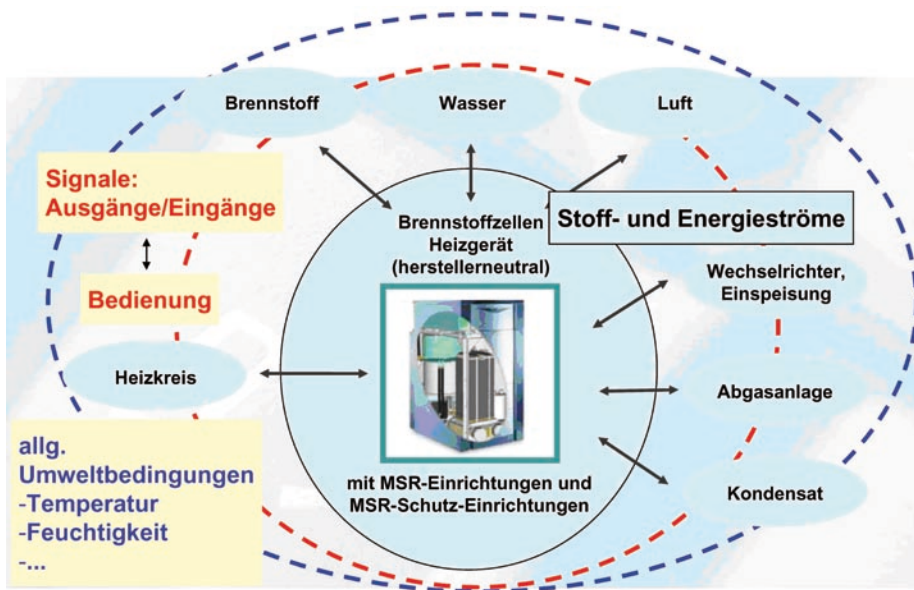


Blick in den „Entwicklungstopf“

Regelung und Überwachung von Brennstoffzellen-Heizgeräten – hier gehen die Entwicklungen hin



Sicherheitsrelevante Wechselwirkungen eines Brennstoffzellen-Heizgeräts

- Ablaufsteuerung (Zustandsautomat): Entsprechend der vorgegebenen Bedingungen wird in einen anderen Zustand innerhalb der Ablaufsteuerung geschaltet
- Steuer-, Regelungs-, Sicherheits- und Überwachungsfunktionen: Innerhalb der Zustände des Zustandsautomaten sind die verschiedenen Steuer-, Regelungs-, Sicherheits- und Überwachungsfunktionen aktiv und werden entsprechend ausgeführt

Mit der Ablaufsteuerung werden der Reformier und die Brennstoffzelle hoch- bzw. heruntergefahren und bei Fehlern und Störungen auch in einen sicheren Zustand gebracht. Diese Sicherheitsstellung muss dabei von jedem möglichen Betriebspunkt aus sicher erreicht werden können. In den einzelnen Zuständen des Zustandsautomaten wiederum laufen eine Vielzahl von Einzel-funktionen z. B. die Ansteuerung von Ventilen, die Überwachung der einzelnen Betriebsphasen sowie die Freigabe der jeweiligen Regelkreise ab.

Aktorik und Sensorik

Gegenüber einer konventionellen Hausheizungsanlage werden bei der Brennstoffzelle ähnliche Sensoren wie bei den heutigen Kesseln und Thermen benötigt. Der Unterschied liegt in einem anderen Messbereich. D. h. die heute bei den Heizgeräten in der Serie verwendeten Sensoren lassen sich nicht ohne weiteres bei den BZH einsetzen. Dies gilt auch für die Aktoren. Bei den ersten Prototypen musste daher meist auf Sensoren

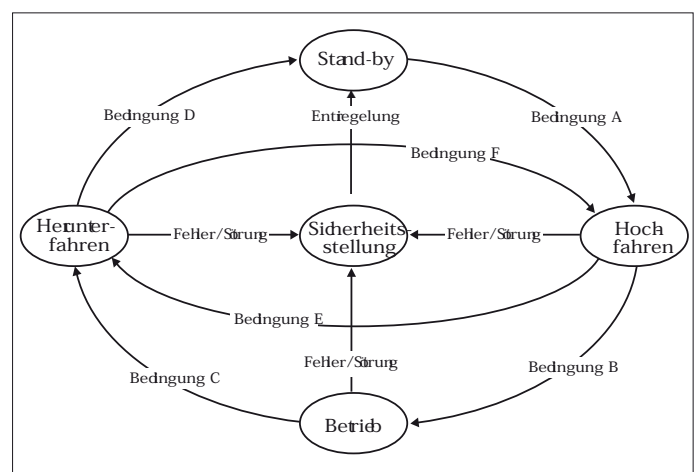
Dr. Dieter Pfannstiel

Das Thema „Dezentrale Stromerzeugung“ im Ein- und Mehr-Familienhausbereich ist zur Steigerung der Energieeffizienz von hohem Interesse. Dazu können zukünftig auch die Brennstoffzellen-Heizgeräte einen Beitrag leisten. Wir beschreiben die „Inne-reien“ dieser Geräte mit der dazugehörigen Steuerung und Regelung. Da die Entwicklung zur Zeit noch im Fluss ist, lassen sich die Hersteller auch nicht im Detail in ihren „Entwicklungstopf“ schauen und offenbaren daher noch nicht die Steuer-, Regelungs- oder Überwachungsfunktionen im Detail.

Ein Brennstoffzellen-Heizgerät besteht aus einer Vielzahl von Regelkreisen. Die BZH-Regelungen und auch die Überwachungs- und Sicherheitseinrichtung sind heute aus Flexibilitätsgründen meist noch als SPS ausgeführt, da erst für die Seriengeräte integrierte Hardwarelösungen zu erwarten sind. Bei den Brennstoffzellen-Heizgeräten findet man Regelkreise zur Druck-, Feuchte-, Verbrennungs- (O₂-Regelung), Strom-/Leistungs-, Temperatur- und Volumenstromregelung. Die Tabelle 1 zeigt eine Übersicht über die möglichen Regelkreise. Je nach BZH-Realisierungs- und Ausführungsstand der verschiedenen Hersteller kann dabei der eine oder andere Regelkreis noch hinzukommen bzw. wegfallen.

Die Steuerung/Regelung des BZH besteht, wie auch jede andere Regelung, aus den folgenden Modulen:

Zustandsautomat einer Brennstoffzellenregelung



Dr.-Ing. Dieter Pfannstiel ist Inhaber der DiWiTech Ingenieurpraxis für technische und wissenschaftliche Dienstleistungen in Breitenbach am Herzberg

bzw. Aktoren zurückgriffen werden, die von den Abmessungen meist zu groß waren, eine ungünstige Auflösung in dem verwendeten Mess- bzw. Stellbereich hatten und die kostenmäßig für einen Serieneinsatz eigentlich nicht zu verwenden sind.

Ein Ziel bei der weiteren Entwicklung eines BZH-Seriengerätes ist die Vereinfachung der Systemkomplexität und eine Kostenreduzierung. Daraus ergeben sich dann auch die Anforderungen an die Aktorik und an die Sensorik:

- Senkung der Hilfsenergie der verwendeten Aktoren
- Minimierung der Abmessungen der Sensoren und der Aktoren
- Sicherstellung einer ausreichenden Genauigkeit der Sensoren für die Serienfertigung in dem relevanten Messbereich
- Reduzierung der Sensor- und Aktorkosten

Sicherheitstechnische Anforderungen

Die für die BZH anzuwendenden sicherheitstechnischen Anforderungen können teilweise aus bereits definierten Sicherheitsanforderungen für ähnliche Anlagen und Komponenten abgeleitet werden. Die benötigten Normen und Regelwerke für Brennstoffzellen-Heizgeräte müssen erst noch entwickelt werden. Die Anforderungen an die Sicherheitstechnik zum Betreiben eines BZH lassen sich in zwei Bereiche aufteilen:

■ **Grundlegende Sicherheitsanforderungen:** Diese grundlegenden Sicherheitsanforderungen müssen mit dem Inverkehrbringen der Anlage erfüllt sein. Das Gerätesicherheitsgesetz liefert hierfür die Grundlage.

■ **Prüfbestimmungen:** Das Ziel ist es, die technische Sicherheit der Anlage zu prüfen und zu gewährleisten. Die Prüfbestimmungen, sind für die Inbetriebnahme und den Betrieb zu berücksichtigen. Die Grundlage hierfür ist das Energiewirtschaftsgesetz.

Die Sicherheits- und Überwachungseinrichtung ist der Gasaufbereitung und dem Brennstoffzellensystem überlagert und überwacht diese Bereiche. Weiterhin überwacht sie auch das komplette BZH auf eventuelle Wasserstoff-Leckagen. Die Wärmeverteilung selbst unterliegt nicht der strengen Sicherheitstechnik, da in diesem Bereich nicht sicherheitsrelevante Funktionen ausgeführt werden und die Überwachung

Regelkreis	Aufgabe	Regelgröße	Stellgröße
Erdgasmenge	Einregeln der Erdgasmenge für den Reformier	Volumenstrom des Erdgas	Verdichtergebläse / Kompressor
Prozesswassermenge	Einregeln der Prozesswassermenge für den Reformier	Volumenstrom des Prozesswassers	Regelventil oder Pumpe
Verbrennungsoptimierung	Einregeln der Luftzahl	Ionisationsstrom oder O ₂ -Gehalt des Abgases	Erdgasventil des Brenners
Reformier-temperatur	Einregeln der Reformier-temperatur	Reformier-temperatur	Luftgebläsedrehzahl des Brenners / Modulationsgrad
Temperatur vor oder hinter der Hoch- oder Niedertemperatur-Shiftstufe oder der PROX	Einregeln der Temperatur vor oder hinter der Hoch- oder Niedertemperatur-Shiftstufe oder der PROX	Temperatur vor oder hinter der Hoch- oder Niedertemperatur-Shiftstufe oder der PROX	Durchfluss durch den Wärmetauscher vor oder hinter der Hoch- oder Niedertemperatur-Shiftstufe oder der PROX
Temperatur vor oder hinter der Brennstoffzelle	Einregeln der Temperatur vor oder hinter der Brennstoffzelle	Temperatur vor oder hinter der Brennstoffzelle	Durchfluss durch den Wärmetauscher vor der Brennstoffzelle / Drehzahl der Pumpe
Luftdruck vor der SelOx	Einregeln des Luftdruckes im Pufferbehälter vor der SelOx-Luftführung	Luftdruck im Pufferbehälter	Kolbenpumpe
SelOx-Temperatur	Einregeln des Delta-T über der SelOx, um indirekt den CO-Gehalt auf einem Minimum zu halten	Delta-T = Temperatur nach der SelOx minus Temperatur vor der SelOx	SelOx-Gebläse
Gasdruck vor der Reformierzuführung	Einregeln des Gasdruckes im Pufferbehälter der Reformier-Erdgaszuführung	Gasdruck im Pufferbehälter	Erdgasverdichter
Feuchterege-lung der Kathoden-abluft	Einregeln des Feuchtegehaltes der Abluft der Kathode auf einen konstanten Wert	Feuchte-Istwert der Luft	Zuluftgebläse
Luftvolumenstromregelung der Zuluft des Stacks	Einregeln des Luftvolumenstromes zur Kompensation von Verstopfung im Luftweg	Luftvolumenstrom	Gebläse der Stackzuluft
Zellspannungsregelung des Stacks	Konstanthalten der Zellspannung beim Anlauf und Begrenzung im Betrieb	Stromsollwert	Leistung
Stromregelkreis des Stacks	Einregeln des Stromsollwertes	Stromistwert	Wechselrichter
Vorlauf-temperatur Sekundärkreislauf	Einregeln auf die Temperaturanforderung der Verbraucher	Vorlauf-temperatur des Sekundärkreises	Mischerventil, Pumpe

Übersicht über die verschiedenen Regelkreise des BZH

von Grenztemperaturen direkt durch die Wärmeverteilung erfolgen kann.

Kleiner Ausblick

Ein großer Part bei den Brennstoffzellen-Heizgeräten nimmt die Sicherheits-, Steuer- und Regelungstechnik ein. Diese gehen über das heute von den Kesseln und Thermen bekannte weit hinaus, und die Rege-

lung ist weitaus komplexer als die heutige Heizungsregelung. In diesem Artikel wurde versucht diese komplexe Steuer- und Regelungstechnik etwas näher zu beleuchten und einen Einblick in die verschiedenen Regelkreise zu geben.