

Automatisierung grüner Energieerzeugung mit Brennstoffzellen

EMISSIONSREDUZIERUNG Um den Ausstoß klimaschädlicher Treibhausgase nachhaltig zu reduzieren, hat thyssenkrupp Marine Systems (tk MS) ein Energieerzeugungskonzept auf Basis der Brennstoffzellentechnologie entwickelt. Das dafür notwendige Steuerungssystem stammt von Bachmann electronic.

Keno Leites, Burkhard Staudacker

Thyssenkrupp Marine Systems hat sich bei der Energieerzeugung für die Schifffahrt das Ziel gesetzt, eine global bilanzierte Reduzierung der Emissionen zu erreichen, die am Ende CO₂-neutral oder -negativ ausfällt. Dazu bedarf es regenerativer Brennstoffe und einer sehr effizienten Energieumwandlung.

Die Brennstoffzelle mit Reformer bietet den Vorteil, in einem mechanisch schlichten System außer CO₂ keine weiteren Schadstoffe wie NO_x (Stickoxide), Feinstaub oder PAK (Polycyclische aromatische Kohlenwasserstoffe) zu erzeugen. Auch einen Methanslip, bei dem das unverbrannte Treibhausgas freigesetzt wird, gibt es nicht. Stickoxide entstehen wegen der im Vergleich zum Verbrennungsmotor geringen Betriebstemperaturen nur vernachlässigbar.

Brennstoffzellen erzeugen darüber hinaus keinerlei Vibrationen oder Schall. Als Einsatzbereiche für die Brennstoffzellentechnologie eignen sich seegehende Schiffe, Fähren und Feeder sowie große Binnenschiffe und Yachten.

Für den „proof of concept“ wurde ein Demonstrator mit 50 kW wenn, inklusive Energiespeicher konstruiert und gebaut. Er dient dem Nachweis für die Entwicklung der Sicherheitskonzepte in dieser Größenklasse, der Funktion des Prozesses und der Seetauglichkeit.

Vorteile der Brennstoffzellentechnologie

Die Vorteile der Brennstoffzellen liegen in der Art der Um-

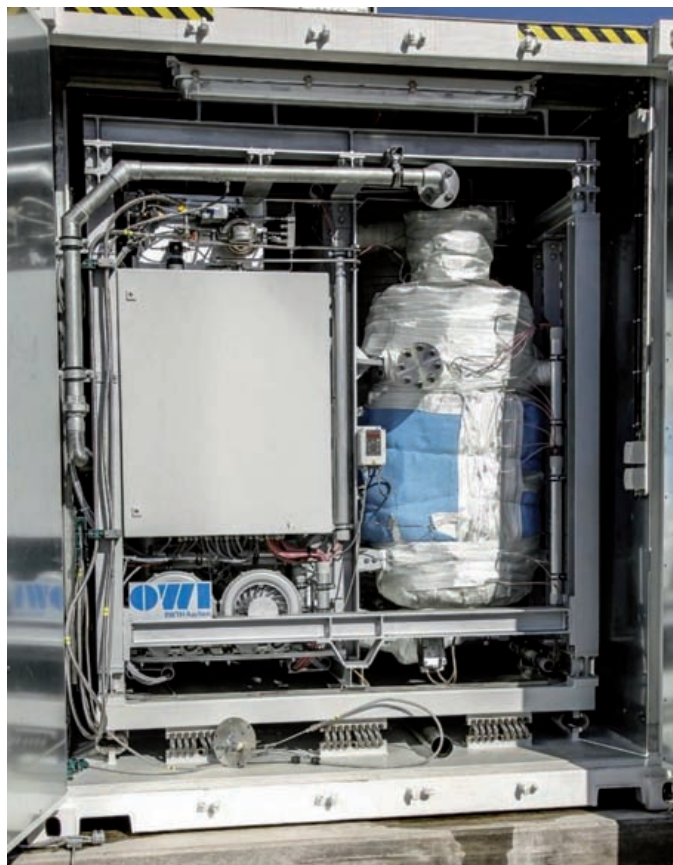


Abb. 1: Reformer

Quelle aller Abbildungen: tk MS

setzung des Brennstoffes, im System SchIBZ® (Forschungsprojekt SchiffsIntegration Brennstoffzelle) vorzugsweise ein Kohlenwasserstoff. Dieser wird am Reformerkatalysator unter Beimischung von Wasser (H₂O) aus dem Abgas in ein Synthesegas gespalten.

Dieses Synthesegas rekombiniert in der Folge zu Methan (CH₄) und Wasserstoff (H₂). Überschüssiger Wasserdampf verbleibt als inerte Bestandteil im Gasgemisch.

Die Umsetzung des gebildeten und der Brennstoffzelle zugeführten Gases (Reformat) weist folgende Charakteristika auf:

- › keine oszillierenden Komponenten,
- › Arbeitstemperaturen unter der NO_x-Entstehungstemperatur,
- › durch geregelte Oxidation keine Bildung von Ruß/Feinstaub,
- › Schall, Vibrationen und Schadstoffemissionen werden vermieden,

› keine Geruchs- und Methanemissionen.

Damit ergibt sich eine um mindestens 25 Prozent verbesserte Treibhausgasbilanz im Vergleich zu Motoren (Wirkungsgrad ca. 40 Prozent bei Motorgeneratoren vs. >50 Prozent bei BZ).

Um die Anforderungen der Emissionsvorschriften einzuhalten, sind bei Dieselgeneratoren verschiedene Nebenaggregate wie Partikelfilter, Katalysator, Schalldämpfer und Abgasüberwachungssysteme erforderlich, die beim Einsatz von Brennstoffzellen entfallen. Auch Lösungen, die die Komforteigenschaften verbessern (z.B. zusätzlich elastische Lagerung und Schallkapseln) werden nicht benötigt.

In der Gesamtbilanz des Platzbedarfes ist ein Brennstoffzellenaggregat deutlich größer als ein Dieselmotoraggregat. Hinsichtlich der Lebensdauerkosten kann davon ausgegangen werden, dass bei einem modernen Motor mit allen Komponenten zur Reduzierung von Schadstoffemissionen Kosten in Höhe von 22 Cent/kWh entstehen, bei einem Brennstoffzellensystem in der Serienfertigung 26 Cent/kWh. Diese Differenz von rund 20 Prozent ist noch nicht bereinigt um die Wartungskosten, die für den Betrieb eines Motorgenerators anfallen.

Aggregatsteuerung

Die Automation ist dezentral und nach den bisher bestehenden Regeln der Klassifikation aufgebaut. Für die Zukunft

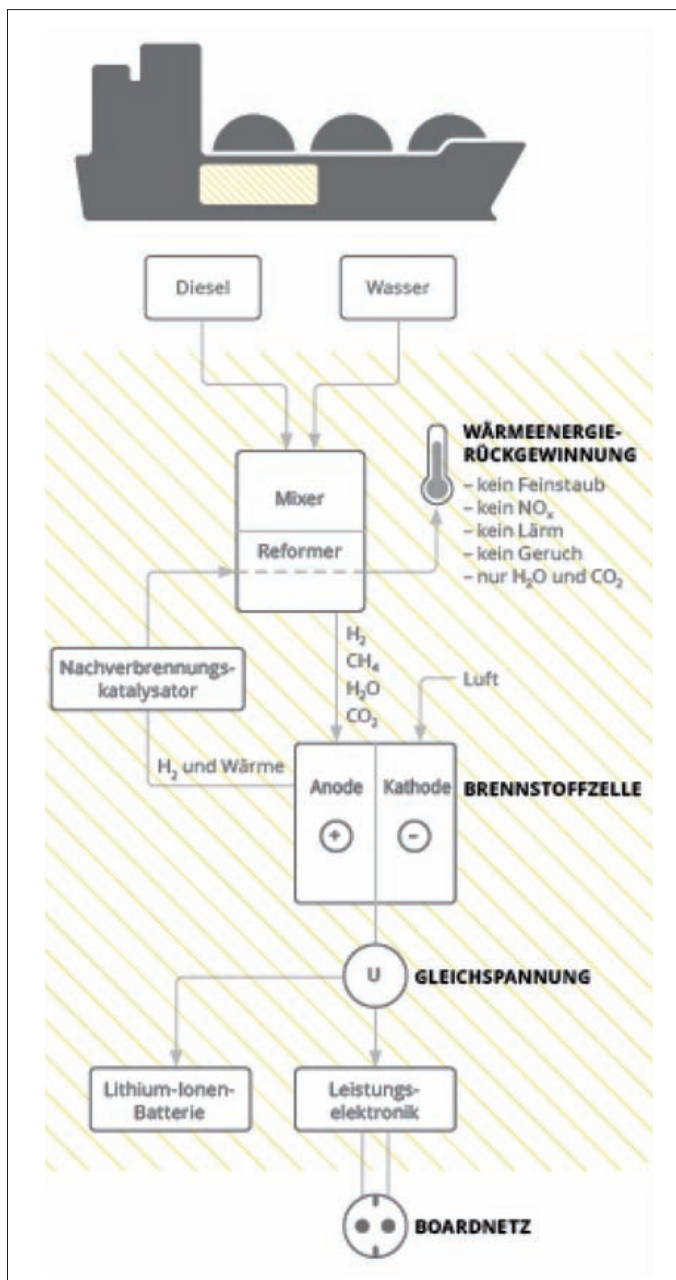


Abb. 2: Funktionsprinzip

plant tk MS eine integrierte Automation für das System, wahlweise mit oder ohne Energiespeicher, die auch die Sicherheitsfunktionen über den operativen Bus führt.

Im Gegensatz zu anderen Industrien sind integrierte Automatisierungslösungen in der Schifffahrt derzeit nicht zulässig. Hierfür wurde mit Bachmann electronic, dem Hersteller des Steuerungssystems, und der Klassifikationsgesellschaft DNV GL ein Vorschlag erarbeitet, der vom Bundesministerium für

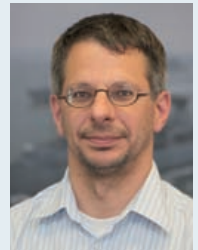
Verkehr und digitale Infrastruktur bei der IMO eingereicht wurde. Die Umsetzung erfolgt, sobald der Vorschlag von der IMO akzeptiert wird.

Das aktuelle Brennstoffzellenaggregat setzt sich aus mehreren Subsystemen zusammen, die über eigene Automatisierungskomponenten verfügen: Reformer, Brennstoffzelle und Energiemanagement-System jeweils mit einer Standard-Steuerung und einem Safety-System.

Zusätzlich wird eine übergeordnete Steuerung benö-

„Durch die vielfältigen Schnittstellen kann unser System in unterschiedlichste Schiffsautomatisierungen integriert werden“

KURZINTERVIEW Keno Leites, Project Manager Fuel Cell Application bei thyssenkrupp Marine Systems, erläutert Aufbau und Nutzen des speziell entwickelten Steuerungssystems.



Sie haben sich bei der Automatisierung für eine integrierte Lösung von Bachmann electronic entschieden. Welche Gründe waren hierfür ausschlaggebend?

Für uns war wichtig, dass der Automatisierungspartner über alle im Schiffbau notwendigen Zertifizierungen verfügt und robuste, bis +60 Grad Celsius einsetzbare sowie langzeitverfügbare Produkte garantiert.

Welche Module kommen für das Projekt zum Einsatz?

Wir verwenden CPU-Module aus der Bachmann „MC“-Serie, die z.T. multicorefähig sind und universelle IO-Module (GIO212), die die wichtigsten Signalarten wie etwa Erfassung von Druck, Drehzahl und Temperatur abdecken. Des Weiteren kommen das ERS202-Kopfmodul für netzwerkredundante Substationen und GSP274 zur Synchronisation und Netzanalyse sowie SLC284, SDI208, SDO204, SAI205 Safety-Module zur Verarbeitung von digitalen und analogen sicherheitsgerichteten Signalen zum Einsatz. Zur Visualisierung wird das vollständig webbasierte System atvise® genutzt.

Welchen Nutzen hat die Lösung erbracht?

Wir haben eine Automatisierungslösung mit Bachmann erarbeitet, die es uns ermöglicht, alle Subsysteme auf einem Steuerungssystem zu integrieren. Wir erreichen damit eine transparente Software-Architektur mit nur einem Alarm-System und einer Hardware-Diagnose für das gesamte System sowie die einfache Kommunikation zwischen den Gewerken. Das bietet bei der Fernwartung eine Gesamtübersicht, aus der Handlungen gezielt abgeleitet werden können. Die vielfältigen Schnittstellen lassen uns unser System in unterschiedlichste Schiffsautomatisierungen integrieren.

Warum sollten Schiffseigner auf diese Form der Energieerzeugung an Bord setzen?

Wenn wir davon ausgehen, dass unsere Technologie in Serie produziert wird, sinkt der aktuelle Kostenvorteil von Diesellaggregaten signifikant. Die Brennstoffzelle erzeugt genügend Energie für das Bordnetz und ist sogar ausreichend für geringen Vortrieb. Durch den verminderten Schadstoffausstoß können so z.B. Schiffe auch Häfen ansteuern, die auf die Einhaltung von strikten Grenzwerten achten. Gleiches gilt für bestimmte Gewässerabschnitte, Fjorde etc. Besonders interessant ist das System also für Kreuzfahrtschiffe sowie Handelsschiffe, die regulierte Seegebiete anfahren und die Nutzung von Hafenstrom vermeiden wollen. Und die Zahl der regulierten Seegebiete wird weiter zunehmen.

tigt, die mit dem Schiff kommuniziert und die erzeugte Energie in das Bordnetz einspeist. Alle Gewerke verfügen über ihr eigenes Steuerungssystem mit Alarmhandling und zum Teil zusätzlicher Safety-Steuerung. Die sechs Subsysteme arbeiten autark und tauschen die Daten in diesem komplexen System über Schnittstellen aus.

Applikationsprogrammierung

Die Programmierung des Energiemanagement-Systems und der übergeordneten Steuerung erfolgte auf Basis der Bachmann M1-Steuerung und wurde in der für den Partner gewohnten Programmierumgebung „C“ ausgeführt.

Die Reformer-Applikation des Prototyps wurde auf einem modellbasierten System im Labor entwickelt und für die Anwendung auf einer SPS umprogrammiert. Hier können Fehler entstehen, deren Ursachenlokalisierung sehr herausfordernd sein kann. Die Durchgängigkeit vom Modell bis zur Anlage ist dadurch nicht mehr garantiert. Um für die Zukunft diese Durchgängigkeit sicher zu stellen und potenzielle Fehlerquellen zu vermeiden, wurde für den Serieneinsatz eine integrierte Lösung, basierend auf der Bachmann M1-Steuerung entwickelt. Hierbei musste die Nutzung verschiedener Programmier-Tools der Akteure berücksichtigt werden. Nach

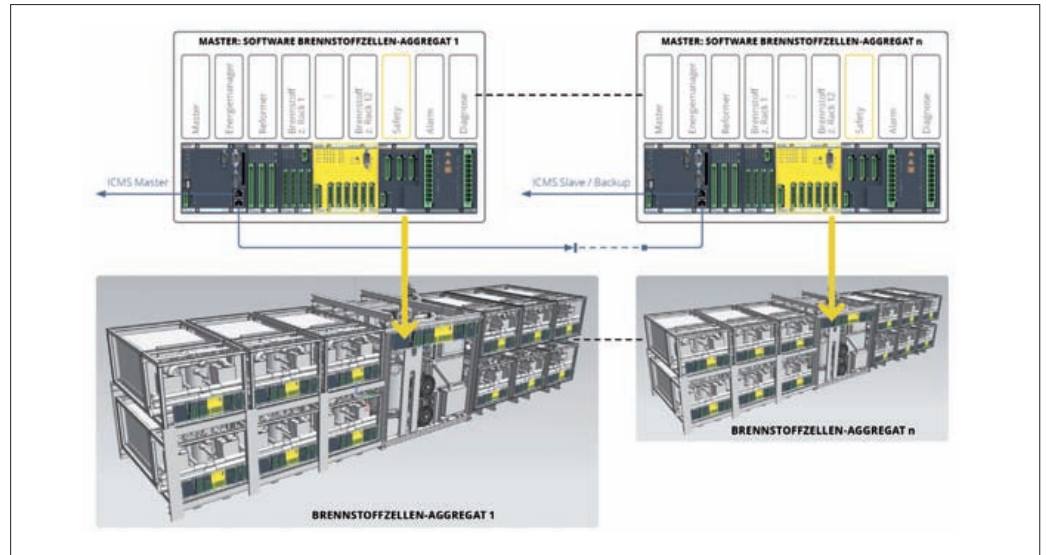


Abb. 3: Skalierbare Haupt- und Subsystemsteuerungen

außen sollte es nur ein Alarm-system und einen Verbindungspunkt für Fernwartung für alle Gewerke geben.

Für die Softwareentwicklung war es wichtig, dass die Projekte in den gewohnten Programmierumgebungen, wie IEC61131-3, C/C++, HTML5, Matlab/Simulink®, realisiert werden können. Die Inbetriebnahme kann in einer abstrahierten Ebene über den CFC-Editor oder den Component-Manager erfolgen. Auf der M1-Steuerung können alle Applikationen parallel abgearbeitet werden. Auch die Safety-Steuerung kann als extra Hardware-Modul integriert werden und über einen zertifizierten „Black-Channel“ die vorhan-

dene Vernetzung tunneln und nutzen.

Hierbei werden alle Applikationen wie Reformer, Brennstoffzellen, Energiemanagement, übergeordnetes System und Nebenaggregate von der Steuerung unabhängig voneinander ausgeführt. Soll eine Energieerzeugungseinheit in der Leistung skaliert werden, so wird die Hardware entsprechend zentral oder dezentral erweitert, die Software-Module der Anzahl entsprechend instanziiert und der Hardware zugeordnet. Ein bereits getestetes System wird somit nur hochskaliert und kann reibungslos in Betrieb genommen werden.

Zu den Vorteilen einer integrierten Lösung gehören,

neben der erhöhten Applikationssicherheit und der Skalierbarkeit, die geringere Anzahl von Schnittstellen und Kabeln. Dies reduziert den Platzbedarf in den Schaltschränken und die kostenintensive Verlegung von Kabeln.



Die Autoren: Keno Leites, Project Manager Fuel Cell Application, thysenkrupp Marine Systems, und Burkhard Staudacker, Key Account Manager und Sales Maritim DACH, Bachmann electronic GmbH

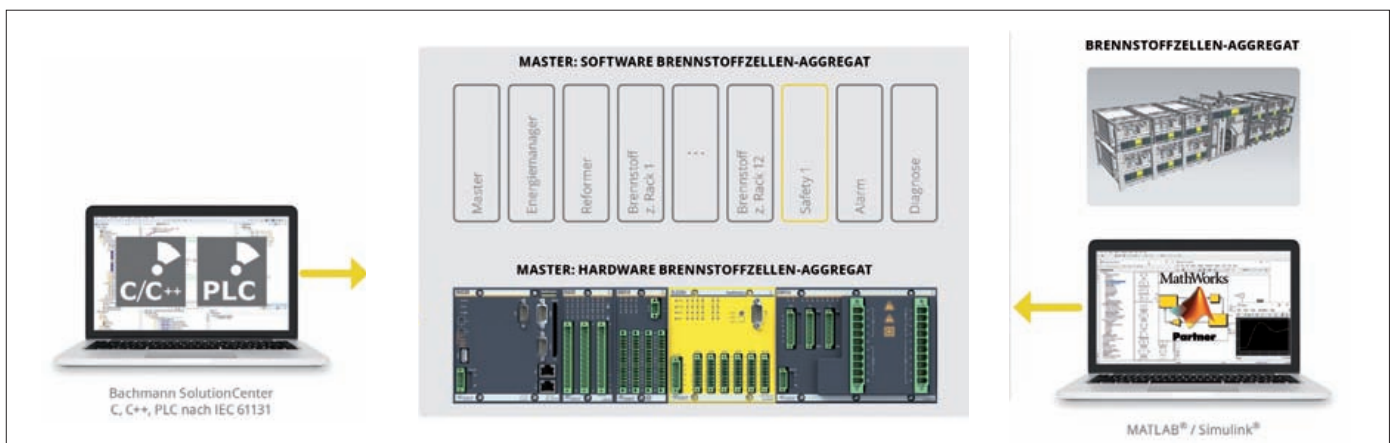


Abb. 4: Software-Entwicklung in den gewohnten Programmierumgebungen