Wirtschaftlichkeit gegeben.

Wie bei allen kleinen KWK-Anlagen bestimmen allerdings zahlreiche weitere Faktoren die Wirtschaftlichkeit eines BZH. Nachstehende Grafik zeigt die wichtigsten Einflussfaktoren.

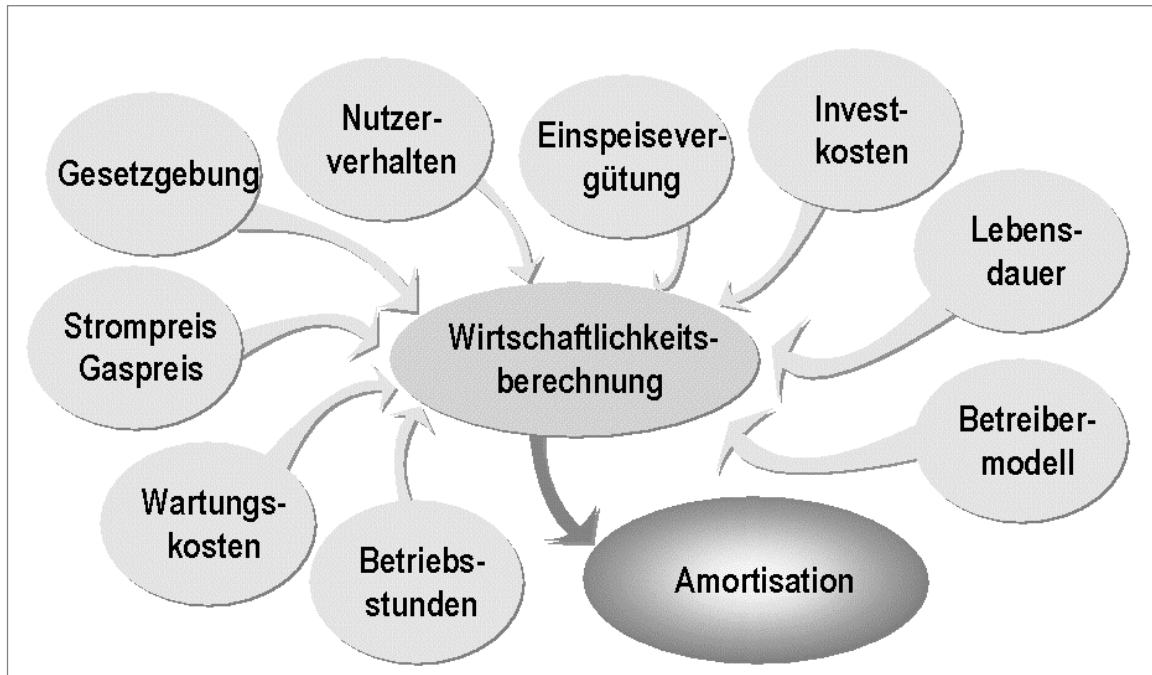


Bild 9: Einflussfaktoren auf die Wirtschaftlichkeit kleiner KWK-Anlagen

Ein privater Betreiber würde beispielsweise mit untenstehender Betriebsführungsstrategie am günstigsten fahren. Unter Zugrundelegung heutiger Energiepreise, geringer Rückspeisevergütung und einem künftigen Serien-Gerätepreis von 3000 DM/kW_{el} würden sich BZHs nach 6 bis 7 Jahren voll amortisieren.

Betriebsstrategien für den privaten Betreiber

Wärme

- Wärmegeführter Betrieb mit modulierender Betriebsweise
- Zusatzheizgerät deckt thermische Lastspitzen
- Intelligente Speicherladung während der Spitzenstromerzeugung

Strom

- Ideal: Stromerzeugung = Eigenverbrauch
- Strombezug vom Netz, wenn Eigenverbrauch höher als Stromerzeugung
- Überschuss-Strom in das Netz
- Vermeidung von Einspeisung
- Spitzenstromerzeugung

Verfeinert man die Betriebsweise, in dem das BZH zu bestimmten Zeiten, in denen die Netzlast steil ansteigt und der Strombedarf im Netz Spitzen zeigt, auf Vollast schaltet und die Maximalmenge an Strom einspeist, kann das BZH aus Sicht der Netzbetreiber teuren Spitzenstrom substituieren, den Lastgang glätten (Peak Shaving) und aus Sicht der Privatbetreiber wertvollen Spitzenstrom produzieren. Die parallel überproduzierte Wärme geht in den Wärmespeicher.

Es liegt auf der Hand, dass diese integrierende Fahrweise besonders wirtschaftlich ist und im Zusammenspiel mit regenerativen, aber leider wetterabhängigen Stromquellen wie Wind oder Photovoltaik, eine echte Bereicherung darstellt.

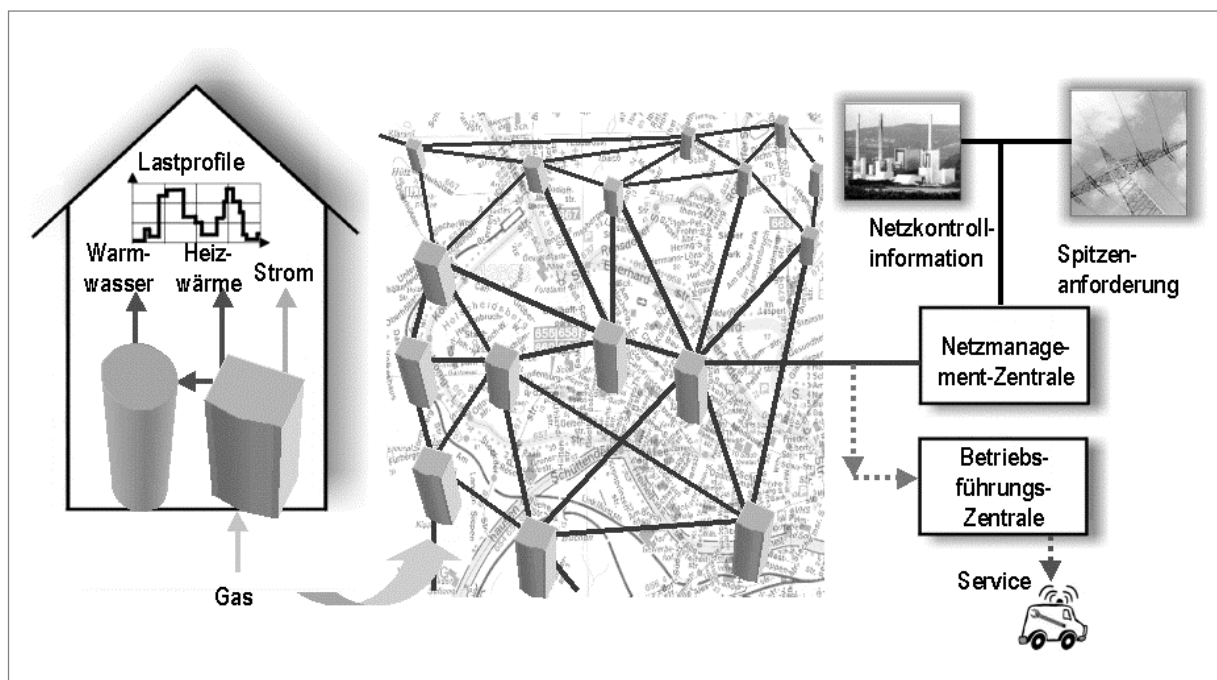


Bild 10: Das Virtuelle Kraftwerk kombiniert dezentrale Mikro-Kraft-Wärmekopplung mit dem vorgelagerten Stromnetz

Rechtliche Rahmenbedingungen für den Marktstart

Für eine erfolgreiche Markteinführung sind klare Rahmenbedingungen absolut notwendig. Die nicht unerheblichen Investitionen werden nur dann getätigt, wenn für den Investor alle wichtigen juristische Fragestellungen, die Förderpolitik sowie die Energiepreisentwicklung mittelfristig, besser noch langfristig, kalkulierbar bleiben. Fragen wie Zulassung, Netzzugang, Netznutzung, Mietrechts- und Energierechtsfragen müssen rechtzeitig vor Marktstart

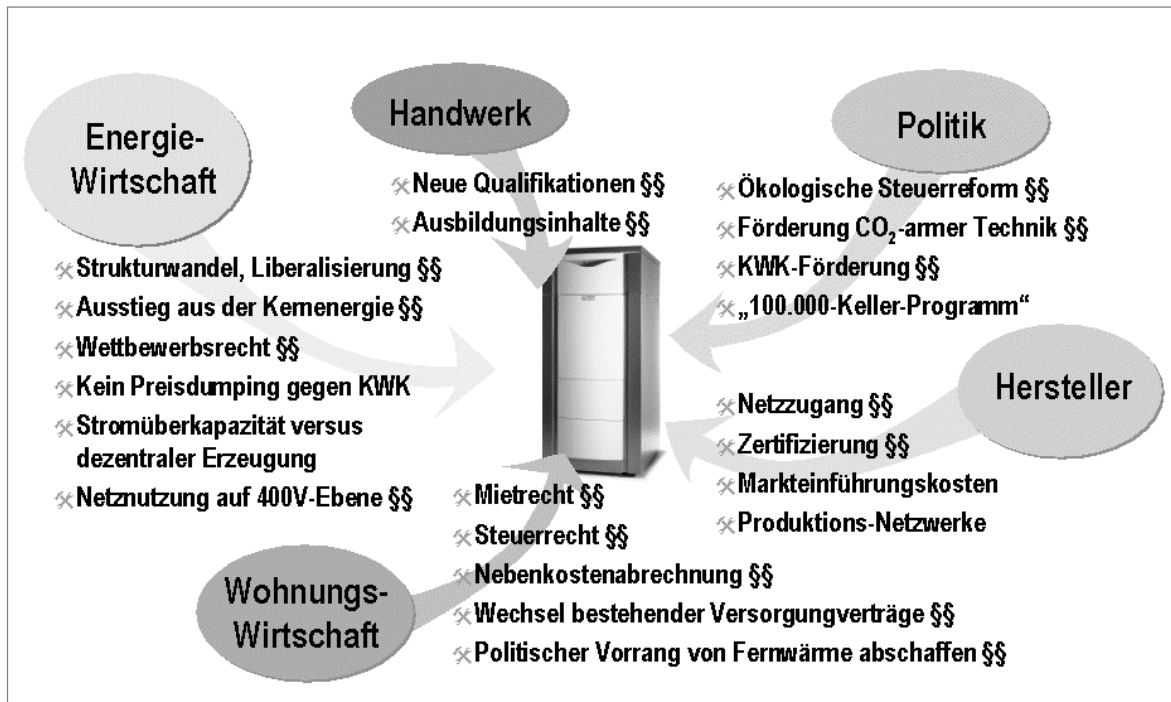


Bild 11: Player im Energiemarkt, Aufgabenfelder für die Politik

geklärt sein. Das Handwerk muss intensiv geschult sein und in neue Energiedienstleistungskonzepte eingebunden werden. Das Wettbewerbsrecht muss möglichen Wettbewerbsverzerrungen bereits frühzeitig entgegenreten, um beispielsweise Strompreisdumping zu verhindern. Und nicht zuletzt müssen auch die Hersteller ein gut ausgebautes Service-netz mit bestens qualifizierten Supportmitarbeitern aufbauen.

Neuer Markt Private Energie-Dienstleistung

Bisherige Versorgungsangebote liefern die Commodities Strom, Gas und Wasser, oder übernehmen bekannte Entsorgungsaufgaben. Weitergehende Konzepte hin zu multifunktionalen Energiedienstleistungen und Home Services werden zwar derzeit diskutiert, sind aber im Privatkundenbereich erst im Anfangsstadium. Die zunehmende Liberalisierung wird hier allerdings den Markt kräftig in Bewegung bringen.

Es ist davon auszugehen, dass auch im Energiedienstleistungsmarkt neue Produkte und auch neue Marktteilnehmer in Erscheinung treten werden. Neue Dienstleistungen rund um das Stichwort Komfort tragen der Erkenntnis Rechnung, dass ein Großteil der Verbraucher von Strom und Wärme sich nicht länger im Detail um die Technik kümmern möchte. Der Markt ist reif für Full-Service-Angebote, die neben der Energielieferung die kompetente Beratung, Finanzierung, Installation, Betrieb, Wartung, Instandhaltung sowie Abrechnung umfassen. Dies gilt sowohl für gewerbliche Objektbetreiber (Wohnungsbaugesellschaften, Hausverwaltungen, Behörden) wie auch für ein noch unangetastetes Marktpotential an privaten Investoren aus dem Ein- und Mehrfamilienhausbereich. Auch erwähnt sei, dass sich die Altersstruktur der Kunden in den nächsten Jahren massiv verschieben wird: Immer mehr Senioren werden verstärkt auf externe Dienstleistungen angewiesen sein.

Bisher fehlte es aber an wirklich attraktiven Gesamtkonzepten. Contracting-Projekte sind bis dato planungsintensiv, häufig komplex und sind in der Regel nur bei größeren Projekten

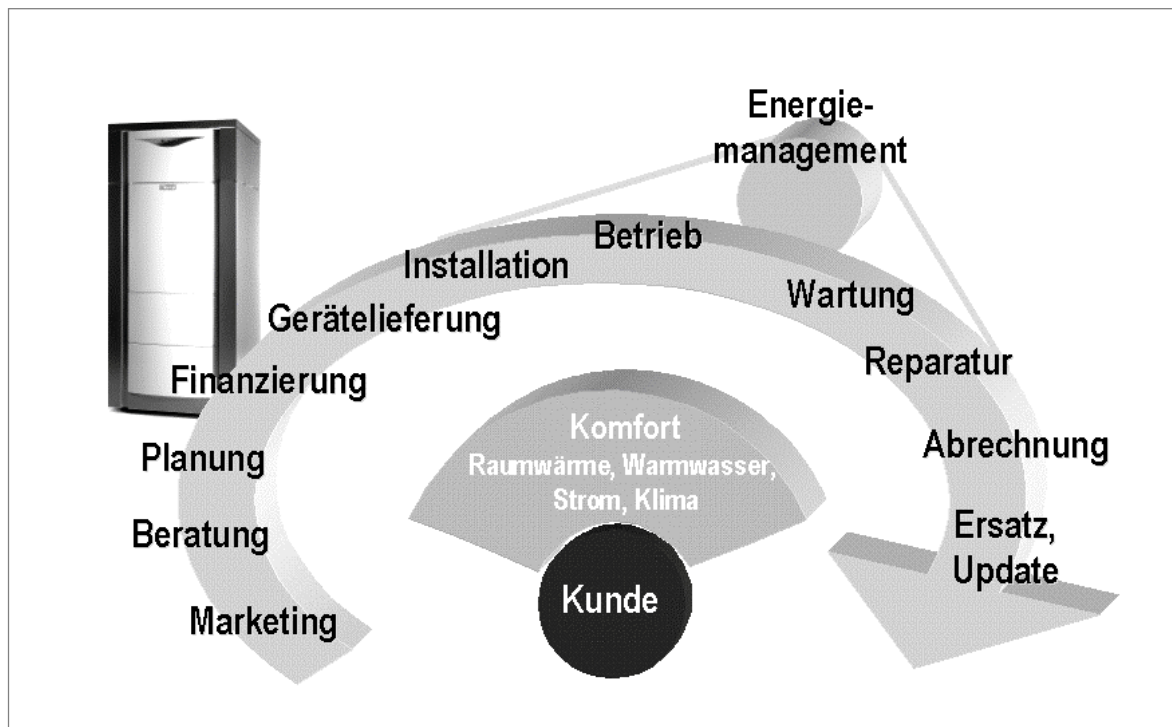


Bild 12: Komfort als Dienstleistungsprodukt mit neuen Wertschöpfungspotentialen

wirtschaftlich. Anders beim BZH. Das technische Produkt BZH ist mittelfristig ein Serienprodukt, die zugehörigen Dienstleistungen sind inhaltlich standardisierbar.

Genau wie bei der heutigen Stromrechnung bezahlt der Kunde monatliche Abschlagszahlungen, erhält dafür aber ein umfangreiches Leistungspaket. Somit könnte sich das BZH zum Nukleus eines innovativen Energiedienstleistungsgeschäfts entwickeln, attraktiv für den Kunden, wirtschaftlich interessant für Energiedienstleister und Fachhandwerker und zudem ökologisch gut vertretbar.

Es bietet sowohl dem Strom- als auch dem Gasversorger die Chance, sich zum Full-Service-Dienstleister zu entwickeln. Für Gasversorger bietet sich zusätzlich die Möglichkeit der Erhöhung des Gasabsatzes, was insbesondere in Neubaugebieten bei sinkenden spezifischen Energieverbräuchen zur Verbesserung der Netzausnutzung beitragen kann. Aber letztendlich überwiegen die Zusatzerlöse aus kombiniertem Strom- und Wärmeverkauf und Service-Dienstleistungen die konventionellen Erlöse aus reinem Commodity-Absatz.

Ein weiterer Vorteil ist die hohe erreichbare Kundenbindung. Wer ein ökologisch akzeptiertes BZH im Keller stehen hat und bei seinen monatlichen Energiekosten sparen kann, wird wenig Anlass haben, kurzfristig andere Provider zu suchen.

Zusammengefasst bietet das Dienstleistungsangebot rund um das BZH für alle Beteiligten Vorteile: Komfort und geringere Energiekosten für den Endnutzer, verbesserte Deckungsbeiträge und erhöhte Kundenbindung für Versorger und Fachhandwerk, und letzterem zusätzlich neue profitable Geschäftsfelder.

Die Auswirkungen dieser neuen Dienstleistungsprodukte im Energiemarkt werden beträchtlich sein. Es ist mit großer Sicherheit davon auszugehen, dass ein marktfähiges und professionell in den Markt eingeführtes BZH Arbeitsplätze in der Energie- und Heizungsbranche sichern und zahlreiche neue entstehen lassen wird.

Ökologische Vorteile von BZHs

Wenn die Einsparversprechen der europäischen Regierungen eingehalten werden sollen, muss massiv in innovative CO₂-reduzierende Technik investiert werden.

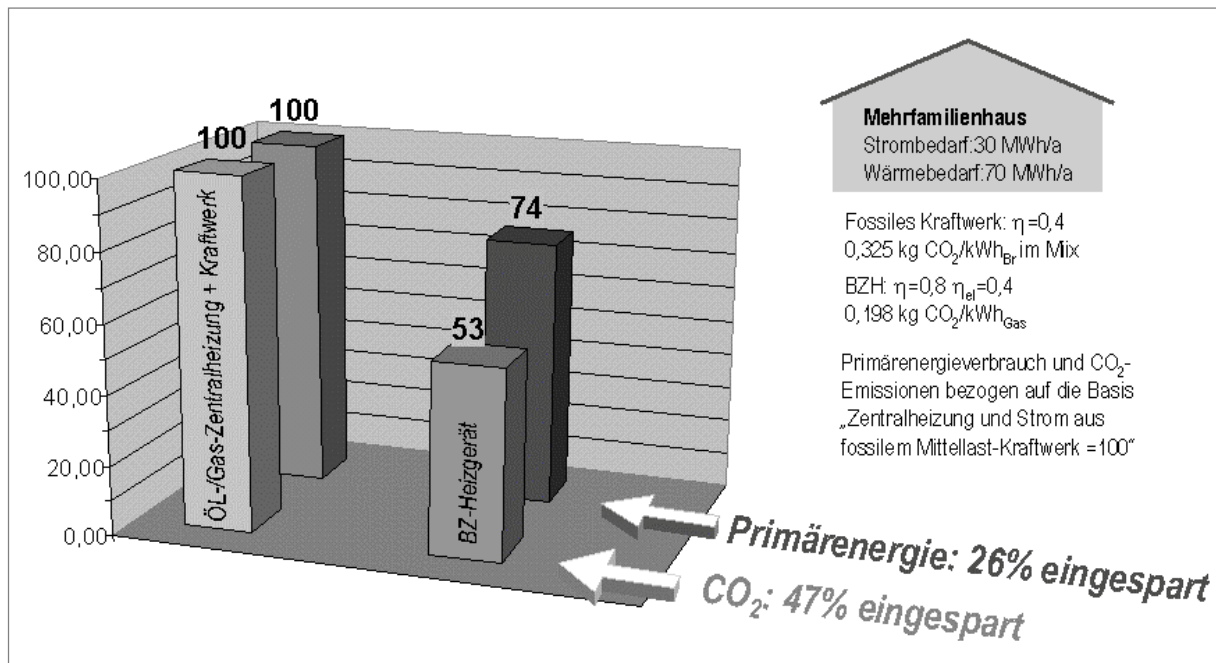


Bild 13: Potentielle CO₂- und Primärenergieeinsparung mit BZHs

Vaillant BZH nutzen den sauberen kohlenstoffarmen Energieträger Erdgas und die anfallende Wärme und reduzieren den CO₂-Ausstoß eines Gebäudes im Vergleich zur konventionellen Versorgung aus zentralen fossilen Kraftwerken und einem Niedertemperatur-Heizkessel um bis zu 50%. Simulationsrechnungen für ein Mehrfamilienhaus, basierend auf gemessenen Lastgangkurven für Strom und Wärme, ergaben eine Reduzierung um 47%. Das hängt im wesentlichen damit zusammen, dass zum einen die bei der Stromproduktion anfallende Abwärme nahezu vollständig genutzt und zusätzliche Primärenergie substituiert wird, zum anderen das kohlenstoffarme Erdgas anderen fossilen Energieträgern, wie Kohle und Öl hinsichtlich seiner spezifischen CO₂-Rate weit überlegen ist. Auch andere Luftschadstoffe, wie z.B. NO_x liegen weit unter denen heute verfügbarer KWK-Anlagen.

Ausblick: Einstieg in die regenerative Wasserstoff-Energiewirtschaft

Der sicherlich noch weit in der Zukunft liegende Ansatz, Wasserstoff per Elektrolyse unter Einsatz von regenerativer Technik aus Photovoltaik, Wind- und Wasserkraft zu erzeugen und unter Verzicht auf den Reformier direkt der Brennstoffzelle zu zuführen ist es wert, ebenfalls mit Nachdruck verfolgt zu werden. Damit wäre eine fast ideale, emissionsfreie und jederzeit verfügbare Versorgung zu erreichen. Doch das ist noch Zukunftsmusik.

Heute verfügen wir über eine fast flächendeckende Infrastruktur für Erdgas, dem Energieträger mit den günstigsten CO₂-Faktoren. Allerdings ist auch die Reichweite von Erdgas begrenzt, wenn auch mit 120 Jahren fast doppelt so lange wie Erdöl. Ziel muß es also sein, neben dem Ausbau der regenerativen Systeme, den auch weiterhin notwendigen Bedarf an fossiler Energie mit Systemen zu decken, die im höchsten Maße umweltfreundlich und sparsam mit diesem wertvollen Rohstoff umgehen.

Schon in naher Zukunft könnten Brennstoffzellen-Heizgeräte hierzu einen wichtigen Beitrag liefern und eine Brücke bauen zur voll-regenerativen Energieversorgung der fernen Zukunft. Eine Zukunft, die unseren heute geborenen Kindern eine ebenso gute Lebensqualität bieten kann, die wir heute für uns noch als selbstverständlich erachten.

© Kai Klinder / Vaillant 2001

Literaturhinweis

- /1/ Helmut Kaiser Unternehmensberatung, Tübingen
Multi Client Studie: Der Markt für stationäre Brennstoffzellen/-systeme in der Haustechnik und Industrie, Deutschland und weltweit, 2000 - 2010
Tübingen, Oktober 2000.