

Verbrennungsmotoren contra Brennstoffzellen

Zwei Technologien für die dezentrale Energieversorgung der Zukunft

QUELLE: NEUE ZÜRCHER ZEITUNG*

Brennstoffzellen versprechen eine saubere und effiziente Erzeugung von Strom. Deshalb sollte man Kleinkraftwerke auf der Basis von Verbrennungsmotoren aber nicht vorschnell abschreiben. Denn in der Verbrennungstechnologie steckt ein Verbesserungspotenzial, das noch längst nicht ausgeschöpft ist.

Spe. Verbrennungsmotoren haftet das Image des Schmuddeligen an. Man verbindet mit ihnen den Ausstoss von Russpartikeln, Kohlenmonoxid und Stickoxiden. Daneben fällt bei der Verbrennung von fossilen Energieträgern zwangsläufig das zwar ungiftige, aber zum Treibhauseffekt beitragende Kohlendioxid an. Im auffälligen Kontrast dazu steht das Bild, das von Brennstoffzellen gezeichnet wird. Sie werden als effiziente und saubere Stromlieferanten angepriesen, die im Idealfall lediglich Wasser als Abfallprodukt liefern. Damit scheinen Verbrennungsmotoren auf lange Sicht einen schweren Stand zu haben.

Zwischen Schein und Sein

Dass die Dinge nicht ganz so einfach liegen, war der Tenor einer Veranstaltung, die kürzlich am Paul-Scherrer-Institut in Villigen stattgefunden hat. Die eintägige Konferenz trug den Titel «Brennstoffzellen und Verbrennungsmotoren im Wettkampf um die Zukunft». Schon das deutet darauf hin, dass Verbrennungsmotoren nicht (mehr) so schlecht sind wie ihr Ruf und Brennstoffzellen (noch) nicht die Wundermaschinen, als die sie manchmal gehandelt werden.

*Ressort Forschung und Technik, 18. Dezember 2002, Nr. 294, Seite 57

Tatsächlich wurden in der Vergangenheit erfolgreiche Anstrengungen unternommen, den Schadstoffausstoss von Verbrennungsmotoren zu reduzieren. Ein eindrückliches Beispiel aus dem Bereich der stationären Energieerzeugung präsentierte an der Konferenz Konstantinos Boulouchos vom Institut für Energietechnik der ETH Zürich. In Zusammenarbeit mit den Firmen Dimag und Liebherr wurde ein Erdgasmotor entwickelt, der in Verbindung mit einem Generator und einem Wärmetauscher Strom und Wärme produzieren soll. Der für eine Leistung von 200 Kilowatt ausgelegte «Swissmotor» unterschreitet nicht nur die überaus strengen Abgasnormen der Stadt Zürich; im Vergleich zu herkömmlichen Gasmotoren konnte zudem der mechanische Wirkungsgrad von 35 auf 41 Prozent gesteigert werden.

Die Optimierung von Verbrennungsmotoren ist eine schwierige Aufgabe. Die Massnahmen, die zur Verbesserung des Wirkungsgrades oder zur Reduzierung der Abgase getroffen werden, müssen sehr genau aufeinander abgestimmt sein, damit der eine Effekt nicht auf Kosten des anderen geht. Die Entwickler von der ETH Zürich hatten zwischen verschiedenen Konzepten zu wählen. So weiss man zum Beispiel, dass die Verdichtung eines mageren (also sauerstoffreichen) Erdgas-Luft-Gemischs die Leistung eines Gasmotors steigert. Ein Nachteil solcher Turbo-Magermotoren ist allerdings, dass sie nicht mit einem Dreiwegekatalysator ausgestattet werden können. Das verhindert insbesondere die Einhaltung von strengen Stickoxid-Abgasnormen.

Weil die Forscher nicht auf einen Dreiwegekatalysator verzichten wollten, entschieden sie sich für einen Betrieb, bei dem dem Motor just so viel Luft zugeführt wird, wie für eine vollständige Verbrennung des Erdgases gebraucht wird. In diesem Fall bereitet allerdings die leistungsfördernde Verdichtung des Brennstoffs Probleme. Sie führt nämlich zu hohen Temperaturen im Brennraum und damit zu einer starken Beanspruchung des Materials. Die Forscher fanden jedoch eine Lösung, das Ansteigen der Temperatur zu verhindern. Ein Teil der Abgase des Motors wird gekühlt und zusammen mit dem Erdgas-Luft-Gemisch in einem Turbolader verdichtet. Die beigemischten Abgase nehmen selbst nicht an der Verbrennung teil, halten aber die Verbrennungstemperatur im Zaum. Durch den Trick der Abgasrückführung kann man also die Leistung des Motors steigern, ohne auf die Segnungen des Dreiwegekatalysators verzichten zu müssen.

In Liestal ist seit Oktober 2001 ein Blockheizkraftwerk mit einem integrierten «Swissmotor» in Betrieb. Dort wurde ein elektrischer Wirkungsgrad von 37,5 Prozent und ein Gesamtwirkungsgrad (Strom und Wärme) von 93 Prozent gemessen. Die Stickoxidemissionen lagen bei 10 Milligramm pro Kubikmeter

und damit weit unter der in Zürich geltenden Abgasnorm von 50 Milligramm pro Kubikmeter. Für ein Kraftwerk dieser Leistungsklasse sind das beeindruckende Werte.

Momentan geht die Entwicklung bei der Firma Dimag dahin, das neue Motor-konzept sowohl auf schwächere als auch auf stärkere Motoren zu übertragen. Damit soll der Leistungsbereich zwischen 100 und 300 Kilowatt erschlossen werden. Solche Leistungen reichen aus, um Bürogebäude, Schulen und kleinere Krankenhäuser mit Strom und Wärme zu versorgen.

In die gleiche Leistungskategorie fallen die von Siemens Westinghouse entwickelten Brennstoffzellen-Kraftwerke, die an der Konferenz von Harald Landes von Siemens vorgestellt wurden. Sie bestehen aus einem Stapel von röhrenförmigen Festoxid-Brennstoffzellen und werden ebenfalls mit Erdgas betrieben. Bei Betriebstemperaturen von annähernd 1000 C wird das entschwefelte Erdgas in Wasserstoff und Kohlenmonoxid aufgespalten. Diese leicht oxidierbaren Gase haben die Tendenz, mit dem Sauerstoff der Luft zu Wasser und Kohlendioxid (CO_2) zu reagieren. Eine nur für Sauerstoffionen durchlässige Membran verhindert jedoch eine direkte Verbrennung. Stattdessen erfolgt die Oxidation auf elektrochemischem Wege. Die dabei frei werdende Energie lässt sich als Strom nutzen. Typische Verbrennungsprodukte wie Schwefeldioxid oder Stickoxide fallen bei dieser «kalten Verbrennung» so gut wie keine an. Solange aber ein fossiler Brennstoff wie Erdgas verwendet wird, sind auch Brennstoffzellen nicht CO_2 -neutral.

Was in der CO_2 -Bilanz allerdings positiv zu Buche schlägt, ist die hohe Effizienz von Brennstoffzellen. So wurde mit einer 110-Kilowatt-Pilotanlage in den Niederlanden ein elektrischer Wirkungsgrad von 46 Prozent erzielt. Die bessere Ausnutzung des Brennstoffs sollte sich langfristig auch in den Betriebskosten niederschlagen. Heute können Brennstoffzellen-Kraftwerke allerdings noch nicht mit Verbrennungskraftwerken konkurrieren. Um die Investitionskosten zu amortisieren, müsste ein Kilowattpreis von 20 000 Dollar entrichtet werden. Konkurrenzfähig wären 1500 Dollar pro Kilowatt. Einsparungen erhofft sich Siemens Westinghouse vor allem von einer Massenproduktion der Brennstoffzellen. Deshalb wird derzeit in Pittsburgh, Pennsylvania, eine Brennstoffzellenfabrik gebaut, die nächstes Jahr die Produktion aufnehmen soll.

Brennstoffzelle und Gasturbine im Duett

Eine andere Entwicklung von Siemens zielt darauf ab, den bereits hohen Wirkungsgrad von Brennstoffzellen-Kraftwerken weiter zu verbessern. Bei der 110-Kilowatt-Versuchsanlage wird die heisse Abluft der Brennstoffzelle einem Wärmetauscher zugeführt und somit zur Produktion von Dampf und heissem Wasser verwendet. Eine andere Möglichkeit besteht jedoch darin, mit der Abluft eine nachgeschaltete Mikrogasturbine anzutreiben. Damit trägt auch die Abluft zur Stromproduktion bei. Bei einem ersten Test wurde auf diese Weise ein elektrischer Wirkungsgrad von fast 60 Prozent erzielt.

Mit solchen Hybridanlagen, die vor allem dort sinnvoll sind, wo man für die Abwärme keine Verwendung hat und ausschliesslich an der elektrischen Energie interessiert ist, möchte Siemens in den Leistungsbereich von einigen Megawatt vorstossen. Allerdings muss sich die Brennstoffzellentechnologie auch hier auf Konkurrenz gefasst machen. Schon heute gibt es Gasmotoren, die in diesem Leistungsbereich Wirkungsgrade von 45 Prozent erzielen. Wenn man nicht nach den Kosten fragt, wäre es nach Ansicht von Boulouchos ohne weiteres möglich, Wirkungsgrade von 50 Prozent und mehr zu erzielen.