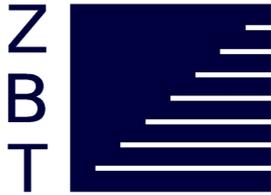


# Entwicklung von leitfähigen kohlenstoffbasierten Schutzschichten mittels etablierter und neuartiger Beschichtungsverfahren für metallische Bipolarplatten von PEM-Brennstoffzellen (BlackBip)



M. Fenker\*<sup>1</sup>, K. Petrikowski<sup>1</sup>, R. Böck<sup>1</sup>, R. Freudenberger<sup>1</sup>,  
Th. Forster\*\*<sup>2</sup>, B. Lutter<sup>2</sup>, A. Heinzl<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Forschungsinstitut Edelmetalle & Metallchemie (fem), Schwäbisch Gmünd  
<sup>2</sup>Zentrum für Brennstoffzellentechnik (ZBT) GmbH, Duisburg  
(\* ) fenker@fem-online.de  
(\*\* ) th.forster@zbt-duisburg.de



## Projektziel

Ziel des Projektes ist die Entwicklung von Verfahren zur Beschichtung metallischer Bipolarplatten für PEM-Brennstoffzellen mit leitfähigen, kohlenstoffbasierten Schutzschichten. Diese Kohlenstoffschichten vereinen einen niedrigen Kontaktwiderstand bei gleichzeitiger hoher Korrosionsbeständigkeit. Zur Herstellung werden im Rahmen des Projekts zum Einen das Plasmastrahlverfahren und zum Anderen die elektrochemische Abscheidung bei niedrigen Potentialen untersucht, um entsprechende Schutzschichten mit vertretbarem apparativen Aufwand preiswert herstellen zu können. Laufzeit: 01.08.2014 - 31.01.2017

## PACVD-Schichtabscheidung

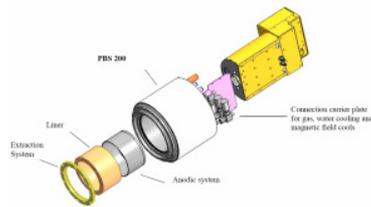
Die a-C:H bzw. a-C:H:N-Schichten werden mittels PACVD-Verfahren abgeschieden. Hierzu wird eine C<sub>2</sub>H<sub>2</sub>- oder N<sub>2</sub>/C<sub>2</sub>H<sub>2</sub>-Gasmischung in einer Plasmastrahlquelle aktiviert. Durch Variation der Substrattemperatur, Ionenenergie und N-Dotierung werden leitfähige Schichten erzielt.



PACVD-Anlage mit Plasmastrahlquelle

## PACVD-Schichtabscheidung

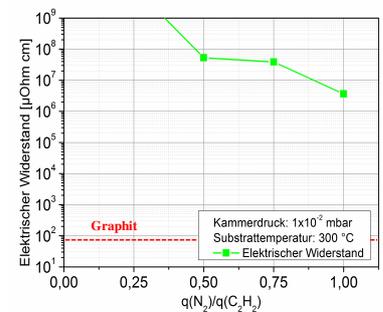
Skizze der verwendeten kapazitivgekoppelten Plasmastrahlquelle PBS 200.



Plasmastrahlquelle PBS 200 (HS-PlasmaTec GmbH früher IPT GmbH)

## N-Dotierung (a-C:H:N-Schichten)

Mit zunehmender N-Dotierung werden die Kohlenstoffschichten leitfähig.

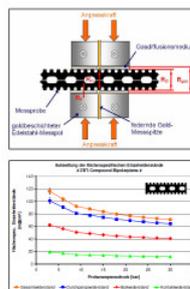


Elektrischer Widerstand in Abhängigkeit vom N<sub>2</sub>/C<sub>2</sub>H<sub>2</sub>-Flußverhältnis

## Charakterisierung der beschichteten Proben

- Ermittlung der elektrischen Leitfähigkeit der DLC-Schicht und des Kontaktwiderstands mit GDL Material in Abhängigkeit des Drucks
- Charakterisierung des Korrosionsverhaltens durch elektrochemische Polarisationsmessungen
- Basis der Charakterisierung sind die Vorgaben des Department of Energy (DoE)

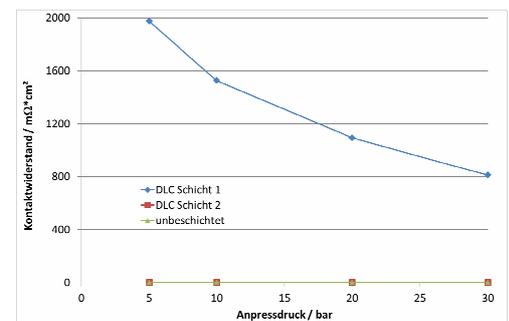
## Kontaktwiderstandsmessungen



- Gesamtwiderstand  $R_{Ges}$   
 $R_{Ges} = \frac{U_{Ges}}{I}$
- Durchgangswiderstand  $R_D$   
 $R_D = R_{Ges} - (2 \cdot R_{GDL})$
- Bulkwiderstand  $R_{\Omega}$  (passiv!)  
 $R_{\Omega} = \frac{U_{Messpunkt}}{I}$
- Kontaktwiderstand  $R_K$   
 $R_K = \frac{R_D - R_{\Omega}}{2}$

Aufteilung des Gesamtwiderstandes auf die Einzelwiderstände der Probe

## Kontaktwiderstand der Proben



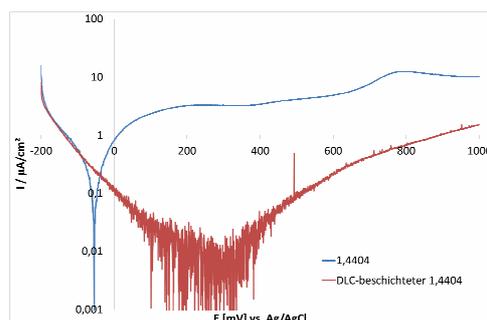
Kontaktwiderstand DLC-beschichteter 1.4404 mit GDL Material

## Parameter für Korrosionsmessungen

Elektrolyt: H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> (pH = 3)  
Temperatur: 80 °C  
Referenz-Elektrode: Ag/AgCl  
Probenfläche AE: 3 cm<sup>2</sup>  
  
Dyn. Messung: -200...1000mV  
Scanrate: 1 mV/s  
  
Stat. Messung: 600 mV  
Messdauer: 24 Std.

(Spannungen vs. Ag/AgCl)

## Korrosionsmessungen



Elektrochemische Korrosionsmessungen in 0,5 mM H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>; 80 °C

## Fazit

- Elektrische Leitfähigkeit, der Kontaktwiderstand und das Korrosionsverhalten sind stark von den Syntheseparametern der Schichten abhängig
- Die Leitfähigkeit der abgeschiedenen Kohlenstoffschichten lässt sich insbesondere durch die Zugabe von Stickstoff zu der Gasmischung steuern
- Durch die a-C:H bzw. a-C:H:N-Schichten steigt die Korrosionsbeständigkeit metallischer Bipolarplatten signifikant