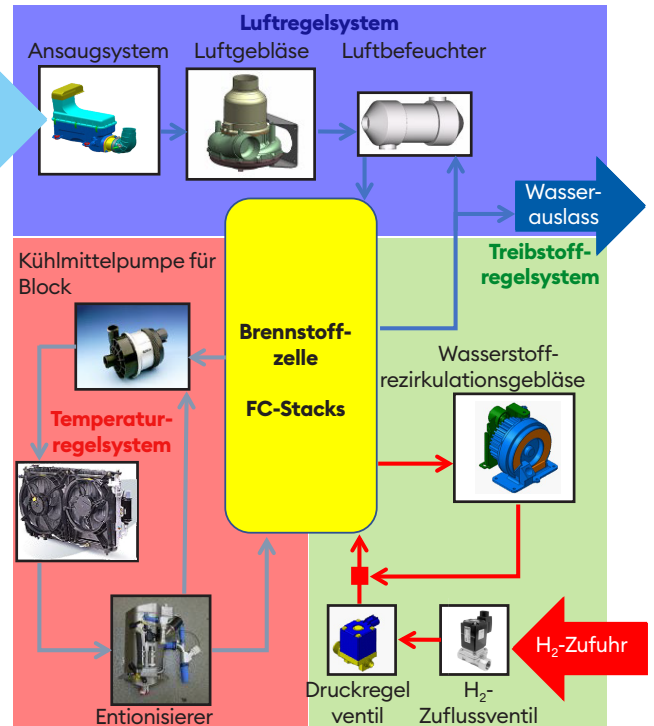


Aufwändige Peripherie und Regelung: Die Brennstoffzelle benötigt Luftsauerstoff  $O_2$  und Wasserstoff  $H_2$  und muss temperiert werden.



Um eine Brennstoffzelle zur Erzeugung der elektrischen Energie zu regeln, müssen sowohl der Sauerstoff  $O_2$  aus der Luft wie auch der Wasserstoff  $H_2$  im korrekten Mischungsverhältnis zugeführt werden. Die Regelung ist insofern herausfordernd, da eine Brennstoffzelle im Fahrzeug nicht stationär (gleichbleibende Leistung / Last), sondern transient (veränderbare Leistung / Last) betrieben wird.

Alle Regelsysteme werden als Peripherie bezeichnet. Dazu gehören die Luftregelung (Sauerstoff) und die Treibstoffregelung (Wasserstoff) und die Temperaturregelung. Bei der kalten Verbrennung im Brennstoffzellenstack entsteht nebst der gewünschten Menge elektrischer Energie auch Abwärme. Bei hohen Aussentemperaturen muss die Brennstoffzelle gezielt gekühlt und beim Start bei niedrigen Aussentemperaturen erwärmt werden.

## Treibstoffregelung

Der Wasserstoff wird aus den Hochdrucktanks über ein Magnetventil (Ein/Aus) und über eine Druckstufenregelung der Brennstoffzelle zugeführt. Beim Personenwagen werden die Vorratsbehälter aktuell mit maximal 700 bar, beim Nutzfahrzeug mit 350 bar Nenndruck gefüllt. Der Druck und damit die Zuflussmenge für den Brennstoffzellenstack müssen präzise geregelt werden, um die kalte Verbrennung im Stack sicherzustellen. Diverse Drucksensoren in den Behältern aber auch in der Zuführungsleitung sind notwendig. Die FC wird mit einem Konstantdruck von rund 10 bar mit Wasserstoff versorgt. Um eine gleichmäßige Begasung der FC mit Wasserstoff zu gewährleisten,

sorgt ein Rezykulationsgebläse mit variabler Drehzahl für die Dosierung auf der Anodenseite. Eine ausgeklügelte Wasserstoffzuführung mit speziellen Gasleitführungen vom Druckregelventil (Mengensteuerung) sorgt für eine gleichmäßige Verteilung des Wasserstoffs. Das Zurückführen von noch nicht am chemischen Prozess beteiligtem Wasserstoff mit dem Rezykulationsgebläse ist Garant für eine vollständige Umwandlung zu Wasser und Spülung. Trotzdem gelangt ein kleiner Teil des Wasserstoffs zum Luftauslass.

## Luftregelsystem

Auf der Kathodenseite muss Sauerstoff zugeführt werden. Dieser wird aus der Umgebungsluft entnommen. Die Luft passiert zuerst einen Papierfilter, um Verschmutzungen wie Staub/Partikel aber auch Salze herauszufiltern. Nebst festen Bestandteilen werden mittels einer Aktivkohleschicht chemische Verbindungen auf der Filteroberfläche zurückgehalten (wie Stickoxide  $NO_x$ , Schwefeldioxid  $SO_2$  oder Ammoniak  $NH_3$ ). Dieses Bauteil ist bei jeder Wartung zu ersetzen.

Ein Luftgebläse fördert die Luft bedarfsgerecht, das heisst der entsprechenden Last der Brennstoffzelle zum Befeuchter. Die Drehzahl dieses Gebläses ist variabel und kann von 0 bis über 40'000/min vom Steuergerät angepasst werden. Dieses Gebläse macht sich im Fahrbetrieb akustisch bemerkbar.

Das nächste zu passierende System ist der Befeuchter, der die Ansaugluft auf einen bestimmten Feuchtigkeitsgrad bringt (in der Regel rund 80%). Die Feuchtigkeit ist wichtig, damit die kalte Verbrennung in der FC reibungslos von-

stattgeht. Vor allem die Polymermembrane, also die elektrolytische Membrane zwischen der Anode und Kathode, muss gut befeuchtet sein und darf nicht austrocknen, damit die Ionenwanderung der Wasserstoffatome optimal verläuft und die Reaktionsgeschwindigkeit gewährleistet ist.

Aus der zugeführten Luft werden nur die rund 21% Sauerstoff für die Redoxreaktion im Stack verwendet. Die Luft wird aber auch benötigt, um das entstandene Wasser aus den Stacks zu entfernen. Damit ist auch sichergestellt, dass die Brennstoffzelle im Winter nicht einfrieren kann.

## Temperaturregelsystem

Das Thermomanagement ist ein ebenfalls wichtiger Bestandteil der Peripherie. Die kalte Verbrennung der FC funktioniert nur mit möglichst hohem Wirkungsgrad, wenn die Stacktemperatur deutlich unter  $100\text{ }^\circ\text{C}$  gehalten werden kann (in der Regel max.  $85\text{ }^\circ\text{C}$ ). Die Abwärme wird über eine spezielle Kühlflüssigkeit zum Kühler transportiert. Eine drehzahl-geregelte, elektrische Kühlmittelpumpe sorgt für den bedarfsgerechten Wärmetransport. Ein Ionenfilter unterstützt die Kühlflüssigkeit zudem, dass sie nicht elektrisch leitend ist und einen hohen Widerstandswert aufweist. Der Ionenfilter muss bei jeder Wartung ausgetauscht werden.

Damit die Brennstoffzelle bei winterlichen Temperaturen betrieben werden kann, ist ein elektrischer Zuheizung für das Kühlmittel integriert. Damit wird sichergestellt, dass die Brennstoffzelle nicht einfrieren kann. Auch der Innenraum wird dann elektrisch beheizt.