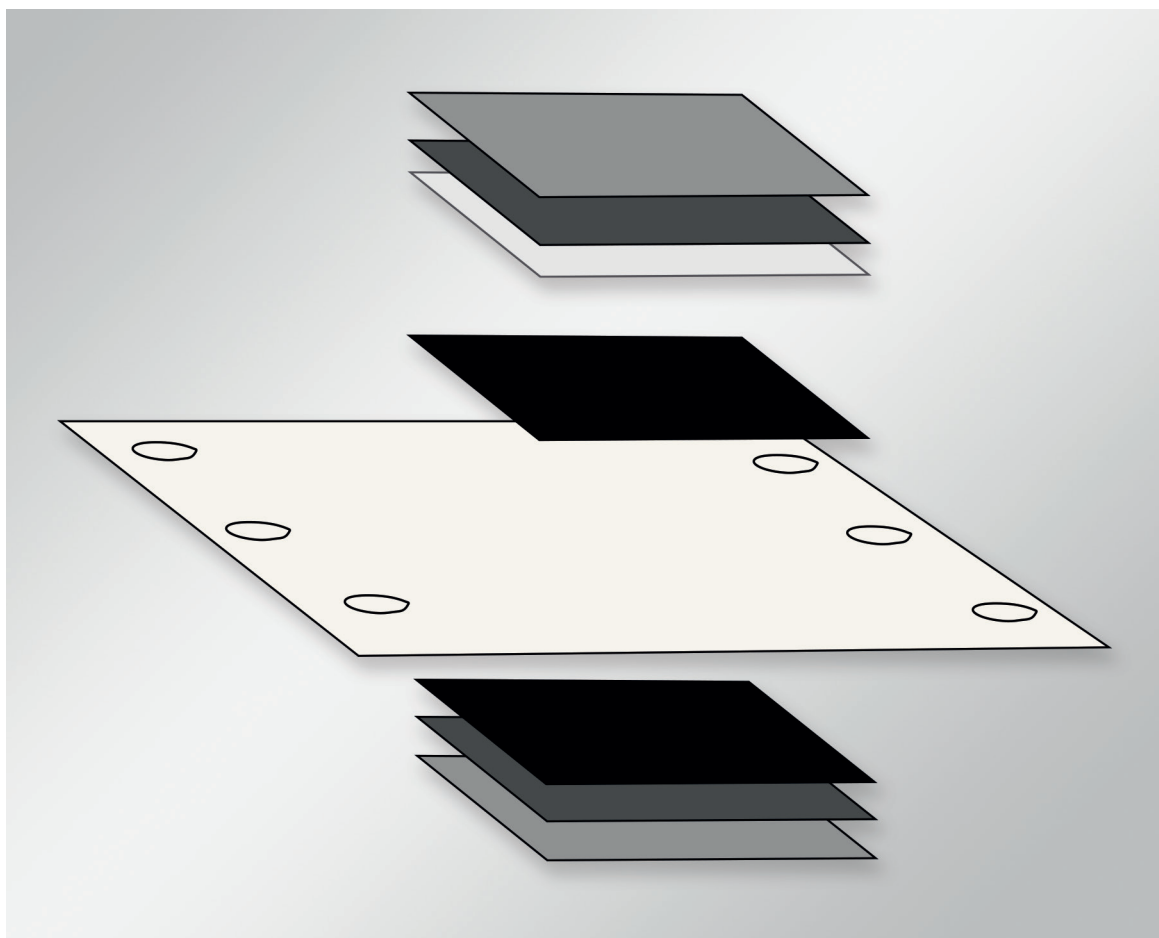




Eignung von nickelhaltigen Katalysatorsystemen in sauren Medien zur Nutzung im Betrieb von Brennstoffzellen

Ali Karaca

Energie & Umwelt / Energy & Environment

Band / Volume 594

ISBN 978-3-95806-663-2

Forschungszentrum Jülich GmbH
Institut für Energie- und Klimaforschung
Elektrochemische Verfahrenstechnik (IEK-14)

Eignung von nickelhaltigen Katalysator- systemen in sauren Medien zur Nutzung im Betrieb von Brennstoffzellen

Ali Karaca

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

Band / Volume 594

ISSN 1866-1793

ISBN 978-3-95806-663-2

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
1.1	Motivation	1
1.2	Zielsetzung	2
1.3	Aufbau der Arbeit	3
2	Grundlagen	4
2.1	Grundlagen der Technik	4
2.1.1	Katalysatoren	6
2.1.2	Elektroden	9
2.1.3	Membranen	12
2.2	Grundlagen der Messmethoden	16
2.2.1	Röntgenstrukturanalyse (XRD)	16
2.2.2	Elektrochemische Impedanzspektroskopie (EIS)	21
2.2.3	Lineare und zyklische Voltammetrie (LSV/CV)	27
2.2.4	ATR-Infrarot-Spektroskopie (ATR-IR)	29
2.2.5	Quantitative FT IR-Spektroskopie (Q-FT-IR)	34
3	Aktuelle Forschungsansätze	37
3.1	Katalysatoren	37
3.2	Elektroden	41
3.3	Membranen	45
3.4	Membran-Elektroden-Einheiten	48
4	Experimentelle Fertigungsverfahren	50
4.1	Chemikalien und Materialien	50
4.2	Dispersionsherstellung	52
4.2.1	Herstellung von Katalysatorpasten	52
4.2.2	Herstellung von Katalysator-tinten	53
4.2.3	Herstellung von Ionomer-Lösungen	53
4.2.4	Herstellung von Ionomer-Dispersionen	53

4.3	Schichtherstellung	54
4.3.1	Halbautomatisierte Rakelbeschichtung	54
4.3.2	Vollautomatisierte Rakelbeschichtung	55
4.3.3	Ultraschall-Sprüh-Beschichtung	55
4.4	Membranfertigung	56
4.4.1	Membranherstellung durch Ultraschallsprühen	56
4.4.2	Membranmodifikation durch thermisches Behandeln	57
4.4.3	Membranmodifikation durch hochsiedende Lösungsmittel	57
4.4.4	Membranherstellung von hybriden Membranen	57
4.5	Fertigung von Membran-Elektroden-Einheiten	58
4.6	Fertigungskonzept zur Membran-Elektroden-Einheit	59
5	Experimentelle Charakterisierungsmethoden	60
5.1	Strukturelle Untersuchungen	60
5.1.1	Optische Mikroskopie	60
5.1.2	Rasterelektronenmikroskopie (REM)	60
5.1.3	Transmissionselektronenmikroskopie (TEM)	60
5.1.4	Röntgenstrukturanalyse (XRD)	61
5.1.5	ATR-Infrarot-Spektroskopie (ATR-IR)	61
5.2	Lösungsmittelbasierte Untersuchungen	62
5.2.1	Löslichkeitsexperimente	62
5.2.2	Quellungsexperimente	62
5.3	Elektrochemische Untersuchungen einer DMFC-Einzelzelle	62
5.3.1	Kurzzeitmessungen	63
5.3.2	Langzeitmessungen	64
5.4	IR-spektroskopische Untersuchung des DMFC-Kathodenabgases	65
5.4.1	Aufbau und Kalibrierung des Teststands	65
5.4.2	Betrieb des Teststands	73
5.4.3	Auswertung der IR-Spektren	74
5.5	Impedanzspektroskopische Untersuchungen	76
5.5.1	Aufbau und Kalibrierung des Teststands	76
5.5.2	Betrieb des Teststands	78

5.5.3	Simulationen	80
5.6	Potentiodynamische Untersuchungen	80
5.6.1	Aufbau und Kalibrierung des Teststands	80
5.6.2	Cyclovoltammetrie (CV)	81
5.6.3	Lineare Sweep Voltammetrie (LSV).....	82
5.7	Charakterisierungskonzept der Membran-Elektroden-Einheit	82
6	Ergebnisse und Diskussion	85
6.1	Vergleich der Herstellungsmethoden	85
6.2	Vergleich der Elektrodentypen	91
6.2.1	Variation der Elektrodentinten.....	91
6.2.2	Variation der Beladungen	108
6.2.3	Zusammenfassung der Elektrodentypen	113
6.3	Vergleich der Katalysatortypen	114
6.3.1	Struktureigenschaften	115
6.3.2	Leistungsfähigkeit	117
6.3.3	Langzeitverhalten.....	121
6.3.4	Degradationsverhalten.....	136
6.3.5	Katalysatorvergiftung	144
6.3.6	Zusammenfassung der Katalysatortypen	159
6.4	Vergleich von Membrantypen	160
6.4.1	Eigenschaften thermisch behandelter Membranen	161
6.4.2	Eigenschaften chemisch behandelter Membranen	183
6.4.3	Eigenschaften dünner Membranen.....	193
6.4.4	Eigenschaften von Hybridmembranen.....	199
6.4.5	Zusammenfassung der Membrantypen	204
7	Zusammenfassung und Bewertung der Ergebnisse	206
8	Verzeichnisse	209
8.1	Abkürzungsverzeichnis	209
8.2	Abbildungsverzeichnis	211
8.3	Tabellenverzeichnis	222

9	Referenzen	226
10	Anhang	240

Energie & Umwelt / Energy & Environment
Band / Volume 594
ISBN 978-3-95806-663-2