

Verbund zur Lebensdauer von PEM-Brennstoffzellen

Entwicklung von Lebensdauerprognosemodellen von
Brennstoffzellen in realen Anwendungen

Berlin | 17.06.2013

Dr. Peter Beckhaus

ZBT GmbH – Zentrum für BrennstoffzellenTechnik






Abteilungsleiter Brennstoffzellen- und Systemtechnik

Überblick



- "Entwicklung von Lebensdauerprognosemodellen von Brennstoffzellen in realen Anwendungen" – LDP
- Gesamtförderung: 2,6 Mio. € / 01.01.2011 - 30.04.2014
- Bundesministerium für Wirtschaft - 03ET2007A-E

Gefördert durch:
 Bundesministerium
für Wirtschaft
und Technologie
aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

- Partner:   **Fraunhofer**
ISE   **efzn**
Energie-Forschungszentrum
Niedersachsen  **TU**
berlin
Technische Universität Berlin
- Zentrum für BrennstoffzellenTechnik - ZBT GmbH, Duisburg - ZBT
- Fraunhofer Institut für Solare Energiesysteme, Freiburg – FHG ISE
- Zentrum für Sonnenenergie- und Wasserstoff-Forschung
Baden-Württemberg – ZSW
- Energie-Forschungszentrum Niedersachsen Goslar / Clausthal - EFZN
- Technische Universität Berlin TUB / HZB

Relevanz / Ziele



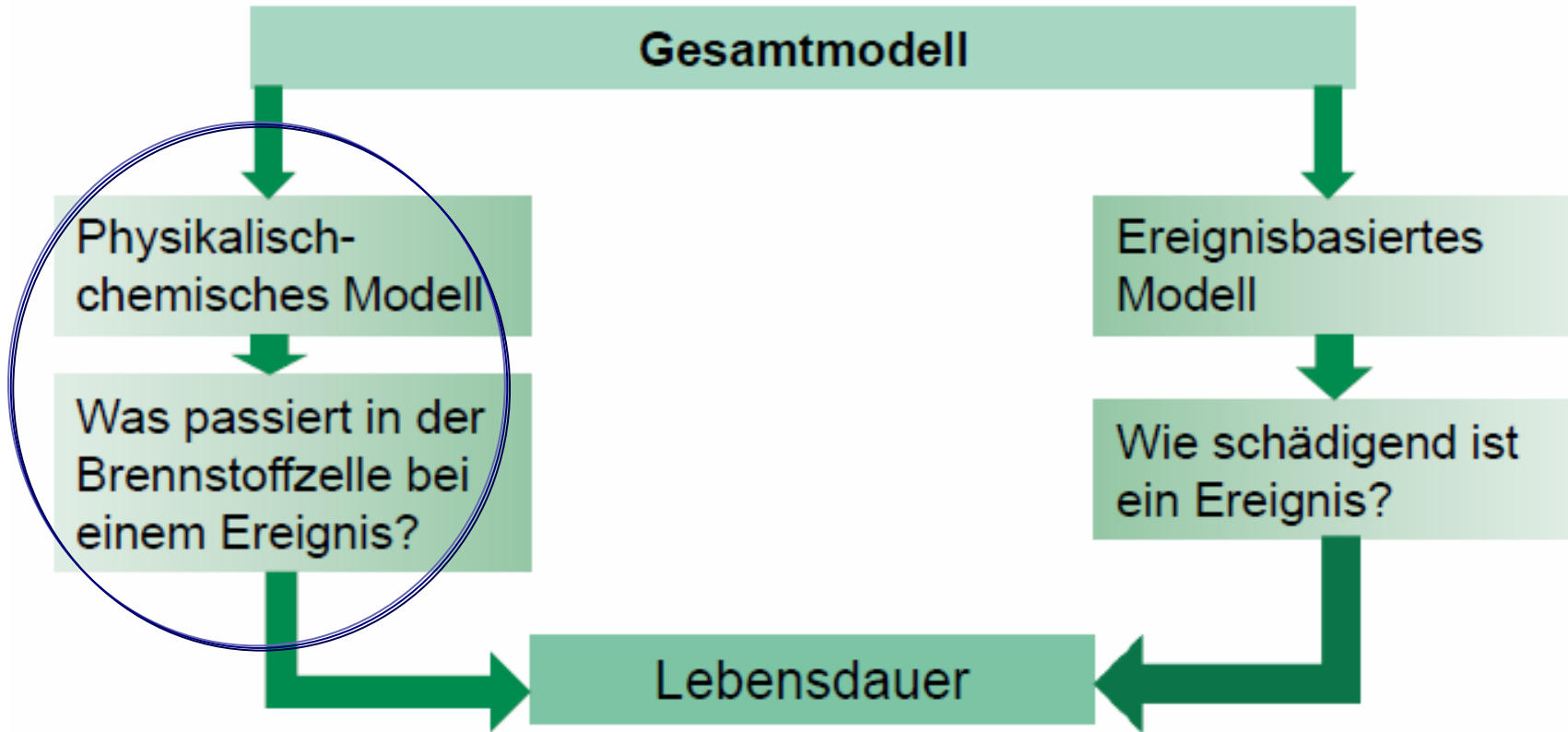
- Lebensdauer ist das wesentliche Kriterium zur Markteinführung
 - Kundenzufriedenheit
 - Betriebskosten
 - Gewährleistung
- Ursachen für Lebensdauerbeschränkung liegen in
 - Auswahl Materialien
 - Umgebungseinflüsse
 - Betriebsführung
- Projektziel:
Zusammenhänge zwischen Materialien, Betriebsführung und Alterungsmechanismen qualifizieren und quantifizieren

Herangehensweise



- Systematische Untersuchung einzelner Schädigungsmechanismen
 - Quantifizierung von Schädigungsmechanismen
 - Systematisierung von Wissen
- Analyse und Auswertung von Realbetriebsdaten
- Entwicklung von Prognosen auf Basis von
 - Wissen
 - Modellen
- Betriebsführungsabhängiges Prognosetool für Offline-Optimierung der Systembetriebsführung

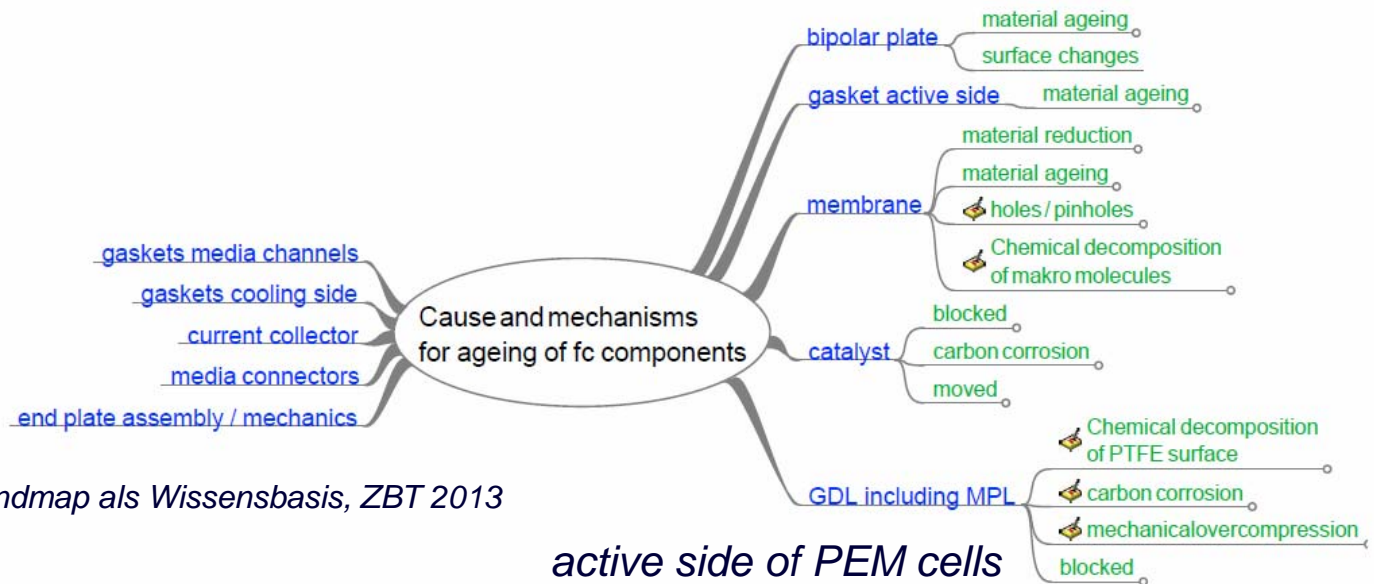
Heransgehensweise: 2 sich ergänzende Methoden



Komponentensicht



- Fokussierung auf die Zell-Elemente aktive Seite der PEM
- Betriebsbedingte Alterung der einzelnen Komponenten
- Welche physikalisch-chemischen "Angriffe" haben welche Auswirkung auf Komponenten



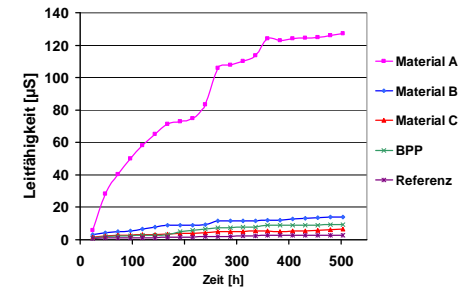
Auszug aus einer Mindmap als Wissensbasis, ZBT 2013



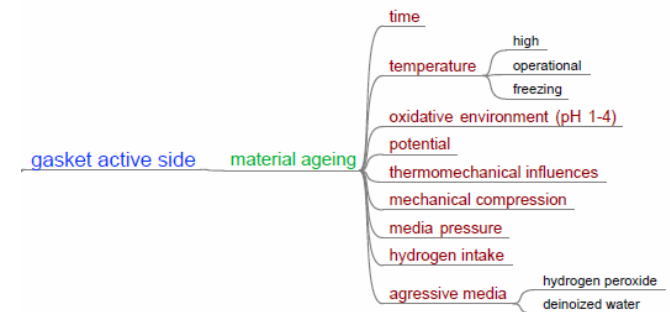
Komponenten Dichtung & Compound BPP



- Aufbau Messplattform zur Ex-Situ Analyse von Dichtungsmaterialien & Bipolarplatten
 - Qualitätsprüfungsmethoden (z.B. Rückstellkraft, Permeabilität, Prozessierbarkeit, Leitfähigkeit)
 - Chemische Auslagerung
 - (Nicht-)Eignung einzelner Materialien ermittelt
 - Anteil der Dichtungen und BPP auf Gesamtdegradation praktisch nicht messbar
 - Dichtungsversagen führt letztendlich zu schnellem Versagen des Gesamtstacks
- Stationär- & Zyklusbetrieb von Short-Stacks In-Situ



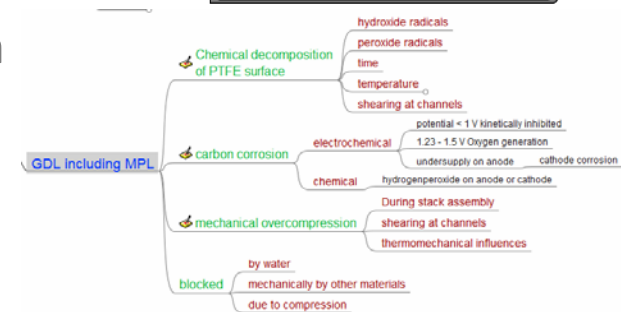
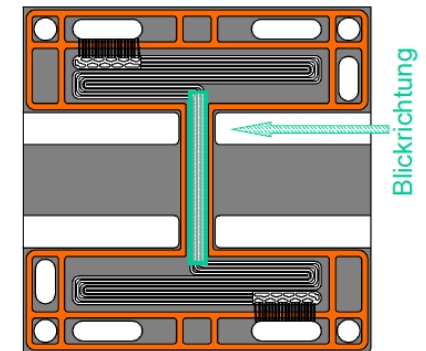
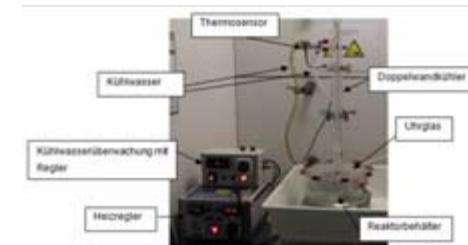
	Dichtungen	BPP
Probengewicht	X	X
Probendicke	X	X
Profilometrie	X	X
Biegemodul	-	X
elektrische Widerstandsmessung	-	X
Elektronenmikroskopie (REM)	X	X
energie-dispersive Röntgenanalytik (EDX)	X	X



Komponenten Diffusionslage und Membran

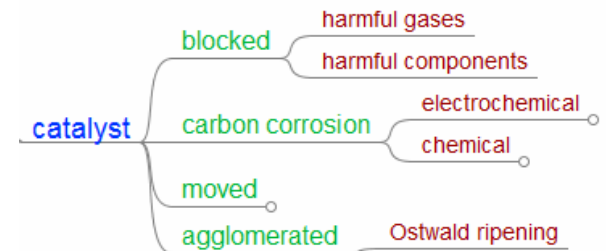
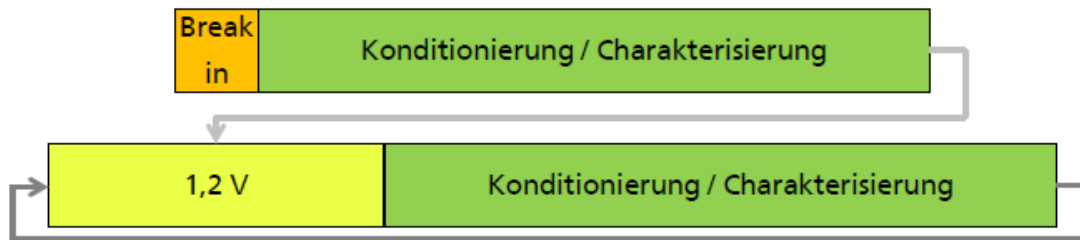
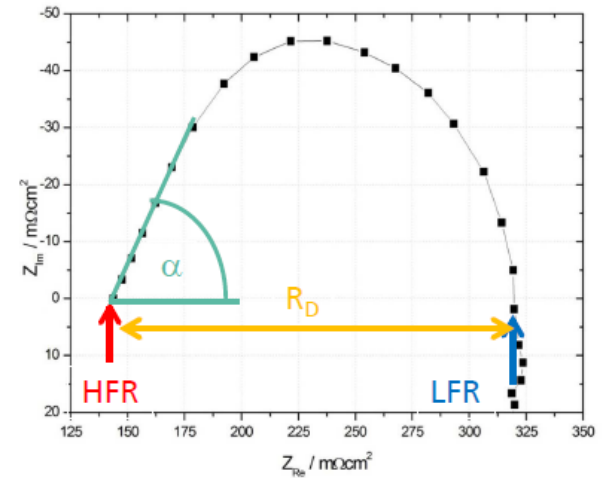


- Künstliche Alterung von Membranen und GDL
 - Künstliche Alterung mit Radikalen (H_2O_2)
 - Messung CO_2 -Bildung zur Quantifizierung
 - Qualitätsprüfungsmethoden: Benetzbarkeit / Kontaktwinkel
- In-Situ Untersuchung mittels Synchrotron-Röntgen-Strahlung
 - Beobachtung der Auswirkung von gealterten Komponenten auf den Wasserhaushalt
 - Deutliche Unterschiede Anode / Kathode
- Start-Stop Versuche und Lastwechsel

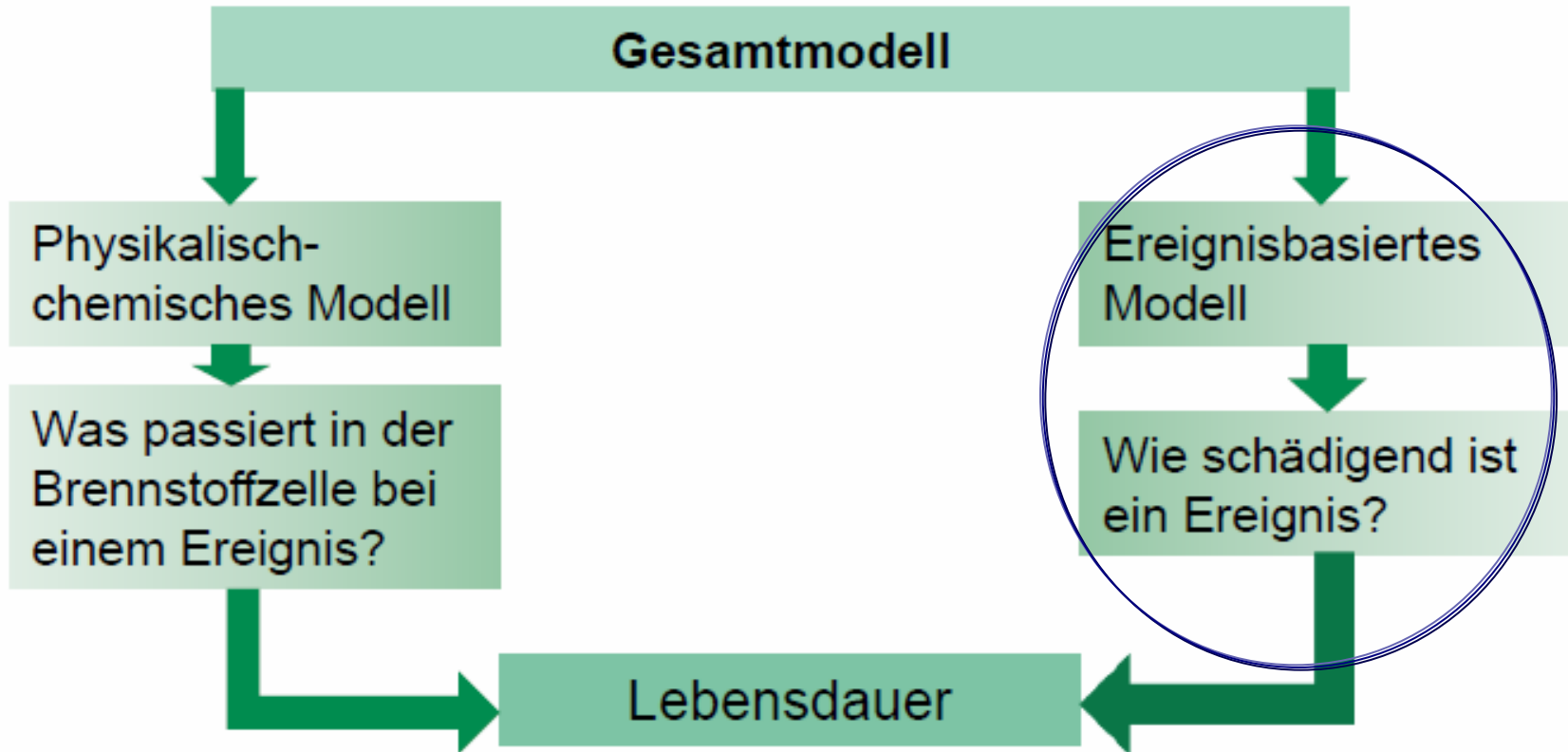


Komponenten Elektrode und Membran

- gezielte Alterung Katalysator, Katalysatorträger, Membran
 - AST Protokolle
 - U-I, EIS, CV, LSV, ESEM, EDX, ICP-MS
 - Untersuchung der Alterung unter realer Brennstoffzellenatmosphäre
 - Quantifizierung der betriebsabhängigen Degradation

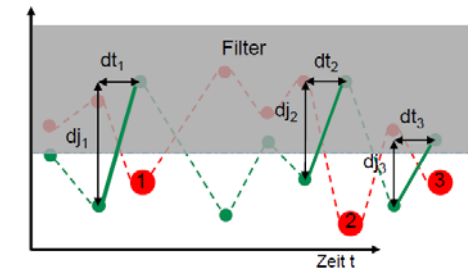
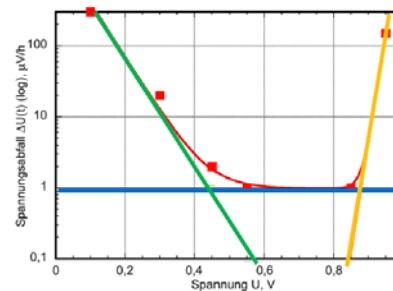
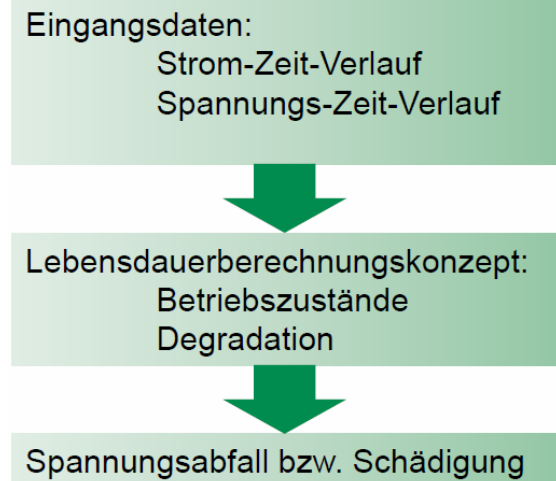


Heransgehensweise: 2 sich ergänzende Methoden



Gesamt-Sicht

- Welche Auswirkungen haben Betriebszustände auf (reale) Brennstoffzellen gehabt
- Untersuchung von Teststand- und Realsystembetriebsdaten
- Makroereignisse: Start, Stop, Lastwechsel, Normalbetrieb usw.

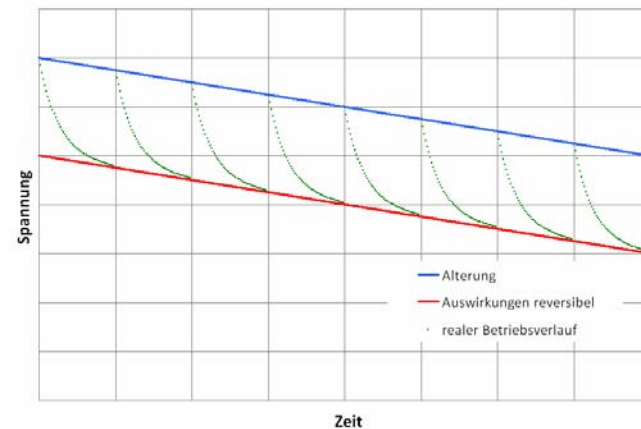
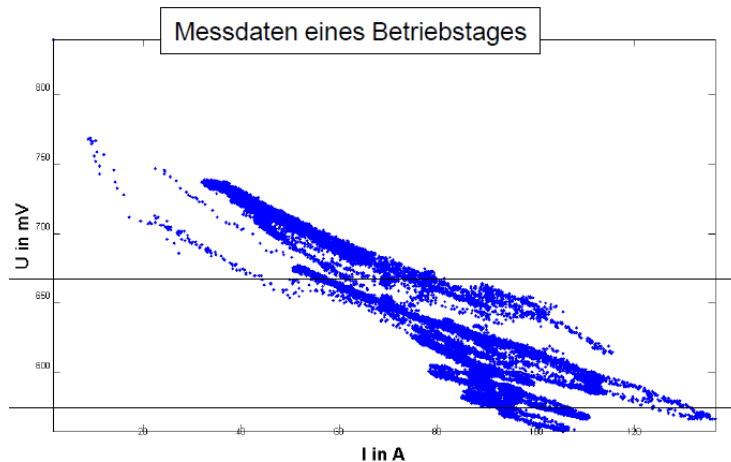


Quelle: Bonitz, EFZN/IMAP Nov 2012

Herausforderung



- Wie wird Lebensdauer bei Brennstoffzellen definiert (10 %, Degradationsfaktor, ...)
- Die Zellreaktionen sind komplex und nicht mathematisch und allgemeingültig zu beschreiben
- Welche Anteile von Leistungsverringerung sind reversibel



Öffentlichkeitsarbeit



- Industrieworkshops zum Projekt
 - Nov. 2011 @ ZBT in Duisburg – 33 TN davon 16 Industrie
 - Nov. 2012 @ ISE in Freiburg – 37 TN davon 20 Industrie
 - Nov. 2013 @ ZSW in Ulm – in Planung
- Messevorstellung: F-Cell 2011 Stuttgart mit BMWi/PTJ
- Wiss. techn. Publikationen (Auszug):
 - BPP- & Dichtungs-Charakterisierung / HFC Vancouver 2011 / ZBT
 - Long Term Tests / MEA Workshop Grenoble 2012 / ZBT
 - Poster Elektrodenalterung / FCDC Karlsruhe 2013 / ISE
 - Internet: Permeationsmessungen / 2011 / ZBT
 - Alterungsmechanismen / F-Cell 2013 / ZBT



- Aktuelle Arbeiten und nächste Schritte
 - Finalisierung der BZ-Komponentenvermessung
 - Mathematische Umsetzung der Einzelergebnisse
 - Finalisierung des phys.-chem. Prognosemodells
 - Erprobung des ereignisbasierten Prognosemodells
 - Fertigstellung & Erprobung der User-Software
 - ca. Nov. 2013: Übergabe und Erprobung der User-Software an Industrienutzer / Erprobung & Optimierung bis ca. April 2014
- Weiterführung der Arbeiten
 - LDP 2 zu reversiblen Leistungseinbußen und Betriebsführungsoptimierung in Planung
 - Weitere methodenorientierte Projekte in Diskussion

