

Die Brennstoffzelle als neues Wundermittel in der Energiekrise

Seit Jahren und Jahrzehnten geistern immer wieder Informationen auf, dass die Brennstoffzelle immer interessanter wird, wenn man sich so einigermaßen autonom und umweltfreundlich mit Strom versorgen will. Und auch in der Automobil-Szene sind immer wieder Gerüchte oder Prototypen zu sehen, die auf Brennstoffzellen-Technik zurückgreifen, wobei die Marktakzeptanz zu wünschen übriglässt. Ansonsten lässt die Zurückhaltung der deutschen Großkonzerne nicht erklären.

Autronic, seit 2007 bereits im Bereich von Stromversorgungen für Brennstoffzellen-Anwendungen tätig, hat bereits 5 Entwicklungsstufen mitgemacht und sich damit ein tiefgreifendes Know-How aufgebaut, um zuverlässige PSUs für Brennstoffzellenanwendungen zu entwickeln und zur serienreife zu bringen. Angefangen hat es mit Leistungen im Bereich von 300 W bis 400 W, Einsatz im Caravan-Bereich. Diese Brennstoffzellen wurden mit gängigem Camping-Gas betrieben und boten stundenlange autarke Strom-Versorgung, egal wo man mit dem Campingmobil stand. Solange Gas vorhanden war, konnten die Batterie des Wohnmobils laufend nachgeladen werden und damit stieg erheblich die Laufzeit der unabhängigen Versorgung.

Die nächsten Typen der Brennstoffzellen konnten bereits 900 W liefern und werden mit Methanol betrieben. Die aktuelle Ausbaustufe des Kunden liegt bei 2,3 kW, damit sind der Betrieb von leistungshungrigen Anwendungen möglich, wie es z. B. in der Baubranche üblich sind.

Was ist eine Brennstoffzelle?

Mit einer Brennstoffzelle wird, durch den Einsatz eines Brennstoffes, elektrische und thermische Energie erzeugt. Somit unterscheidet sich ein Brennstoffzellensystem grundsätzlich wenig von der herkömmlichen Art und Weise, wie Energie hergestellt wird, als Beispiel seien Verbrennungsmotoren genannt.

Wie funktioniert eine Brennstoffzelle? Welche Besonderheit hat eine Brennstoffzelle?

Man nutzt einen Energieträger, z. B. Wasserstoff, um Strom zu erzeugen, genauso wie bei einem Verbrennungsmotor, der Benzin als Energieträger nutzt. Der Unterschied zum weit verbreiteten Verbrennungsmotor liegt in der Art und Weise der Umwandlung der Energie. Beim Verbrenner wird der Energieträger verbrannt (Reaktion durch z. B. starke Verdichtung, Zündkerze), als Resultat daraus gewinnt man mechanische Energie (Vortrieb) und Wärme. Bei einer Brennstoffzelle wird durch eine chemische Reaktion zweier bindungsfreudiger Elemente (z. B. Wasserstoff -H- und Sauerstoff -O-) Strom gewonnen. Praktisch ist dabei, dass das Abfallprodukt dieser chemischen Reaktion Wasser ist (H₂O), wohingegen der Verbrennungsmotor Kohlenstoffdioxid, Schwefeloxide, Stickoxide sowie Staub und Ruß erzeugt, die nachweislich Auswirkung auf lebende Organismen haben.

Rein von der Art und Weise der Spannungsabgabe unterscheiden sich die unterschiedlichen Brennstoffzellen nicht, der Aufbau einer Brennstoffzelle ähnelt grundsätzlich dem einer Batterie. Die einzelnen Zellen der Brennstoffzelle liefert eine Spannung zwischen 0,5 V und 1,2 V, wenn diese in Reihe geschaltet werden für höhere Spannungen, dann nennt man das einen Stack.

Woher kommt Wasserstoff?

Für die Erzeugung von grünem Wasserstoff muss die Teilung von Wasser (H_2O) in H (Wasserstoff) und O (Sauerstoff) im Elektrolyseverfahren erzeugt werden, dabei darf ausschließlich Strom aus regenerativen Quellen verwendet werden. Unter diesen Voraussetzungen gilt der Wasserstoff als CO_2 -frei und zeigt eine gute Ökobilanz.

Wird Wasserstoff durch Dampfreformierung gewonnen und dabei Kohle oder Erdgas genutzt, dann sieht die Umweltfreundlichkeit ganz anders aus.

Wie funktioniert ein Brennstoffzellensystem?

Wie bereits vereinfacht geschildert, nun verstehen wir, was in einer Brennstoffzelle passiert. Jetzt kommt der Punkt, an dem entschieden werden muss, was mit der gewonnenen Energie passieren soll. Beim Verbrennungsmotor nutzen wir die Energieumwandlung im Auto für die Vorwärtsbewegung und Wärme, um den Innenraum aufzuwärmen. Bei der Brennstoffzelle wird die gewonnene Energie gewandelt, um z. B. einen Akkumulator laufend nachzuladen zu können. Dieser Akkumulator wird dann genutzt, um elektrische Geräte zu betreiben, in einem Auto z. B. den Elektromotor, um die elektrische Energie in eine Bewegungsenergie umzuwandeln, um damit den Vorantrieb zu gewährleisten.

Welche Besonderheit hat eine Brennstoffzelle?

Wie bereits erwähnt, erzeugt eine Brennstoffzelle neben der Energie und Wärme im besten Fall nur Wasser, je nach benutztem Energieträger auch einen geringen Anteil an CO_2 . Ein weiterer Vorteil ist, dass die Brennstoffzelle im Betrieb nahezu geräuschlos ist (max. Zimmerlautstärke). Neben der Prüfung und dem Tausch von Luft- und Wasserfilter sind Brennstoffzellensysteme wartungsarm.

Es muss beachtet werden, wie bei Batterien auch, dass die Spannung der Zellen im Laufe der Zeit nachlassen und somit mit zunehmendem Alter die Leistungsfähigkeit des Systems nachlässt.

Bei der Umsetzung eines DC/DC-Wandlers, der direkt am Ausgang der Brennstoffzelle seinen Betrieb aufnimmt, müssen die Parameter genau definiert werden, um die Alterung der Systeme zu berücksichtigen. Wenn eine einzelne Zelle zu Beginn eine Mindestspannung von 0,7 V bis 1 V leistet, kann es durchaus sein, dass im Laufe der Zeit nur noch 0,3 V bis 0,5 V zur Verfügung stehen. Bei einem Stack (Zellen in Reihenschaltung) kann es vorkommen, dass die ursprünglich festgelegte Mindestspannung des DC/DC-Wandlers nicht erreicht wird und dieser somit keine Funktion aufnimmt. Dient der DC/DC-Wandler im Gesamtsystem dazu, um eine Batterie laufend nachzuladen, dann müssen mehrere Voraussetzungen geklärt werden, um Beschädigungen am Gesamtsystem auszuschließen.

Anforderungen an einem DC/DC-Wandler für Brennstoffzellensysteme

Auf eine galvanische Trennung kann im Allgemeinen verzichtet werden, da eine Brennstoffzellenanwendung oftmals eine „Insellösung“ ist und somit keinen negativen Einfluss auf weitere elektronische Komponenten haben wird. Allerdings muss man beachten, dass ab 60 V (Input oder auch Output) der SELV-Bereich verlassen wird und sich damit die Anforderungen bzgl. Berührungsschutz und der Anforderung an eine galvanische Trennung ändern.

EMV

Nachdem wir wissen, dass eine Wasserstofflösung eine „Insel-Lösung“ sein kann, muss mit dem Kunden die EMV abgestimmt werden, um negative Effekte auf das Gesamtsystem zu vermeiden. Es empfiehlt sich grundlegende Festigkeiten gegen Burst und Surge festzulegen, ebenso Grenzwerte für die Einstrahlung sowie Störspannungen (bis 30 MHz) und Abstrahlung (ab 30 MHz) festzulegen.

Umgebungstemperaturen

In einer Brennstoffzelle können sehr hohe Temperaturen entstehen, die immer abgeklärt und definiert werden müssen. Auch ist wichtig anzustimmen, wie die Kühlung der elektronischen Komponenten erfolgt. Wir reden hier von passiver und aktiver Kühlung. Bei Autronic, spezialisiert auf passive Kühlung, stellen Temperaturen von -55 °C bis 95 °C kein Problem dar bei einer Konvektionskühlung.

Wandlertypen:

Booster: Wichtig zu klären ist, ob die Versorgungsspannung der Brennstoffzelle immer unterhalb der Ladespannung bleiben wird, dann reden wir von einem Booster. Im konkreten Entwicklungsfall wurde für einen Kunden die Eingangsspannung zwischen 8 V und 40 V festgelegt, was für Kunden allerdings bei der Skalierung seiner Systeme zu Problemen führen kann. Wenn max. 40 V als Eingangsspannung definiert wird, dann heißt das im Umkehrschluss, dass 40 V geteilt durch die Zellenspannung die Anzahl der Zellen begrenzt ($40 \text{ V} / 1 \text{ V} = \text{max. } 40 \text{ Zellen}$).

Buck Boost: Eine elegante Lösung ist, um auch künftige Projekte einfacher bedienen zu können (z. B. mehr Zellen, unterschiedliche Akkus), dem DC/DC-Wandler die Möglichkeit zu geben, mit Spannungen über und unter der Ausgangsspannung fehlerfrei zu arbeiten. In diesem Fall reden wir von einem Buck-/Boostwandler, der unabhängig der Eingangsspannung die Spannung hoch- oder runter regelt. Für größere Leistungen reicht ein Booster-Konzept nicht mehr aus, da mehr Zellen in Reihe geschaltet werden, somit kann die Spannung des gesamten Stacks die Batteriespannung übersteigen. Für diese Anwendungen ist eine Buck-/Boost-Lösung am besten geeignet, da bei diesem Konzept die Ausgangsspannung unabhängig von der Eingangsspannung an der Batterie eingestellt und die Stackspannung über den kompletten Bereich ausgenutzt werden kann. Beim Buck-Boost Konzept sind sehr gute Wirkungsgrade bis zu 98 %, mit richtiger Auswahl von Hardwarekomponenten, erreichbar.

Sollte die Eingangsspannung immer höher als die Ausgangsspannung sein, dann ist ein **Buck-Converter** völlig ausreichend. Dies macht dann Sinn, wenn eine hohe Zellenanzahl verwendet wird oder die zu ladende Batteriespannung niedrig ist, wie z. B. 12 V oder 24 V.

Hoher Wirkungsgrad: Bei hochkomplexen und modernen Systemen wird ein hoher Wirkungsgrad erwartet, der durchaus bei 96-98 % liegen kann. Bei Geräten ohne galvanische Trennung ist dies möglich. Wichtig ist zu bedenken, dass ein hoher Wirkungsgrad des Spannungswandler eine direkte Auswirkung auf den Preis des Brennstoffzellensystems hat, da für die gleiche Leistung weniger

Zellen benötigt werden. Diese kann dann erreicht werden, wenn beim Design der PSU großen Wert auf Optimierung gelegt wird. Dies macht auch Sinn, da die Stromversorgung nicht noch zusätzlich als Heizung im Gesamtsystem funktionieren soll. Nichtsdestotrotz muss bei einem 2,3 kW-System mit einer Abwärme von 70-75 W gerechnet werden, die abgeführt werden muss.

Ausgangsspannung: Nachdem eingangsseitig alles geklärt wurde, ist die Auslegung der Ausgangsspannung wichtig. Da in unserem Beispiel unser Netzteil die Spannung für Akkus mit 48 V nom. zur Verfügung stellen muss, wurde ein Bereich von 40 V bis 64 V definiert. In diesem Bereich wird, nachdem die Informationen mit dem Lademanagement der Akkus ausgetauscht wurden, die optimale Spannung zur Verfügung gestellt, um die Akkus schonend zu laden. Eine Anbindung an das Lademanagement wurde während der Entwicklung eng mit dem Kunden abgestimmt und ideal vorbereitet, wie die digitale Kommunikationsschnittstelle über SPI umgesetzt werden soll. Hier kann der Eingangsstrom und die Ausgangsspannung eingestellt werden, zusätzlich gibt der Wandler die aktuelle Information über die Eingangsspannung und Ausgangsstrom an das Lademanagement weiter. Es ist auch denkbar das Lademanagement direkt auf dem Wandler zu integrieren, allerdings kann es dazu führen, dass bei geänderten Konfigurationen das Lademanagement nicht mehr optimal läuft. Generell gilt, eine Kommunikationsschnittstellen mit programmierbaren Chips erlaubt immer ein schnelles und einfaches anpassen von neuen Komponenten/Akkutypen mit definierten Parametern und erhöht enorm die Flexibilität.

Herausforderungen in der Entwicklung:

Die Herausforderung ist immer den DC/DC-Wandler so kompakt wie möglich zu entwickeln, mit Blick auf Skalierbarkeit für höhere Leistungen. Zusätzlich muss bei der Auswahl der Bauteile darauf geachtet werden den bestmöglichen Wirkungsgrad zu erreichen, unter Berücksichtigung der Wirtschaftlichkeit. Bei Leistungen von >2 kW ist es enorm wichtig das Kühlkonzept kritisch zu betrachten, d. h. die Hot-Spots so gut wie es möglich ist zu vermeiden oder zumindest so gut es geht zu verteilen. Nicht zu unterschätzen ist es den Kunden und seine Anforderungen zu verstehen. Gerade wenn Kommunikationsschnittstellen notwendig sind, müssen die Weitergabe der Signale klar abgestimmt werden, um Schäden am Gesamtsystem zu vermeiden.

Unterm Strich ist bei einer Entwicklungsleistung immer das Ziel, dass der Kunde sich um seine Kompetenzen kümmern kann, in diesem Fall die Brennstoffzelle und den Power-Profis die Möglichkeit gibt, uneingeschränkt die optimale Lösung zur bestmöglichen Unterstützung beiträgt, um Projekte erfolgreich auf den Markt zu bringen.

AUTRONIC, seit nun 50 Jahre im Bereich Elektronik tätig und seit 1988, mit Einführung des ICE I, Hersteller von zuverlässigen Stromversorgungen, unterstützt mit Erfahrung und voller Tatkraft seine Kunden erfolgreich in der Umsetzung neuer Stromversorgungen, die abseits der üblichen Einsatzgebiete Verwendung finden.