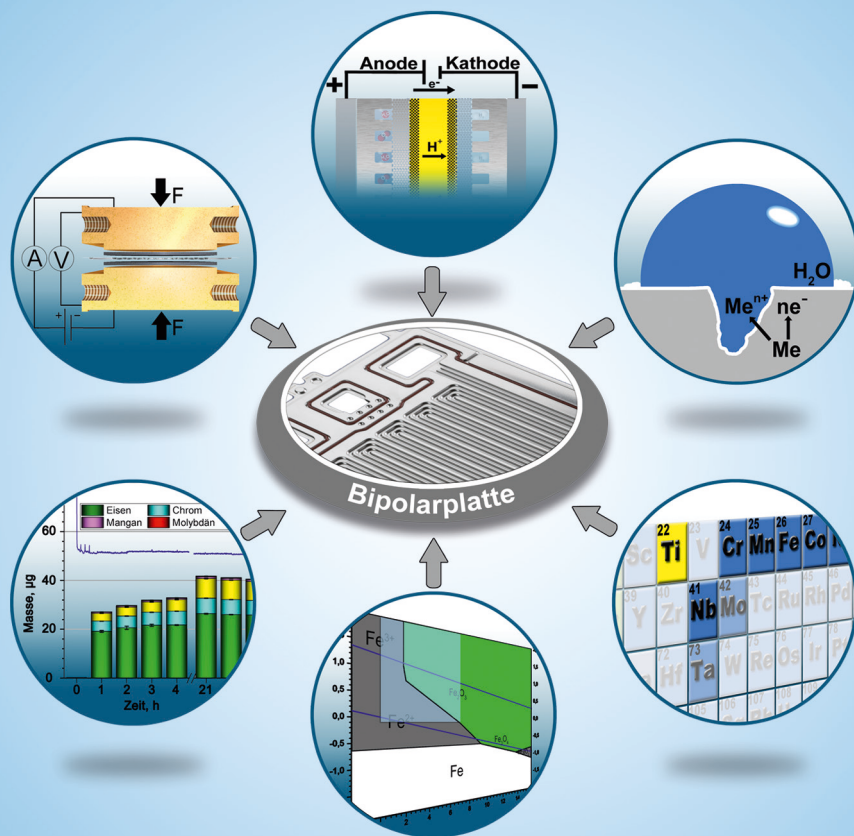


Bipolarplattenmaterialien für Polymer-Elektrolyt-Membran Elektrolyse

Manuel Langemann



Energie & Umwelt /
Energy & Environment
Band/ Volume 348
ISBN 978-3-95806-192-7

Forschungszentrum Jülich GmbH
Institut für Energie- und Klimaforschung
Elektrochemische Verfahrenstechnik (IEK-3)

Bipolarplattenmaterialien für Polymer-Elektrolyt-Membran Elektrolyse

Manuel Langemann

Schriften des Forschungszentrums Jülich
Reihe Energie & Umwelt / Energy & Environment

Band / Volume 348

ISSN 1866-1793

ISBN 978-3-95806-192-7

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung.....	1
1.1	Ziele der Arbeit und Vorgehensweise	2
2	Grundlagen und Stand der Literatur	5
2.1	Aufbau und Funktion der Polymer-Elektrolyt-Membran Elektrolyse	5
2.1.1	Grundlagen der Polymer-Elektrolyt-Membran Elektrolyse.....	5
2.1.2	Aufbau von Zellen und Stacks	9
2.2	Korrosionsvorgänge metallischer Materialien	13
2.2.1	Thermodynamik und Kinetik korrosiver Vorgänge.....	14
2.2.2	Pourbaix-Diagramme.....	19
2.2.3	Korrosionsrate	20
2.2.4	Werkstoffe für Bipolarplatten	21
2.3	Alterungserscheinungen in der PEM-Elektrolyse.....	22
2.3.1	Degradation der Zelleistung durch ohmsche Widerstandsanteile.....	27
2.4	Konzepte zur Korrosionsprävention durch alternative Substrat- und Beschichtungsmaterialien	29
2.5	Fazit: Zusammenfassung der Literatur	34
3	Experimentelle Untersuchungen	37
3.1	Verwendete Korrosionszelle, Geräte und Versuchsanordnung	37
3.2	Elektrochemische Charakterisierungen der Materialproben	39
3.2.1	Reinigung der Probenoberfläche	39
3.2.2	Messungen mittels der Linear-Sweep-Voltammetrie Messmethode.....	40
3.2.3	Messungen unter konstantem Potential	41
3.3	Bestimmung des pH-Wertes im Zellbetrieb	42
3.3.1	Verwendete Zelle.....	42
3.3.2	Zellbetrieb bei 50 °C unter konstanter Stromdichte	43
3.4	Messung im Einzelzellversuch.....	43
3.4.1	Langzeitteststand.....	44
3.4.2	Aufbau der Zellen	45
3.4.3	Kontaktwiderstandsmessungen der Zellkomponenten	47

3.4.4	Betriebsverhalten der Einzelzellen	52
3.5	Extraktion von Metallionen aus der Membran-Elektroden-Einheit und dem Ionenaustauschermaterial	54
4	Auswahl und Charakterisierungen verschiedener Materialien.....	57
4.1	Wirtschaftlichkeitsprüfung von Bipolarplattenmaterialien.....	57
4.2	Thermodynamische Betrachtung der relevanten Elemente	61
4.3	Elektrochemische Charakterisierung über Tafel-Kurven	63
4.3.1	Korrosionsstromdichte verschiedener Materialien.....	64
4.3.2	Verhalten der Korrosionsstromdichte in Abhängigkeit der Temperatur und des pH-Wertes	73
4.4	Auswahl geeigneter Beschichtungsmaterialien	76
4.5	Fazit: Vorauswahl geeigneter Materialien	78
5	Dauerversuche in der Korrosionszelle	81
5.1	Ermittlung des pH-Wertes im PEM-Elektrolysebetrieb	81
5.2	Dauerversuche in der Korrosionszelle unter konstantem Potential	89
5.3	Kontaktwiderstandsmessungen	107
5.3.1	Leermessung und Formfaktor der Bipolarplatte	107
5.3.2	Kontaktwiderstände der Proben	112
5.4	Fazit: Ergebnis der Dauerversuche in der Korrosionszelle	115
6	Degradation des Bipolarplattenmaterials im PEM-Elektrolysebetrieb.....	119
6.1	Metallionen-Emissionen im Elektrolyse-System	119
6.2	Kontaktwiderstandsberechnung.....	132
6.3	Entwicklung der Zellperformance.....	138
6.4	Fazit: Evaluation verschiedener Bipolarplattenmaterialien im Langzeitversuch	146
7	Diskussion der Ergebnisse	149
8	Zusammenfassung	153
9	Literaturverzeichnis	155
10	Anhang.....	165
10.1	Allgemeine Informationen	165
10.1.1	Verwendete Geräte und Chemikalien.....	165

10.1.2 Fehlerrechnung.....	166
10.2 Anhang zu Kapitel 2.....	167
10.2.1 Fertigungsverfahren der MEA und der Bipolarplatte	167
10.3 Anhang zu Kapitel 3.....	168
10.3.1 Sauerstofflöslichkeit in vollentsalztem Wasser	168
10.4 Anhang zu Kapitel 4.....	169
10.4.1 Materialzusammensetzung mittels ICP-OES.....	169
10.4.2 Rechnung der Korrosionsraten.....	169
10.4.3 Rechnung zu λ	172
10.4.4 Dickenmessung aller Zellkomponenten	173
10.4.5 Kontaktwiderstandsminimierung durch die Beizreinigung	174
10.4.6 Verschraubungsprozedur der Zelle unter der Presse.....	175
10.5 Anhang zu Kapitel 5.....	175
10.5.1 Betriebsverhalten der pH-Elektroden.....	175
10.5.2 Bipolarplattenfläche	181
10.5.3 Rechnung zum Kontaktwiderstand	183
10.6 Anhang zu Kapitel 6.....	188
10.6.1 Entwicklung der Extraktionsprozedur	188
11 Verzeichnisse	IV
11.1 Abkürzungsverzeichnis	IV
11.2 Abbildungsverzeichnis	VI
11.3 Tabellenverzeichnis	XVI

Energie & Umwelt /
Energy & Environment
Band / Volume 348
ISBN 978-3-95806-192-7

