

PROJEKTVORHABEN

Entwicklung eines Sensor-Arrays für schadgas-adsorbierende Kathodenluftfiltersysteme im Rahmen der deutsch-chinesischen Kooperation ISAAC

Das Projektvorhaben soll die wissensbasierte Auslegung von Kathodenluftfilter für Anwendungen in China ermöglichen und wird durch einen parallelen Antrag auf den Förderaufruf des chinesischen MoST (Ministeriums für Wissenschaft und Technologie) zu bilateralen Forschungsprojekten im Bereich der Brennstoffzellen ergänzt. Partner auf chinesischer Seite sind die Tongji Universität, Shanghai, MANN+HUMMEL China, sowie Weichai als OEM-Partner für Erprobungen.

Die Lebensdauer eines PEM-Brennstoffzellensystems hängt wesentlich von der Sauberkeit der Kathodenluft ab. Der schädliche Einfluss von Gasen wie NH_3 , NO_x und SO_2 wurde bereits ebenso untersucht wie der wirksame Schutz durch Filter mit Aktivkohlen, die diese Schadgase selektiv adsorbieren können. Da die massenbezogene Speicherkapazität von Aktivkohlen für Schadgase begrenzt ist, ist es für die Filterauslegung unerlässlich, die im Realbetrieb auf den Filter einwirkende Schadgasmenge zu kennen. Feldversuche in Deutschland zeigten, dass diese sehr stark von der lokalen Luftqualität abhängt. Ferner werden Luftqualitätsdaten ermittelt, die als Basis für die wissensbasierte Auslegung von Kathodenluftfilter für Anwendungen in China dienen.

Die Brennstoffzelle kann insbesondere in Nutzfahrzeug- und Schwerlastanwendungen maßgeblich zur Dekarbonisierung des Verkehrs beitragen. Für den Markthochlauf müssen sowohl die Lebensdauer (20.000 Betriebsstunden), als auch die Kostenerwartungen der Kunden erfüllt werden. Insbesondere für den in China im Aufbau befindlichen Markt für brenn-

stoffzellenbetriebene Nutzfahrzeuge liegen Luftqualitätsdaten zur wissensbasierten Auslegung von Kathodenluftfiltern nicht vor. Dieses Hemmnis des Markthochlaufs soll durch die Bereitstellung eines Durchbruchsensor-Arrays behoben werden: Das Array wird unter automobilen Einsatzbedingungen zur Bestimmung des Beladungszustands des Kathodenluftfilters verwendet und ermöglicht eine vorausschauende Wartung. Dabei zeigt der beginnende Durchbruch der Schadgase durch den Kathodenluftfilter die vollständige Sättigung der verwendeten Aktivkohlen an. Neben der Entwicklung eines Sensor-Arrays stellen dessen Validierung unter Labor-Bedingungen sowie die Integration in den Kathodenluft-Pfad wesentliche Arbeitsinhalte des Projektes dar.

Ziel des Forschungsvorhabens ist die Entwicklung eines neuartigen Kathodenluftfiltersystems mit integrierter Durchbruch-Sensorik mit elektrochemisch aktiven Oberflächen für die Gase NH_3 , NO_x und SO_2 zur Erprobung in China. Weiterhin die Entwicklung und Erprobung eines Simulationswerkzeugs zur Auslegung von Kathodenluftfiltern hinsichtlich Schadgasadsorption inklusive Validierung. Das dafür vorgesehene Sensorarray wird auf Basis gassensitiver Schichten bei Beherrschung von Querempfindlichkeiten und Nachweisgrenzen im Spurenkonzentrationsbereich entwickelt. Dazu wird eine intelligente Signalauswertung mit Kompensation von Temperatur und Feuchteinflüssen für die Anwendung im Nutzfahrzeugbereich in China hergestellt. Dies führt zur Ableitung einer wissensbasierten Auslegungstheorie für Kathodenluftfilter auf Basis der Labor- und Feldversuche.

Die zentrale Aufgabe des fem ist die Entwicklung von Sensorschichten, d.h. elektrochemisch aktiven Oberflächen, die sensitiv und selektiv auf ausgewählte Schadgase bzw. -gemische im sub-ppm-Bereich reagieren. Nach dem Prinzip der Gas-Festkörperwechselwirkung soll eine Signalerzeugung detektiert werden. Auf geeigneten 3D-Trägermaterialien – z.B. Interdigitalelektroden, gedruckte Elektronik – sollen zuerst intrinsisch leitfähige Polymere wie Polyanilin oder Polypyrrol elektrochemisch appliziert werden, da diese sich aufgrund schneller Ansprechzeiten zur Signalerzeugung eines Durchbruchssensors besonders eignen (Abb. 1). Weiterhin ist eine gewisse Selektivität abgestimmt auf das jeweilige Schadgas (NH_3 , NO_x und SO_2) gefordert, weshalb die Polymerschichten funktionalisiert werden müssen. Diese Aufgabe soll von Metallen (z.B. Ag, Cu),

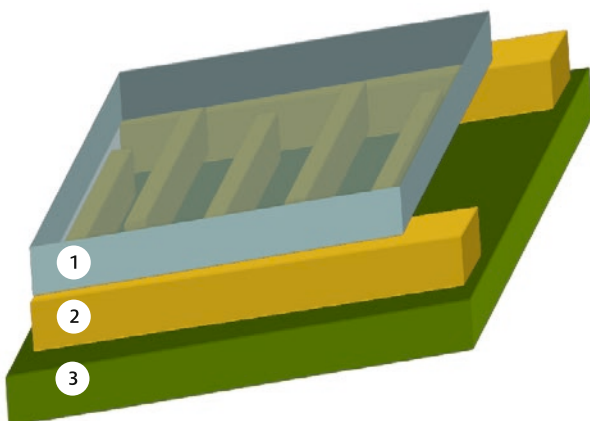


Abb. 1: Gassensitive Schicht (1), Interdigitalelektroden (2), Trägerschicht/Isolator (3)

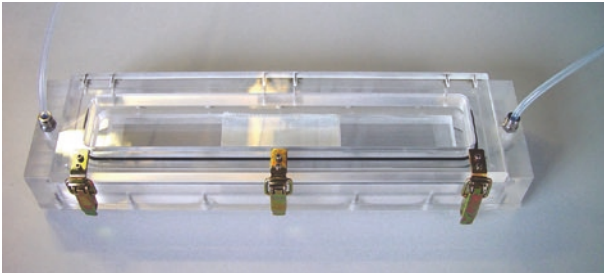


Abb. 2: Prüfkammer zur Integration von Gas-Sensoren



Abb. 3: Filtersystem-Kathodenluftfilter mit Gassensor

Metalllegierungen (AgCu, CuZn) und Metalloxiden (ZnO, SnO₂) übernommen werden. Diese werden anschließend in Form von Nanopartikeln entweder elektrochemisch mittels Pulse-Plating-Technik oder auch als Co-Abscheidung in die Polymerschicht eingebaut, wodurch die Sensoren Ihre Selektivität für

das jeweilige Schadgas erhalten. Mit den am Institut vorhandenen Charakterisierungsmöglichkeiten werden die neuartigen Schichten dokumentiert. Die hergestellten Proben werden dem Projektpartner IUTA zur Verfügung gestellt, um die gas-sensitive Beschichtungen für Sensor-Arrays für unterschiedliche Konzentrationsbereiche von Gasen/ Gasgemischen zu testen (Abb. 2). Die Schichtsysteme müssen für bestimmte Schadgase so hergestellt werden, dass Querempfindlichkeiten (Feuchte, Temperatur etc.) auf dem Sensor-Array und Kreuzreaktionen vermieden werden. Die unterschiedlichen Gassensoren werden zuletzt zu einem Sensorarray verbaut und für den Einsatz im Filtersystem (Abb. 3) bei Mann+Hummel unter realen Bedingungen getestet. Anschließend erfolgt erneut die Charakterisierung der Beschichtung von Rückläufern aus dem Feld am fem.

Danksagung

Das Projekt FKZ 03B11025A (ISAAC) wird im Rahmen des Nationalen Innovationsprogramms Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologie mit insgesamt 840.412 Euro durch das Bundesministerium für Digitales und Verkehr gefördert. Die Förderrichtlinie wird von der NOW GmbH koordiniert und durch den Projektträger Jülich (Ptj) umgesetzt.



FKZ 03B11025A

1.3.2022 – 28.2.2025

INDUSTRIEPARTNER

Mann +Hummel GmbH

FORSCHUNGSPARTNER

IUTA | Institut für Energie und Umwelttechnik, Duisburg

ANSPRECHPARTNER

fem | Forschungsinstitut Edelmetalle + Metallchemie | Katharinenstraße 17 | 73525 Schwäbisch Gmünd
B. Eng. Gloria Lanzinger, lanzinger@fem-online.de, +49 7171 1006-309 | Dr. Manfred Baumgärtner