

Projekt: Lebensdauerprognosemodelle von Brennstoffzellen in realen Anwendungen

Problem: Brennstoffzellen stehen schon seit mindestens 1970 kurz vor dem Durchbruch. Damit es aber endlich so weit kommt und dieser Termin nicht noch weitere Jahrzehnte vor sich hergeschoben wird, müssen Brennstoffzellen auch wirtschaftlich werden. Zu diesem Zweck ist eine Lebensdauerprognose für Brennstoffzellen in realen Anwendungen für die Markteinführung fast unerlässlich. Aus diesem Grunde gibt es das BMWi Projekt Entwicklung von Lebensdauerprognosemodellen von Brennstoffzellen in realen Anwendungen. In welchem Modelle entwickelt werden, die dazu beitragen sollen, die Lebensdauern von Brennstoffzellen möglichst genau abzuschätzen, wodurch der wirtschaftliche Einsatz vorab bestimmt werden kann.

Ziel: Ziel des Projektes ist die Entwicklung von Lebensdauerprognosemodellen für Brennstoffzellen in realen Anwendungen. Diese sollen möglichst genau die Lebensdauer von Brennstoffzellen voraussagen und außerdem zu der Weiterentwicklung von Brennstoffzellen beitragen. Das geschieht, indem in den Modellen Lastverläufe vorgegeben werden, zu denen dann eine Lebensdauer einer Brennstoffzelle ausgegeben wird. Bedingung ist, dass zu der Brennstoffzelle schon ein paar Daten vorhanden sind, aus denen die Parameter der Brennstoffzelle ermittelt werden können, wodurch wiederum die Prognose realisiert werden kann. Auch soll es möglich sein, die Parameter der Brennstoffzelle zu verändern, sodass durch gezielte Modifikationen einzelner Parameter, was zum Beispiel eine Verringerung des Durchtrittswiderstandes sein kann, weil die Elektrodenoberflächen verändert wurden, die Auswirkungen auf die Lebensdauer der Brennstoffzelle in der jeweiligen Anwendung untersucht werden können.

Stand der Technik: Es gibt viele verschiedene Simulationen von Brennstoffzellen, wovon einige auf Methoden der finiten Elemente beruhen und andere auf physikalisch-chemischen Modellen, die in Form von elektrischen Ersatzschaltbildern realisiert worden sind. Dabei gibt es den großen Nachteil, dass die Simulationszeiten der finiten Elemente Methode für ganze Lebensdauern sehr langwierig sind. Gleiches gilt für ausführliche Ersatzschaltbildern, bei welchen man schnell zu Simulationszeiten gelangt, die länger als die realen Laufzeiten sind. Auch ist es schwierig alle dort benutzten Parameter mit einer zeitlichen Alterung zu versehen, weshalb sich die hier entwickelten Modelle auf wenige Parameter beschränken, deren zeitlicher Verlauf aus schon vorhandenen kurzen Messdaten ermittelt und dann prognostiziert werden.

Lösungsweg: Es werden zwei verschiedene Ansätze als Prognosemodelle verfolgt. Dabei wird eines vom Institut für Maschinelle Anlagentechnik und Betriebsfestigkeit und eines vom Institut für Elektrische Energietechnik entworfen. Der neuartige Ansatz vom IMAB ist, dass bei diesem Modell die Methoden der Betriebsfestigkeit zum Einsatz kommen. Dabei werden die Zahlverfahren der Betriebsfestigkeit verwendet, um die Führungsgröße, hier die Spannung, in Klassen einzuteilen und diesen eine Schädigung zuzuordnen, welche von den Projektpartnern

ermittelt wurde. Der andere Ansatz beruht auf einem physikalisch-chemischen Modell, welches in Form der Larminiefunktion von James Larminie, die unter Experten allgemein anerkannt ist, entwickelt wird. Dabei wird die Zeitabhängigkeit der einzelnen Parameter aus vorhandenen Daten ermittelt und diese entsprechend prognostiziert. Anschließend können die beiden Lebensdauern aus den unterschiedlichen Modellen verglichen werden mit der Hoffnung, dass beide unabhängigen Ansätze zum gleichen Ergebnis führen werden, was eine gegenseitige Stützung der Ansätze wäre.

Projektergebnisse: Das Projekt endete am 30.04.2014 und unterteilt sich in drei größere Tätigkeitsbereiche. Zum einen gibt es das ereignisbasierte Modell vom IMAB, welches auf der Grundlage der Betriebsfestigkeit erstellt wurde. Mehr zu diesem Projektteil ist im Jahresbericht des IMAB zu finden. Der zweite Bereich ist das physikalisch-chemische Modell, welches auf der Grundlage von Larminie und Dicks auf gebaut wurde. Die Grundidee dieses Modells ist es, die eingelesenen Daten in einzelne Polarisationskurven (U-I-Kennlinien) einzuteilen. Eine solche Einteilung kann in Abbildung 1 gesehen werden.

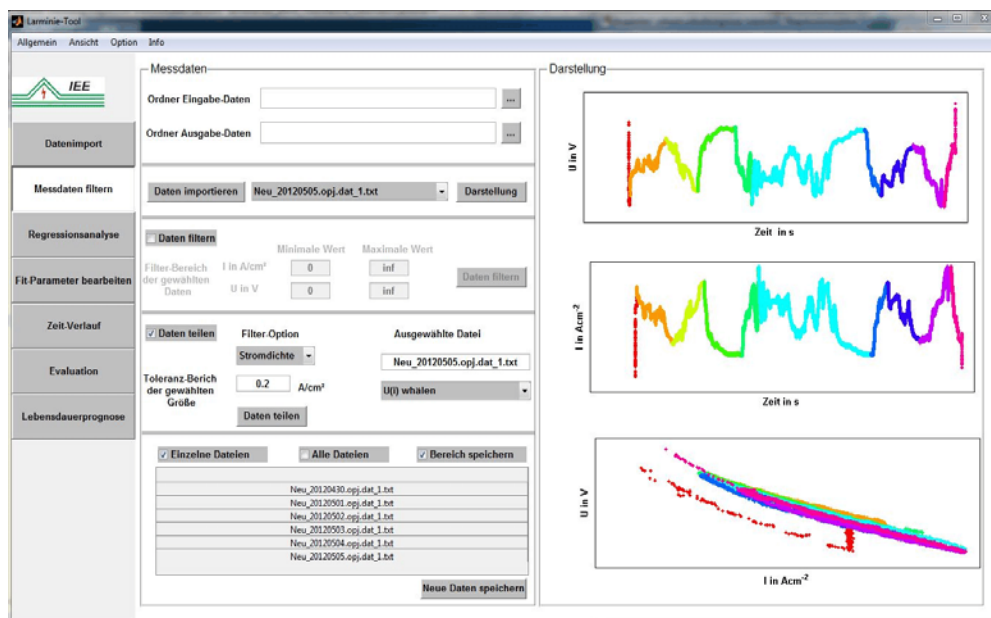


Abbildung 1: Einteilung der Daten in einzelne Polarisationskennlinien (farbig dargestellt)

In einem nächsten Schritt werden die einzelnen Polarisationskurven mit der Larminiefunktion alle einzeln über eine Regressionsanalyse angefitet (Abbildung 2) und aus diesen Ergebnissen ein Zeitverlauf für die nun zeitabhängige Larminiefunktion gewonnen.

Projekt: Lebensdauerprognosemodelle von Brennstoffzellen in realen Anwendungen

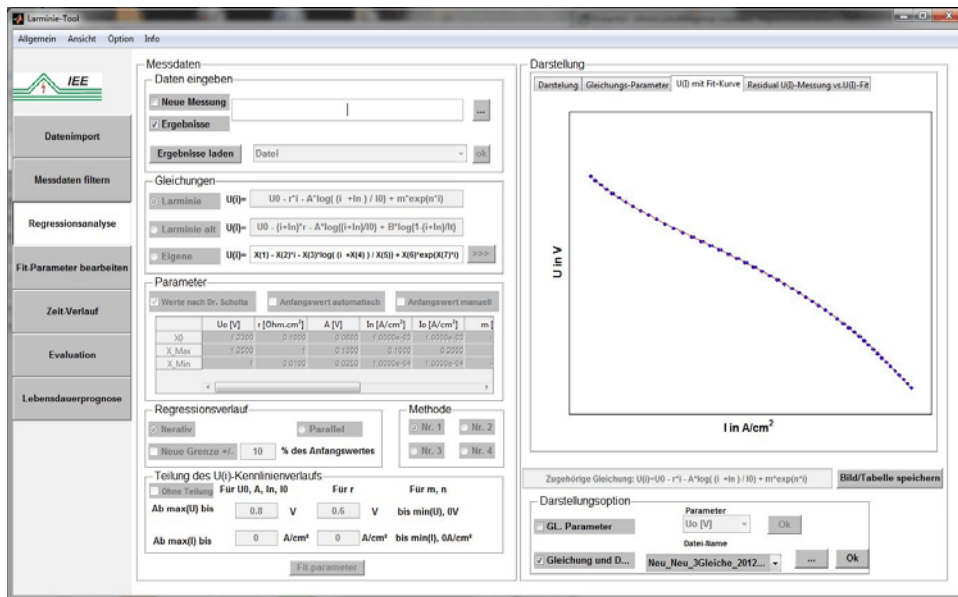


Abbildung 2: Fit einer einzelnen Polarisationskennung

Mit der zeitabhängigen Larmniefunktion können nun die Messdaten angefitet (Abbildung 3) und extrapoliert werden, um auf diesem Wege eine Lebensdauerprognose zu erhalten.



Abbildung 3: Fit realer Messdaten im Zeitverlauf

Das Lebensdauerende kann dabei selbst definiert werden, wobei sich zeigte, dass eine Spannung unter 0,5 V als ein mögliches Ende angenommen werden kann.

Der letzte Tätigkeitsbereich stellt die Untersuchung der Strominhomogenitäten in den Brennstoffzellen dar. Dazu wurde eine Brennstoffzelle mit variabler Medienführung aufgebaut, durch welche eine von Zelle zu Zelle abwechselnde Gasversorgung realisiert werden konnte. Als Ergebnis ist deutlich zu sehen, dass eine Reduktion der Strominhomogenitäten stattfindet, wenn die Betriebsart von der gleichseitigen Gasversorgung (Abbildung 4) zur abwechselnden Gasversorgung (Abbildung 5) verändert wird. Hier vor allem daran zu erkennen, dass beide Seiten höhere Ströme führen und somit die Unterschiede zu den Maxima geringer werden.

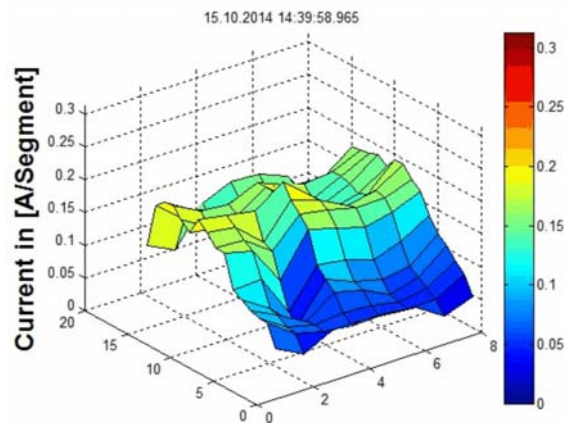


Abbildung 4: Strominhomogenitäten bei gleichseitiger Gasversorgung

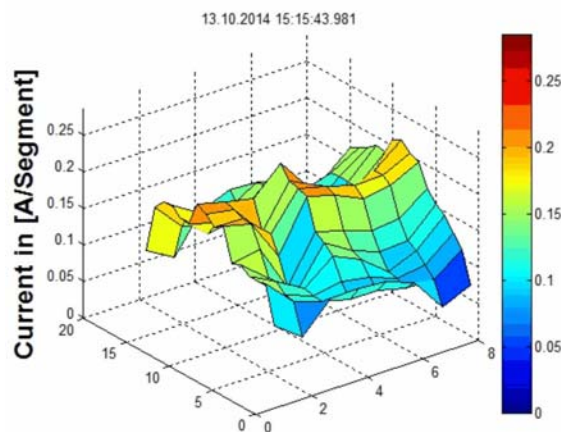


Abbildung 5: Strominhomogenitäten bei wechselseitiger Gasversorgung

Projekt: Lebensdauerprognosemodelle von Brennstoffzellen in realen Anwendungen

Nähere Informationen zu den Ergebnissen, deren Interpretationen und weitere Untersuchungen können der Dissertation „Lebensdauerprognose von elektrochemischen Systemen unter besonderer Berücksichtigung von Brennstoffzellen“, ISBN 9783736990913, entnommen werden.

Projektpartner: Partner in dem Projekt sind neben dem EFZN mit den ausführenden Stellen Institut für Elektrische Energietechnik (IEE) und dem Institut für maschinelle Anlagentechnik und Betriebsfestigkeit (IMAB) das Zentrum für Brennstoffzellen Technik GmbH in Duisburg (ZBT), das Zentrum für Sonnenenergie- und Wasserstoffforschung in Ulm (ZSW), das Fraunhofer Institut für Solare Energiesysteme in Freiburg (ISE) und das Helmholtz Zentrum in Berlin (HZB).



Bearbeiter: Dr.-Ing. Raoul Heyne (Tel: 72-2272)
raoul.heyne@tu-clausthal.de

Dipl.-Ing. Eric Tchoupou Lando (Tel: 72-3819)
etl@tu-clausthal.de

Projektleiter: Prof. Dr. rer. nat. Heinz Wenzl (Tel: 05522/919170)
heinz.wenzl@t-online.de