

Analyse der Testdaten einer weltweit operierenden Flotte von Brennstoffzellen-Fahrzeugen der Daimler AG

Von Tim McGuire, Taylor Roche und Andreas Weinberger, Mercedes-Benz RDNA, Inc.

ZUR TESTFLOTTE DER DAIMLER AG (FRÜHER DAIMLERCHRYSLER) GEHÖREN weltweit über 100 Fahrzeuge mit Wasserstoff-Brennstoffzellenantrieb, die von ganz normalen Autofahrern im Alltagsbetrieb bewegt werden. Zu Entwicklungszwecken ist jedes dieser Fahrzeuge mit einem leistungsfähigen Telematiksystem ausgestattet, das Fahrzeugdaten und Nutzungsprofile aufzeichnet. Diese Informationen reichen von GPS-Daten über Tankfüllstände bis hin zur Geschwindigkeit und messen sogar, wieviel Gas der Fahrer gerade gibt. Das Team von Mercedes-Benz RDNA ist dafür verantwortlich, die von dieser Testflotte erzeugten Millionen von Dateien automatisch in MATLAB®-basierte Berichte und Web-Applikationen umzuwan-

Daimler-Ingenieure nutzten diese Tools, um Nutzungsprofile zu erstellen, den Kraftstoffverbrauch zu ermitteln, Wasserstofftankstellen-Infrastrukturen zu planen und zu verstehen, welchen Einfluss die Fahrweise auf Leistung und Zustand des Fahrzeugs hat. Durch Auswertung dieser Daten kann Daimler nicht nur den technischen Zustand aller Fahrzeuge überwachen, sondern auch die besten Standorte für Wasserstoff-Tankstellen ermitteln und Nutzungsprofile erstellen, die die Planung künftiger Modellpaletten unterstützen.

Aus Nutzungsprofilen gewonnene Erkenntnisse

Die Fahrzeuge der Daimler-Testflotte werden unter den unterschiedlichsten klimatischen und Straßenbedingungen bewegt und sammeln dabei Datensätze für die Auswertung. Jedes Fahrzeug überträgt über die Daimler-

eigene Mobilfunk-Infrastruktur Informationen an eine zentrale Datenbank. Das RDNA-Team hat dazu ein automatisches Berichtssystem entwickelt, das die Fahrzeugnutzung analysiert und den Ingenieuren und Kunden Informationen über die Einsatzbandbreite der gesamten Flotte zur Verfügung stellt.

MATLAB und die Database Toolbox™ dienen zum Abruf von Kilometerständen und GPS-Daten aller Fahrzeuge einer bestimmten Region. Das MATLAB-Skript filtert anomale Daten heraus, etwa Zeiten, in denen das GPS keine Wegpunkte meldet oder das Fahrzeug steht. Danach verarbeitet das Skript alle Daten und erzeugt ein Diagramm, das die Fahrstrecken nach Zeiträumen und geografischer Region aufschlüsselt (Abb. 1). Früher hatte Daimler für diese Analysen Excel® eingesetzt. Die Einrichtung allein verschlang hunderte Ingenieursstunden und das System musste von

einer Vollzeitkraft gepflegt werden. Für jeden Durchlauf war eine Vielzahl manueller Arbeitsschritte erforderlich. Mit dem automatisierten MATLAB-Skript dagegen kann das Team jetzt die gleichen Ergebnisse über einen Web-Browser abrufen.

Abbildung 1 zeigt die gesamte und die wöchentliche Kilometerleistung einer exemplarischen Flotte: Mithilfe von GPS-Daten werden die gefahrenen Strecken regional zugeordnet. Die so ermittelten regionalen Nutzungsprofile helfen Daimler bei der Suche nach Kunden und sinnvollen neuen Standorten. Auf Anfrage eines Testkunden lassen sich solche Diagramme auch für jedes einzelne Fahrzeug abrufen und damit detaillierte Einzelprofile erzeugen.

Im Zeitraum Ende Dezember bis Anfang Januar bricht die Kilometerleistung im Diagramm plötzlich ein. Solche saisonalen Trends helfen Daimler unter anderem, Inspektions-



Kunden in Japan, Singapur, den USA, Europa, China und Australien nutzen Daimlers emissionsfreie Fahrzeugflotte im ganz normalen Alltagsbetrieb. In den Brennstoffzellen dieser Fahrzeuge wird durch die Reaktion von Wasserstoff mit Sauerstoff elektrische Antriebsenergie für den Motor erzeugt. Da bei dieser Reaktion ausschließlich Wasser als Abfallprodukt entsteht, besitzt die Brennstoffzellen-Technologie ausgesprochen großes Potenzial zur Reduzierung des weltweiten Ausstoßes von Treibhausgasen.

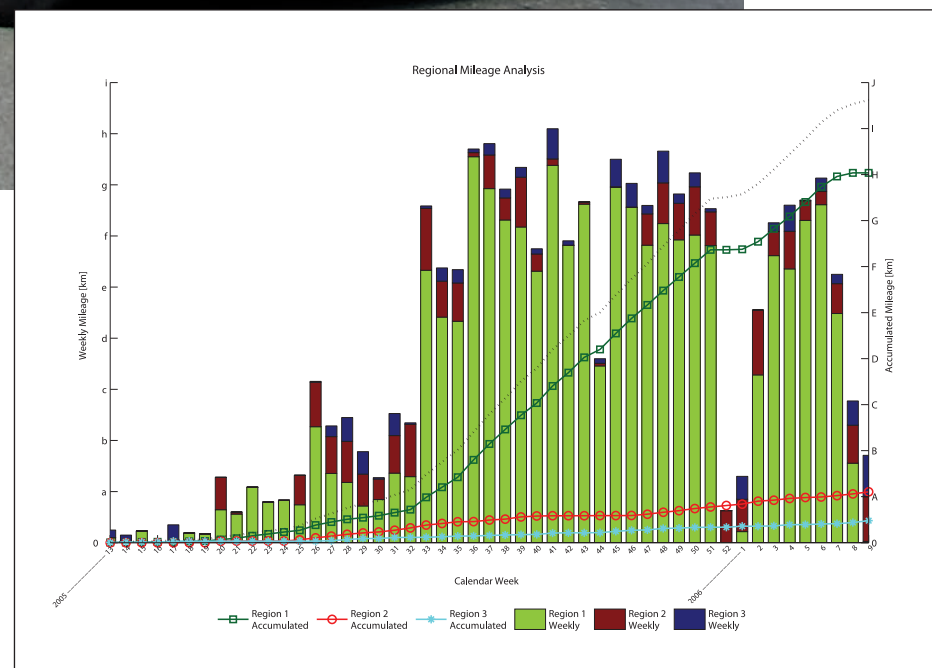


ABB. 1. Analyse der regionalen Kilometerleistung.



ABB. 2 Verbrauchsanalyse. In diesem Beispiel sieht man, dass der Testwagen die Tankstelle mit vollem Tank verlässt (rot) und dann mit fast leerem Tank wieder zurückkehrt (blau).



ABB. 3. Beispiel für eine auf Testfahrzeugsdaten basierende Analyse eines Einzelereignisses.

und Diagnosetermine zu planen und diese in Zeiträume mit typischerweise geringer Fahrzeugnutzung zu legen.

Analyse des Kraftstoffverbrauchs

Mit einem in der Mapping Toolbox™ und MATLAB entwickelten Tool können die Daimler-Ingenieure jede von den Testfahrzeugen unternommene Fahrt rekonstruieren. Anwender können damit auf einer

Satellitenkarte die Veränderung des Tankfüllstands verfolgen, der als noch verfügbare elektrochemische Energie angegeben wird. Das Skript wurde ursprünglich zur Erzeugung statischer Karten im JPEG-Format entwickelt. Da diese zu unflexibel und zu ungenau waren, wurde es modifiziert und arbeitet jetzt mit Keyhole Markup Language- (KML) Dateien, die flexibler sind und unter Google Earth eingesetzt werden können.

Die in Abbildung 2 gezeigte Verbrauchsanalyse verfolgt den Tankstand entlang der gefahrenen Route. Das MATLAB-Skript verknüpft dazu GPS- und Füllstandsdaten mittels Funktionen aus der Mapping Toolbox.

Die Ingenieure können so ermitteln, wie der Verbrauch vom befahrenen Gelände abhängt. Durch Überlagerung dieser Daten mit Standorten von Wasserstoff- und konventionellen Tankstellen werden zudem wichtige Informationen zur vorhandenen Service-Infrastruktur gewonnen.

Das vom Daimler-Team entwickelte MATLAB-Skript ermöglicht es den Ingenieuren außerdem, Zusammenhänge zwischen Betriebszuständen und Standorten jedes einzelnen Fahrzeuges der Flotte herzustellen. Meldet das Brennstoffzellen-System beispielsweise einen Fehlercode, so lässt sich mit MathWorks-Tools sofort der genaue Standort zum entsprechenden Zeitpunkt feststellen und anzeigen (Abb. 3). Befindet sich das Fahrzeug dabei etwa gerade im Berufsverkehr in der Innenstadt von Los Angeles, dann kann diese Kenntnis der momentanen Betriebsbedingungen für eine effizientere Problemlösung genutzt werden.

Planung der Wasserstoff-tankstellen-Infrastruktur

Um zukünftige Wasserstofftankstellen an möglichst sinnvollen Standorten einzurichten, wurden Gebiete identifiziert, die besonders häufig von Brennstoffzellen-Fahrzeugen frequentiert wurden. Mit MATLAB, der Mapping Toolbox und Google Earth erzeugte Daimler dazu auf GPS-Daten und Straßenkarten basierende Ortshistogramme.

Bei einem Ortshistogramm überlagert man ein geografisches Gebiet mit einem Gitternetz. Daimler konnte auf diese Weise Standortmeldungen zusammenfassen und auf einer Satellitenkarte darstellen. Abbildung 4 zeigt ein Ortshistogramm von Singapur mit lokalen Tankfüllstandsdaten. Abbildung 5 gibt wieder, wie viel Prozent der Zeit ein Fahrzeug im jeweiligen Planquadrat verbringt. Durch Kombination beider Diagrammtypen lassen sich exakt die Gebiete ermitteln, durch die

sich die meisten Fahrzeuge mit niedrigem Tankfüllstand bewegen. Die Daimler-Ingenieure können so Standortempfehlungen für neue Wasserstofftankstellen abgeben, die den Betreibern hoch frequentierte Areale mit entsprechend reduziertem Betriebsrisiko bieten und Kunden einen günstig gelegenen Zugang zu Wasserstoff geben.

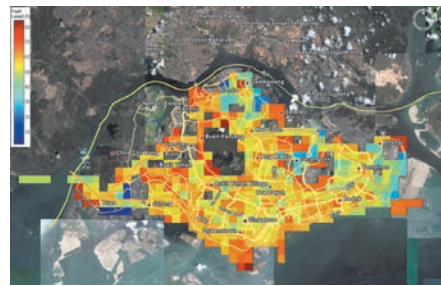


ABB. 4. Ortshistogramm von Tankfüllständen.



ABB. 5. Ortshistogramm der Aufenthaltszeiten.

Analyse des individuellen Fahrverhaltens

Die von Daimler unterhaltene Flotte von Brennstoffzellen-Fahrzeugen operiert weltweit. Dabei kann die Gaspedalstellung jedes einzelnen Fahrzeugs analysiert und genutzt werden, um zu erfahren, wie verschiedene Fahrzeugtypen von den Kunden genutzt werden und wie sich die Fahrgewohnheiten regional unterscheiden. Eine Analyse der Gaspedalstellung (Abb. 6) hat beispielsweise gezeigt, dass ein PKW in Nordkalifornien meist mit moderatem Gaseinsatz gefahren wird, während ein Lastwagen zumeist ohne große Zwischenschritte entweder mit sehr wenig Gas oder mit Vollgas bewegt wird. Durch diese Analyse erhalten die Ingenieure Informationen über den Leistungsbedarf verschiedener Kundentypen und können Regelungsstrategien und Antriebsstränge auf deren Verhalten optimieren.

In Korrelation mit GPS-Daten kann diese Analyse regionale Trends im Fahrverhalten aufdecken. In Deutschland sieht man beispielsweise häufig Hochgeschwindigkeitsfahrten mit Vollgas auf Autobahnen. In Singapur fahren die Menschen langsamer und gleichmäßiger und drücken das Pedal selten mehr als 40 % durch. Die Kenntnis solcher Trends hilft den Ingenieuren bei der Entwicklung regional optimierter Regelungsstrategien.

Ein kleines Team beantwortet große Fragen

Ein deutliches Maß für den Erfolg des RDNA-Teams ist die sowohl von Ingenieursseite als auch von Seiten des Managements stetig wachsende Nachfrage nach seinen Diensten – es wird mit Anfragen geradezu über-

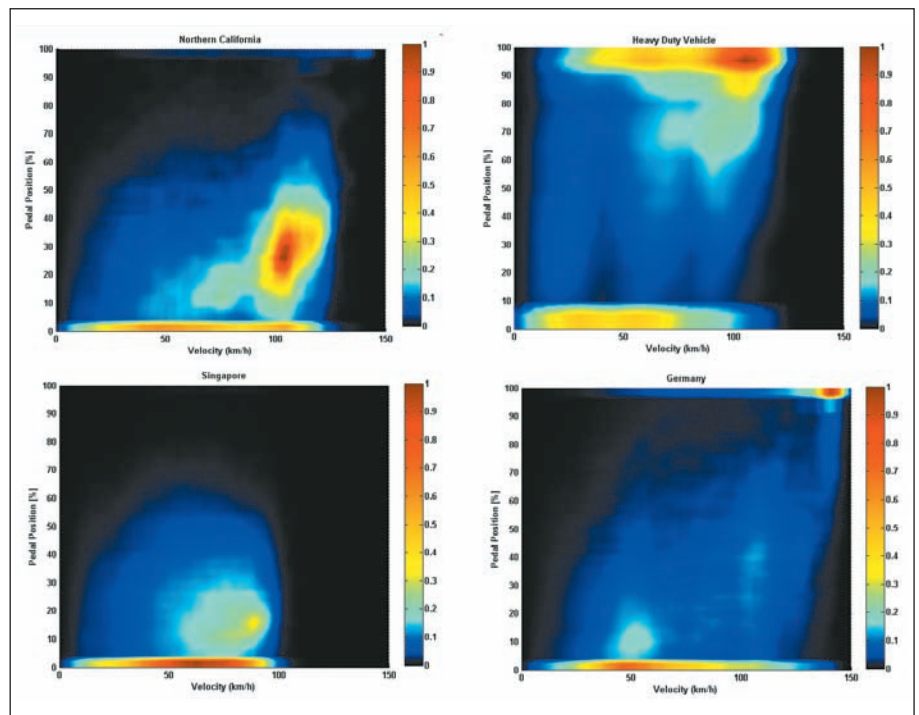


ABB. 6. Analyse der Gaspedalstellung.

schwemmt. Die Möglichkeit, innerhalb einer integrierten MATLAB-Umgebung auf die Datenbank zugreifen zu können, Analysen durchzuführen, Ergebnisse zu visualisieren und daraus aussagekräftige Berichte zu erzeugen, ist von großem Nutzen, weil sich das Team dadurch auf einfache Weise neue Ressourcen erschließen kann.

Die Ingenieure müssen dazu mit MATLAB statt vieler Einzelanwendungen nur ein einziges Softwarepaket beherrschen. Statt viel Zeit für die Integration der verschiedensten Tools aufzuwenden, können sie nützliche Ergebnisse erzeugen.

Die derzeit eingesetzten Analysen werden stetig weiterentwickelt und durch neue Methoden ergänzt, um ein noch besseres Verständnis des Verhaltens der Brennstoffzellenfahrzeuge und der erforderlichen Infrastruktur zu gewinnen. ■

➔ **Quellen**

DAIMLER
www.daimler.com/dccm

WEBINAR: Data Analysis with MATLAB Products
www.mathworks.de/nn8/wbnr30346