

Periodischer Betrieb schafft neue Energie

Wissenschaftler des **MAX-PLANCK-INSTITUTS FÜR DYNAMIK KOMPLEXER TECHNISCHER SYSTEME** in Magdeburg haben ein verbessertes Verfahren zur elektrochemischen Oxidation in Brennstoffzellen entwickelt und durch Vermittlung der **GARCHING INNOVATION GMBH** zum Patent angemeldet. Das Verfahren ermöglicht eine optimale Ausnutzung der gespeicherten chemischen Energie durch periodische statt kontinuierliche Arbeitsweise.

Die Vorzüge von Brennstoffzellen für eine effiziente und umweltschonendere Energieerzeugung sind immens. Theoretisch ließe sich fast die gesamte Energie des Brennstoffs – zum Beispiel eine wässrige Methanol-Lösung – in Strom umwandeln. Praktisch stehen dem aber einige Hindernisse entgegen, die Wissenschaftler noch überwinden müssen. Eines dieser Hemmnisse ist die relativ langsame Kinetik der Methanoloxidation an der Katalysator-Anode. Ein Grund dafür sind Ablagerungen von nur teilweise oxidierten Zwischenprodukten des Methanols wie Formaldehyd, Methansäure und Kohlenmonoxid auf dem Platin/Ruthenium-Katalysator der Anode. Um dennoch einen elektrischen Stromfluss in der Brennstoffzelle zu erzielen, sind bislang hohe Überspannungen an der Anode erforderlich. Ein weiteres Problem der Methanol-Brennstoffzellen ist das an der Anode freigesetzte Kohlendioxid. Die aufsteigenden Blasen verringern ebenfalls die elektrochemisch aktive Katalysatoroberfläche. Dies wiederum führt zu einem Abfall der Stromdichte, wenn nicht die Zellspannung erhöht wird.

Drittens bereitet auch die Teildurchlässigkeit von Polymer-Elektrolytmembranen für Methanol den Wissenschaftlern noch Kopfzerbrechen. Denn dadurch gelangt ein Teil des Methanols zur Kathode, an der es schnell oxidiert wird. Folge: Die

Zellspannung fällt umso geringer aus, je höher die Methanol-Konzentration ist. „Die messbare Zellspannung liegt deutlich unter den Werten, die sich aus thermodynamischen Berechnungen ergeben würden“, sagt Professor Kai Sundmacher vom Max-Planck-Institut für Dynamik komplexer technischer Systeme in Magdeburg.

Im Rahmen seiner Arbeitsgruppe „Physikalisch-chemische Verfahren“ suchte der Wissenschaftler nach noch ungenutzten Möglichkeiten zur praktischen Verbesserung der Effizienz von Brennstoffzellen. Die Idee dabei war, durch veränderte Betriebsführungen die Umsatzleistung chemischer Reaktionen in Brennstoffzellen zu steigern. Ähnliche Prinzipien werden bereits industriell eingesetzt, so beim Bau von Verbrennungsmotoren. Für Brennstoffzellen gibt es aber noch nichts Vergleichbares. Abgesehen vom Betriebsbeginn laufen sie immer stationär, also mit konstanten Einstellungen der Parameter. Für eine dynamisch betreibbare Brennstoffzelle entwickelte das Team um Sundmacher eine Zusatzvorrichtung für Methanol und andere Brennstoffe. Mit ihr wird die Konzentration des verfügbaren Brennstoffs periodisch reguliert.

„Auf diese Weise lässt sich die Blockierung der anodischen Katalysatorschicht durch die Zwischenprodukte der Oxidationsreaktion vermindern“, sagt Sundmacher. Außer-

dem wird die unerwünschte Teildurchlässigkeit von Polymer-Elektrolytmembranen verringert. So gelangt letztlich weniger Brennstoff an die Kathode. Auch werden die gelösten und gasförmigen Reaktionsprodukte, wie das Kohlendioxid, effektiv aus dem Reaktionsraum an der Anode der Brennstoffzelle abgeführt. Die Folgen sind eine um etwa 15 Prozent höhere Zellspannung und eine höhere elektrische Leistung der Brennstoffzelle. Außerdem, so Professor Sundmacher, wird durch die periodische Erniedrigung der Brennstoffkonzentration an der Anode der Brennstoffverbrauch der Zelle deutlich verringert. Dies erhöht den Wirkungsgrad der Brennstoffzelle.

Die Erfindung aus dem Magdeburger Max-Planck-Institut kann mit wenig Mehraufwand für bereits existierende Methanol-Brennstoffzellen genutzt werden. Das Prinzip lässt sich auch auf andere Flüssigelektrolyt-Brennstoffzellen übertragen.

UWE SEIDENFADEN



Foto: UWE SEIDENFADEN

Sauber und effizient

Die konventionelle Verbrennung kohlenstoffreicher fossiler Brennstoffe wie Öl, Benzin oder Kohle bereitet unserer Zivilisation wachsende Probleme. Das Verbrennungsprodukt Kohlendioxid ist das Treibhausgas Nummer eins. Die wirtschaftlichen und politischen Probleme der Industriestaaten werden bei weiterer Abhängigkeit von den schrumpfenden Ölvorräten der Erde wachsen. Brennstoffzellen als saubere und effiziente „Energiewandler“ können einen Ausweg aus dieser Situation bedeuten. Energiewandler sind alle Maschinen, die Energie von einer Form in eine andere umwandeln. Verbrennungsmotoren in Autos wandeln die im Kraftstoff chemisch gespeicherte Primärenergie in der Explosion zuerst in Wärmeenergie und danach durch Kolbenvorschub in mechanische Bewegungsenergie um, was nicht sehr effizient ist. Brennstoffzellen dagegen wandeln die chemisch gespeicherte Energie direkt in elektrische Energie um, die – um beim Beispiel des Fahrzeugs zu bleiben – einen starken Elektromotor antreibt. Eine solche Kombination nutzt die Primärenergie mit erheblich höherer Effizienz. Wissenschaftler sprechen vom „Wirkungsgrad“, der bei der Brennstoffzelle prinzipiell höher ist als der von Verbrennungs-Kraftmaschinen.

Entscheidend für ein zukunftsfähiges Brennstoffzellen-Konzept ist die Auswahl des richtigen Brennstoffs. In einer Übergangsphase könnten fossile Brennstoffe der wichtigste Primärenergieträger bleiben, um die bestehende Infrastruktur aus Raffinerien, Tankstellennetzen und Erdgasleitungen weiter zu nutzen, ohne dass kostspielige Umstellungen erforderlich wären. Allein der hohe Wirkungsgrad der Brennstoffzellen könnte bereits den Energieverbrauch und damit die Emission schädlicher Treibhausgase senken.

Längerfristig würden dann alternative Brennstoffe die fossilen ersetzen. Theoretisch ist Wasserstoff der ideale Primärenergieträger, denn er ist im Wasser fast unbegrenzt vorhanden und verbrennt in Brennstoffzellen völlig schadstofffrei zu reinem Wasser. Allerdings muss Wasserstoff erst großtechnisch per Elektrolyse aus Wasser gewonnen werden, was wiederum viel Energie erfordert. Um den Treibhauseffekt wirksam zu reduzieren, müssten solche Anlagen mit Sonnenenergie und anderen alternativen Energiequellen oder mit der umstrittenen Atomenergie betrieben werden. Wasserstoff ist ein hochexplosives Gas, das hohe Anforderungen an Herstellung,

Transport und Lagerung stellt. Nur hochkomprimierter oder auf minus 250 Grad Celsius gekühlter flüssiger Wasserstoff enthält genügend Energie pro Volumeneinheit, um mit fossilen Brennstoffen konkurrieren zu können.

Wasserstoffbetriebene Fahrzeuge müssten mit explosionsgeschützten Hochdruckanschlüssen betankt und mit aufwändig geschützten Drucktanks versehen werden. Deshalb arbeiten Forscher seit vielen Jahren daran, eine ungefährlichere Speichermethode für Wasserstoff zu entwickeln. Bestimmte Metalle oder Kohlenstoffmodifikationen können Wasserstoffatome wie ein Schwamm aufsaugen und wieder abgeben. Diese Art der Wasserstoffspeicherung wird beispielsweise am Max-Planck-Institut für Kohlenforschung in Mülheim erforscht.

Eine realistische Alternative zum Wasserstoff sind Primärenergieträger, die wasserstoffreicher und zugleich kohlenstoffärmer als Benzin sind. Ein „heißer“ Kandidat ist Methanol. Methanol ist der chemisch einfachste Alkohol und wird bereits in großem Maßstab industriell hergestellt. Da Methanol flüssig ist, kann es wie Benzin gelagert, getankt und transportiert werden. Methanol könnte in Zukunft sogar aus Biomasse produziert werden. Die zur Brennstoffherstellung verwendeten Pflanzen bauen gerade so viel Kohlendioxid ein, wie beim Verbrennen wieder frei wird. Solch ein geschlossener Kohlendioxid-Kreislauf würde die Atmosphäre nicht mit zusätzlichem Treibhausgas belasten.

Zurzeit verfolgen die Wissenschaftler und Ingenieure zwei Konzepte für mit Methanol betriebene Brennstoffzellen. Das Methanol kann in einem separaten „Reformer“ chemisch zersetzt und dabei Wasserstoff für die Brennstoffzelle freigesetzt werden. In der „Direktmethanol-Brennstoffzelle“, einer Membran-Brennstoffzelle, wird das Methanol dagegen innerhalb der Brennstoffzelle „direkt reformiert“. Wegen ihres hohen Wirkungsgrades können Brennstoffzellen das Methanol noch effizienter umsetzen als herkömmliche Verbrennungskraftmaschinen, die auf Methanol umgerüstet werden. Je nach Schätzung würden Brennstoffzellen-Fahrzeuge zwischen 20 und 40 Prozent weniger Energie verbrauchen als herkömmliche Fahrzeuge mit Verbrennungskraftmaschinen, die fünf Liter Brennstoff pro hundert Kilometer benötigen.

ROLAND WENGENMAYR

Prof. Kai Sundmacher an einer neuen Anlage zum Testen von Brennstoffzellen.