

Maximierung der Effizienz und Lebensdauer von Brennstoffzellen durch optimale Befeuchtung



„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,
Research Scientist,
Brennstoffzellen, VTT

Die Wasserstoffproduktion ist eine umfangreiche und wachsende Industrie. Die Wasserstoffwirtschaft könnte einen großen Teil der zukünftigen kohlenstoffarmen Wirtschaft ausmachen. So ließen sich schließlich fossile Brennstoffe als unsere primäre Energiequelle ersetzen und die globale Erwärmung entschärfen. Einer der Hauptvorteile von Wasserstoff ist seine Eignung für eine Vielzahl von Brennstoffzellenanwendungen.

Die Anwendungen, in denen die Brennstoffzellentechnologie eingesetzt wird, lassen sich in drei Hauptkategorien einteilen: portable Stromerzeugung (mobile Geräte und portable Hilfsgeneratoren), stationäre Stromerzeugung (dezentrale Energieerzeugung, Notstromgeneratoren und netzversorgende Kraftwerke) und Transport (Autos, öffentliche Verkehrsmittel und Schwermaschinen). 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 der emissionsfreie und 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 während des Reformierungsprozesses Wasserstoff gewonnen wird, verwenden. Die hohe Betriebstemperatur von Festoxidbrennstoffzellen erleichtert die Integration des Reformierungsprozesses in das Brennstoffzellengerät.

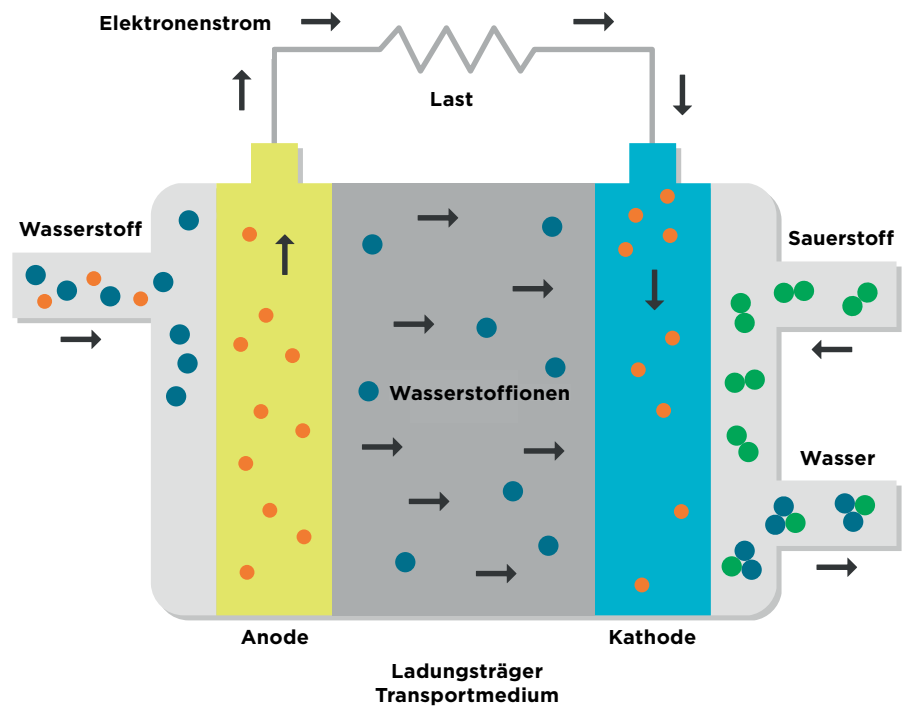


Abbildung 1: Funktionsprinzip einer PEM-Brennstoffzelle. Der Wasserstoff reagiert an der Anode bei Vorhandensein eines Katalysators und bildet Elektronen und Wasserstoffkerne. Diese Kerne werden durch ein Ladungsträgermedium zur Kathode transportiert, wo sie mit Sauerstoff zu Wasser reagieren. Elektronen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

Das Funktionsprinzip einer PEM-Brennstoffzelle wird in **Abbildung 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 auf der Kathode durch die feuchte Membran 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 reaktive Oberflächen

verursachte Konzentrationsverluste und interne Stromverluste, die durch die Diffusion von Brennstoff durch die Membran ohne Reaktion entstehen. Die Mechanismen, durch welche 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 letztendlich 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 sind keine Messungen durchführbar 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) durchgeführt. Die VTT verwendet für ihre Forschung im Bereich Brennstoffzellen die Vaisala HMT310F, HMT337 und HMP7 Feuchtemessgeräte sowie den GMP343 CO₂-Messwertgeber.

„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, Research Scientist, Brennstoffzellen, an der VTT.

Erfahren Sie mehr unter www.vaisala.de/fuelcell



Vaisala HUMICAP® Feuchte- und Temperaturmesswertgeber HMT337



Vaisala HUMICAP® Feuchte- und Temperatursonde HMP7

VAISALA

www.vaisala.com

Wenden Sie sich an uns unter www.vaisala.com/contactus



Scannen Sie den Code, um weitere Informationen zu erhalten.

Ref. B211405EN-A ©Vaisala 2019

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 dieser Broschüre in jeglicher Form ist ohne schriftliche Zustimmung von Vaisala nicht gestattet. Alle Spezifikationen, einschließlich der technischen Daten, können ohne vorherige Ankündigung geändert werden.