

Maximierung der Effizienz und Lebensdauer von Brennstoffzellen durch optimale Befeuchtung

Obwohl das Verfahren bereits im 19. Jahrhundert erfunden wurde, ist die Brennstoffzellentechnologie erst vor Kurzem kommerziell rentabel geworden. Die Anzahl an gelieferten Megawatt (MW) ist exponentiell gestiegen und wies 2010 zweistellige Wachstumsraten auf. Es wird erwartet, dass diese Anzahl 2014 300 MW überschreitet. Laut Prognosen wird es zukünftig die zentrale Technologie in der Wasserstoffenergiewirtschaft sein – und somit Erdöl als primäre Energiequelle ersetzen.



„Wir verwenden die Vaisala-Feuchtesensoren aktiv in unserer Forschung. Es ist unerlässlich, die Feuchte von Reaktionsgasen sowohl bei den Brennstoffzellen mit niedriger als auch denen mit hoher Temperatur zu kennen.“

Mikko Kotisaari,
Forscher im Bereich Brennstoffzellen, VTT

Die Anwendungsbereiche von Brennstoffzellen können in drei Hauptkategorien unterteilt werden: portable Stromerzeugung (mobile Geräte und portable Hilfsgeneratoren), stationäre Stromerzeugung (dezentrale Energieerzeugung, Notstromgeneratoren und netzversorgende Kraftwerke) und Transport (Autos, öffentliche Verkehrsmittel und schwere Maschinen). Als eine der Schlüsselbranchen für das Marktwachstum betreibt die Automobilindustrie intensiv Forschung, um die Verwendung

von Brennstoffzellen auf dem Automobilmarkt zu fördern.

Funktionsprinzip

Brennstoffzellen wandeln chemische Energie direkt und ohne Verbrennung in elektrische Energie um. Das Funktionsprinzip der Brennstoffzelle basiert auf Redoxreaktionen. Die Energie wird durch Reaktionen freigegeben, die zwischen Wasserstoff und Sauerstoff ablaufen. Der Vorteil dieses direkten Prozesses ist seine hohe Energieeffizienz: Diese beträgt über 50 % und erreicht sogar 85 %, wenn Wärmeenergie

als Nebenprodukt dieser Reaktion ebenfalls rückgewonnen wird. Im Hinblick auf die Stromerzeugung ist dieses Verfahren im Vergleich zu Verbrennungsverfahren wesentlich effizienter. Weitere Vorteile sind das Fehlen von Emissionen und der geräuschlose Betrieb.

Die zahlreichen verschiedenen Brennstoffzellentechnologien haben ihre eigenen Stärken und Schwächen. Die drei Hauptverfahren, die momentan auf dem Markt sind, unterscheiden sich anhand des Trägermediums der Protonen: Polymer-Elektrolyt-Membran (PEM),

Festoxid (Solid Oxide, SO) und Schmelzkarbonat (Molten Carbonate, MC). Unter diesen drei Alternativen bietet die PEM-Technik aufgrund ihrer niedrigen Betriebstemperatur (< 100 °C) die vielseitigsten Anwendungsmöglichkeiten, sodass sie sowohl in kleinen als auch in großen Brennstoffzellen verwendet werden kann. Festoxidbrennstoffzellen erfordern hohe Temperaturen und sind vor allem für größere Anwendungen, z. B. dezentrale Energieerzeugung, geeignet. Während PEM-Brennstoffzellen reinen Wasserstoff nutzen, können Festoxidbrennstoffzellen auch Erdgas oder andere Kohlenwasserstoffe, aus denen Wasserstoff während des Reformierungsprozesses gewonnen wird, verwenden. Die hohe Betriebstemperatur von Festoxidbrennstoffzellen erleichtert die Integration des Reformierungsprozesses in das Brennstoffzellengerät.

Das Funktionsprinzip einer PEM-Brennstoffzelle wird in Abb. 1 dargestellt. Sobald der Wasserstoff an der Anode in Protonen (Wasserstoffionen) und Elektronen geteilt wird, werden die Elektronen über einen externen Kreislauf zur Kathode transportiert, wodurch ein elektrischer Stromkreis entsteht. Die positiven Ladungsträger (Wasserstoffkerne) werden durch die feuchte Membrane auf der Kathode transportiert, wo sie mit Sauerstoff zu Wasser reagieren. Diese Reaktion erzeugt Elektrizität und Wärme.

Maximierung der Effizienz einer Brennstoffzelle

Die Effizienz der Brennstoffzelle wird durch unterschiedliche Verlustquellen eingeschränkt: Aktivierungsverluste verursacht durch die katalytische Reaktion und die Beschaffenheit der Katalysatoren, im Transportmedium stattfindende ohmsche Verluste während des Protonentransports, durch eingeschränkte Stoffübergangsgeschwindigkeit auf

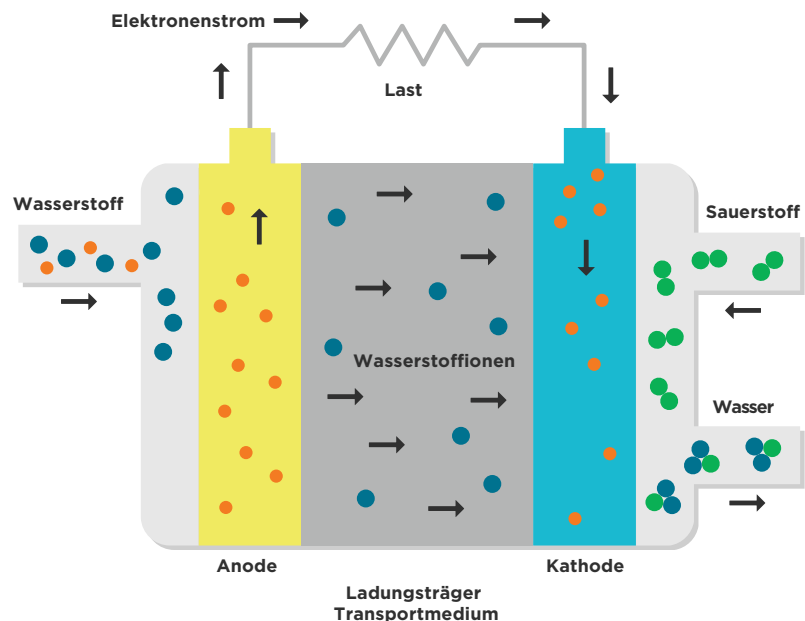


Abb. 1: Funktionsprinzip einer PEM-Brennstoffzelle. Der Wasserstoff reagiert an der Anode bei Vorhandensein eines Katalysators und bildet Elektronen und Wasserstoffkerne. Diese Kerne werden durch ein Ladungsträgermedium zur Kathode transportiert, wo sie mit Sauerstoff zu Wasser reagieren. Elektronen fließen durch den externen Kreislauf und bilden somit den elektrischen Strom.

reaktive Oberflächen verursachte Konzentrationsverluste und interne Stromverluste, die durch die Diffusion von Brennstoff durch die Membran ohne Reaktion entstehen. Die Mechanismen, durch die diese Verluste entstehen, hängen mit dem Wasser- und Temperaturhaushalt innerhalb der Zelle zusammen. Wenn Temperatur und Feuchte nicht ausreichend geregelt werden, erhöht die Alterung des Katalysator- und Protonen-Transportmediums die Anzahl der Verluste, reduziert Effizienz und führt eventuell zur Zerstörung der Zelle.

Kleinere PEM-Zellen benötigen normalerweise keine Befeuchtung. In größeren Zellen, die stärkere Ströme transportieren, erfordert die Polymermembran jedoch ggf. eine Befeuchtung des Reaktanten, um zu vermeiden, dass er unter Belastung dehydriert. Die Kapazität zum Protonenaustausch ist direkt proportional zur Feuchte des Polymers. Ein trockenes Polymer

schränkt die Reaktionsgeschwindigkeit ein und verursacht Verluste in der Zelle.

Des Weiteren muss das Alter bei einem trockenen Polymer in Betracht gezogen werden. Dies ist eines der Hauptanliegen bei der Entwicklung von Brennstoffzellen. Andererseits kann es zu Wasserflutungen kommen, wenn das gebildete Wasser nicht ausreichend von der Kathodenseite der Zelle entfernt wurde. Dies führt zu einem nicht-optimalen Betrieb der Zelle. Durch Feuchtemessung im Brennstoffstrom kann der Befeuchtungsprozess kontrolliert, der Stoffhaushalt im Hinblick auf Wasser eingeschätzt und die korrekte Membranfeuchte beibehalten werden. Überschüssige Mengen an Reaktionsgasen können zur Verbesserung der Reaktionseffizienz an die katalytischen Oberflächen geleitet werden. Der feuchte, unreaktierte Brennstoff kann vom Anodenausgang zurück zum

Anodeneingang geleitet werden, um den Brennstoffstrom zu befeuchten. Diese Rezirkulation kann eine Ansammlung von Schadstoffen verursachen, was im Fall der PEM-Brennstoffzellen besonders schädlich ist.

Feuchtemessungen in Anoden- und Kathodenströmen können neben der Überprüfung der Feuchte im Brennstoffstrom auch zur Messung der Menge an Unreinheiten verwendet werden. Sind Gesamt- und Partialdruck von Wasserstoff und Wasser bekannt, kann der Partialdruck der Unreinheiten im Kreislauf eingeschätzt werden.

Beheizte Sonden ermöglichen die Messung in Umgebungen mit hoher Feuchte

Feuchtemessungen in Brennstoffzellenanwendungen werden in einer Umgebung mit hoher Feuchte durchgeführt (normalerweise mit über 80 % relativer Feuchte). Es ist schwierig, Feuchtemessungen in fast kondensierenden Umgebungen durchzuführen, da Kondensation den Feuchtesensor sättigen kann. Trocknung und Erholung des Sensors können viel Zeit in Anspruch nehmen. Während dieser Zeit können keine Messungen durchgeführt und die Feuchte des Brennstoffstroms kann nicht überprüft werden.

Die beheizten Sonden von Vaisala ermöglichen es, diese Probleme zu vermeiden, da die relative Feuchte auf ein Niveau unterhalb der Kondensation reduziert werden kann, indem das Sensorelement auf einen Wert über der Umgebungstemperatur erwärmt wird. Mithilfe eines zusätzlichen

Temperatursensors in der Nähe des Feuchtesensors kann außerdem die tatsächliche Prozesstemperatur gemessen werden. Durch Kombination dieser beiden Werte kann die tatsächliche relative Feuchte in diesem Hochfeuchteprozess berechnet und somit das Kondensationsproblem vermieden werden.

An der VTT, einer der führenden Forschungseinrichtungen in Finnland, werden Studien zu Brennstoffzellen mit niedriger Temperatur (PEM) und hoher Temperatur (SOFC) von einem 25-köpfigen Forschungsteam durchgeführt. Die VTT verwendet für ihre Forschung im Bereich Brennstoffzellen die Vaisala HMT337- und HMM211-Feuchtemessgeräte sowie die CO₂-Sonde GMP343. Während der letzten Jahre wurde in den Einrichtungen der VTT Espoo überwiegend ein selbstgebautes Festoxidbrennstoffzellen-System von 10 kW für die Systemforschung verwendet. Außerdem wird die stationäre Stromerzeugung durch PEM praxisnah anhand einer Brennstoffzellen-Pilotanlage von 50 kW in einer industriellen Umgebung vorgeführt.

„Wir verwenden die Vaisala-Feuchtesensoren aktiv in unserer Forschung. Es ist unerlässlich, die Feuchte von Reaktionsgasen sowohl bei den Brennstoffzellen mit niedriger als auch denen mit hoher Temperatur zu kennen,“ so Mikko Kotisaari, Forscher im Bereich Brennstoffzellen an der VTT.

Weitere Informationen zu Messwertgebern mit beheizten Sonden der HMT330-Serie von Vaisala finden Sie unter www.vaisala.de/HMT330.



Der Vaisala HUMICAP® Feuchte- und Temperaturmesswertgeber HMT337 ist die ideale Wahl für Forschungen im Bereich Brennstoffzellen und für Testanwendungen in der Automobil- und Energieerzeugungsindustrie.

VAISALA

www.vaisala.com

Kontaktieren Sie uns:
www.vaisala.com/requestinfo



Code scannen für
mehr Informationen

Ref. B211405DE-B ©Vaisala 2014

Das vorliegende Material ist urheberrechtlich geschützt. Alle Rechte hierfür liegen bei Vaisala und ihren jeweiligen Partnern. Alle Rechte vorbehalten. Alle Logos und/oder Produktnamen sind Markenzeichen von Vaisala oder ihrer jeweiligen Partner. Die Reproduktion, Übertragung, Weitergabe oder Speicherung von Informationen aus den vorliegenden Unterlagen in jeglicher Form ist ohne die schriftliche Zustimmung von Vaisala verboten. Alle Spezifikationen, einschließlich der technischen, können ohne vorherige Ankündigung geändert werden. Der vorliegende Text ist eine Übersetzung aus dem Englischen. Bei Widersprüchen zwischen Übersetzung und Original ist die englische Fassung des Textes maßgebend.

