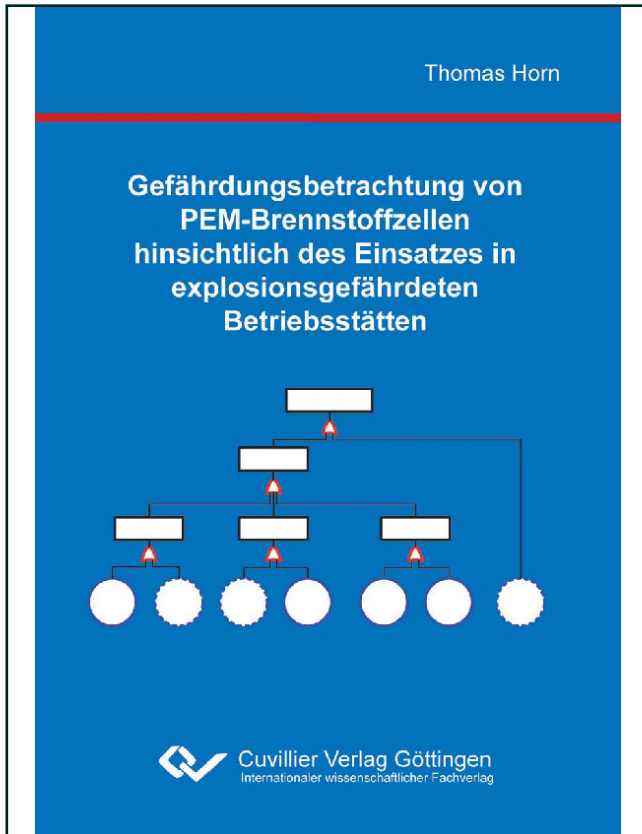




Thomas Horn (Autor)

Gefährdungsbetrachtung von PEM-Brennstoffzellen hinsichtlich des Einsatzes in explosionsgefährdeten Betriebsstätten



<https://cuvillier.de/de/shop/publications/603>

Copyright:

Cuvillier Verlag, Inhaberin Annette Jentzsch-Cuvillier, Nonnenstieg 8, 37075 Göttingen, Germany

Telefon: +49 (0)551 54724-0, E-Mail: info@cuvillier.de, Website: <https://cuvillier.de>

INHALTSVERZEICHNIS

1	Einleitung	23
2	Grundlagen der PEM-Brennstoffzellentechnik	25
2.1	Elektrochemisches Funktionsprinzip	25
2.2	Thermodynamik	26
2.3	Spannungs-Strom-Charakteristik.....	27
2.4	Aufbau einer PEM-Brennstoffzelle.....	29
2.4.1	Membran-Elektroden-Einheit	29
2.4.2	Separatorplatte.....	30
2.4.3	Brennstoffzellenblock.....	30
3	Grundlagen des Explosionsschutzes	33
3.1	Zünddreieck.....	33
3.2	Integrierter Explosionsschutz.....	34
3.3	Sicherheitstechnische Kennzahlen	34
3.3.1	Explosionsgrenzen.....	36
3.3.2	Zündtemperatur	37
3.3.3	Maximaler Explosionsdruck.....	37
3.3.4	Spezifische Kennzahlen für Wasserstoff/Luft-Gemische	38
3.3.5	Einflussgrößen	39
3.4	Geräteklassifizierungen innerhalb des europäischen Explosionsschutzes	42
3.4.1	Gerätegruppe und Kategorie.....	42
3.4.2	Temperaturklassen.....	43
3.5	Zündschutzarten.....	44
4	Methodik der Gefährdungs- und Risikobeurteilung.....	45
4.1	Gefährdung und Risiko.....	45
4.2	Risikobeurteilung im Sinne der Maschinensicherheit	45
4.3	Gefährdungsbetrachtung im Explosionsschutz	47
4.3.1	Begriffsvielfalt.....	47
4.3.2	Methode	47

4.4	Bedeutung des Risikobegriffes im Explosionsschutz	50
4.4.1	Verknüpfung der Risikoelemente mit dem Konzept des Integrierten Explosionsschutzes	50
4.4.2	Risikomatrix	51
4.4.3	Risikoreduzierung im Explosionsschutz	53
4.4.4	Einbindung der Risikobeurteilung in die Methode des Explosionsschutzes	55
5	Methodenentwicklung der Zündgefahrenbeurteilung	57
5.1	Problemstellung	57
5.2	Festlegung von Beurteilungskriterien	58
5.2.1	Grundanforderungen	58
5.2.2	Quantitatives Toleranzkriterium	59
5.3	Entwicklung der Methode	60
5.3.1	Grundlegende Vorgehensweise	60
5.3.2	Auswahl einer Analysemethode zur Zündquellenidentifikation	61
5.3.3	Grundsätzliches Vorgehen zur Einschätzung und Bewertung der Zündquellenauftretswahrscheinlichkeit	62
6	Identifikation potentieller Zündquellen	65
6.1	Vorbereitung	65
6.1.1	Systemgrenzenfestlegung	65
6.1.2	Systembeschreibung	65
6.2	Analyse hinsichtlich potentieller Zündgefahren	66
6.2.1	Vorüberlegungen zu potentiellen Zündquellen	66
6.2.2	Materialversagen	68
6.2.3	Entwicklung einer geeigneten Darstellungsform der Ergebnisse	71
6.2.4	Interpretation des Ereignisablaufdiagramms	71
6.2.5	Ergebnisse der Zündquellenidentifikation	72
7	Experimenteller Teil der Zündgefahrenbeurteilung	77
7.1	Zünddurchschlagsversuche an der Flussfeldstruktur	78
7.1.1	Motivation	78
7.1.2	Fremdzündung am Gaseinlass und -auslass	78
7.1.3	Fremdzündung innerhalb der Flussfelder	89
7.1.4	Sicherheitstechnische Verwertung der Ergebnisse	95
7.2	Untersuchungen an Brennstoffzellenversuchsarrangements	95

7.2.1	Motivation	95
7.2.2	Versuchsanlage Brennstoffzelle	96
7.2.3	Zündversuche innerhalb der Brennstoffzelle	98
7.2.4	Einfluss der Brenngaskonzentration auf die Brennstoffzellenspannung.....	106
7.2.5	Temperaturverhalten bei homogener Gemischeinspeisung	108
7.2.6	Versuche mit perforierter MEA.....	111
7.2.7	Temperaturverhalten im Kurzschluss	116
7.2.8	Temperaturverhalten der Einzel-Zelle bei Eduktverarmung	118
7.2.9	Fehlerszenario mit elektrischer Überbelastung.....	122
7.2.10	Sicherheitstechnische Verwertung der Ergebnisse	125
8	Einschätzung bezüglich wirksamer Zündquellen.....	127
8.1	PEM-BZ-System: Praktische Erfahrungen	128
8.2	Auftrittswahrscheinlichkeit von Schlüsselereignissen	130
8.2.1	Leckagen.....	130
8.2.2	Explosionsfähiges Gemisch.....	132
8.2.3	Hot-Spots	134
8.3	Einschätzung der Wahrscheinlichkeit wirksamer Zündquellen.....	137
8.3.1	Flammen und heiße Gase.....	137
8.3.2	Heiße Oberflächen.....	142
8.3.3	Direkte katalytische Umsetzung	143
8.3.4	Zusammenfassung	144
8.4	Bestimmung der Gerätekategorie	145
9	Ansatzpunkte für ein Explosionsschutzkonzept	147
9.1	Risikobewertung.....	147
9.2	Vorüberlegungen zur Risikominderung.....	147
9.2.1	Externe Einflüsse	148
9.2.2	Erhöhung der inhärenten Sicherheit	149
9.3	Explosionsschutzkonzept	151
9.3.1	Zündquellenüberwachung.....	151
9.3.2	Konzepte zur Verhinderung wirksamer Zündquellen.....	154
9.3.3	Konkretisierung eines möglichen Schutzkonzeptes.....	155
10	Zusammenfassung und Ausblick	163

Literaturverzeichnis.....167

Anhang175

Datenübersicht PEM-Brennstoffzelle..... 175

Auszug bekannter Zündschutzarten für elektrische Betriebsmittel..... 176

Zusammenstellung von Merkmalen deterministischer und probabilistischer Ansätze einer Gefährdungs- bzw. Risikobeurteilung..... 177

Abfrageschema zur Gefährdungsbeurteilung hinsichtlich Explosionsgefahren. Quelle:[EX-RL] 178

Ereignisablaufdiagramm bezüglich potentieller Zündquellen..... 179

Versuchsaufbau für Zünddurchschlagsversuche..... 180

Abmessungen der Separatorplatte 181

Orte der in das Acrylglas eingelassenen Zündelektroden 182

R&I-Fließschema der Versuchsanlage Brennstoffzelle 183

Membran-Elektroden-Einheit 184

Orte der Zündquellen zur Fremdzündung innerhalb der Brennstoffzelle 185

Lokale Schäden der GDL (Anodenseite) sowie der PEM durch Eduktverarmung..... 186

Massive Schadenauswirkung nach elektrischer Überlastung 188

Zündenergie und maximaler Explosionsdruck in Abhängigkeit der Wasserstoffkonzentration..... 189

Prozess der MEA-Konditionierung 190

Studentische Arbeiten 191

Lebenslauf..... 192