

RUAG ICE im Windkanal

Bestimmung aerodynamischer Lasten im Windkanal

Dr. Claus Zimmermann und Werner Häberli, RUAG Aerospace, CH-Emmen,
Daniel Franck und Peter Deeg, Deutsche Bahn AG, DB Systemtechnik, D-München

Zum Bestimmen aerodynamischer Lasten, die in einem Windkanalversuch auf Testobjekte einwirken, kommen meist Kraft- und Momentenwaagen mit Dehnungsmessstreifen (DMS) zur Anwendung. Dabei wünscht sich der Messtechniker oftmals ein autonomes, flexibles und mobiles Messsystem, mit dem er die Waagenbelastungen erfassen, aufzeichnen und darstellen kann.

Sicherheitstest für Schienenfahrzeuge

Für den Sicherheitsnachweis von Schienenfahrzeugen bei Seitenwind ist die Bestimmung aerodynamischer Fahrzeugkenngrößen im Windkanalversuch erforderlich. Anforderungen an das Modell, die Messtechnik und die Durchführung sind in einem Regelwerk vorgegeben. Die Messdaten gelten als Bestandteil der Fahrzeugzulassung. Um derartige Versuche mit hoher Präzision, reproduzierbar und weitgehend unabhängig von der Messtechnik eines Windkanalbetreibers durchführen zu können, entwickelte die RUAG Aerospace, Emmen im Auftrag der Deutschen Bahn AG, München ein Messsystem, bestehend aus DMS-Waage, Signalaufbereitung, Datenerfassung und Messwertanalyse. Dieses System lässt sich außerhalb und unabhängig vom Windkanal mit verschiedensten Modellen konfigurieren. Mit dem Einbau der Waage im Modell sind kurze Hebelarme und daher das präzise Bestimmen der Momente gewährleistet. Windkanalseitig sind nur

noch die wichtigsten Betriebs- und Einstellgrößen (Druck, Temperatur, Feuchte, Schiebewinkel) zu liefern, um die gewünschten aerodynamischen Kenngrößen zu ermitteln.

Messprinzip

Auf den Messelementen der verwendeten Windkanalwaagen sind DMS in einer Wheatstone'schen Brückenschaltung installiert. Unter den einwirkenden aerodynamischen Lasten verformen sich die Bauteile mit den Messstellen im elastischen Bereich, so dass die Messbrücken ein zur Kraft proportionales Spannungssignal liefern. Je nach Waagentyp können bis zu sechs Lastkomponenten im Raum bestimmt werden (Kräfte F_x , F_y , F_z sowie Momente M_x , M_y und M_z). Allgemein werden solche Waagen deshalb auch als Mehrkomponentenwaagen bezeichnet. Der Zusammenhang zwischen dem elektrischen Ausgangssignal und den aufgebracht Lasten wird durch Kalibrierung der Waage ermittelt.

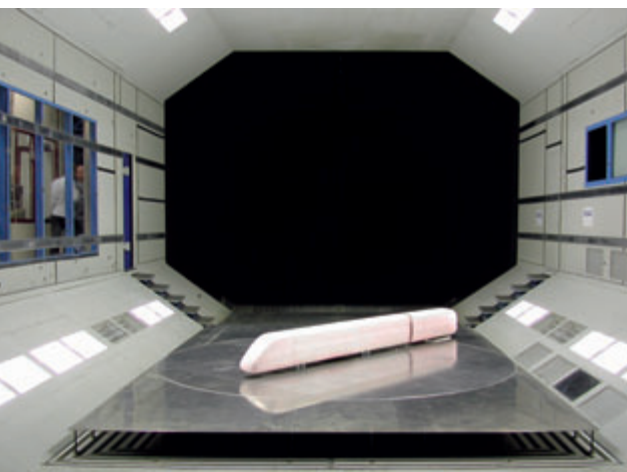


Abb. 1: Zugmodell im Unterschall-Windkanal der RUAG Aerospace

Das Gesamtsystem (Abb.2)

An das Gesamtsystem wurden folgende funktionelle Anforderungen gestellt:

- Unabhängiges Messsystem bestehend aus Sensorik, Signalaufbereitung und Messwertanalyse
- Hohe Genauigkeit, Auflösung und Reproduzierbarkeit
- Modularer Aufbau
- Einfache Bedienung

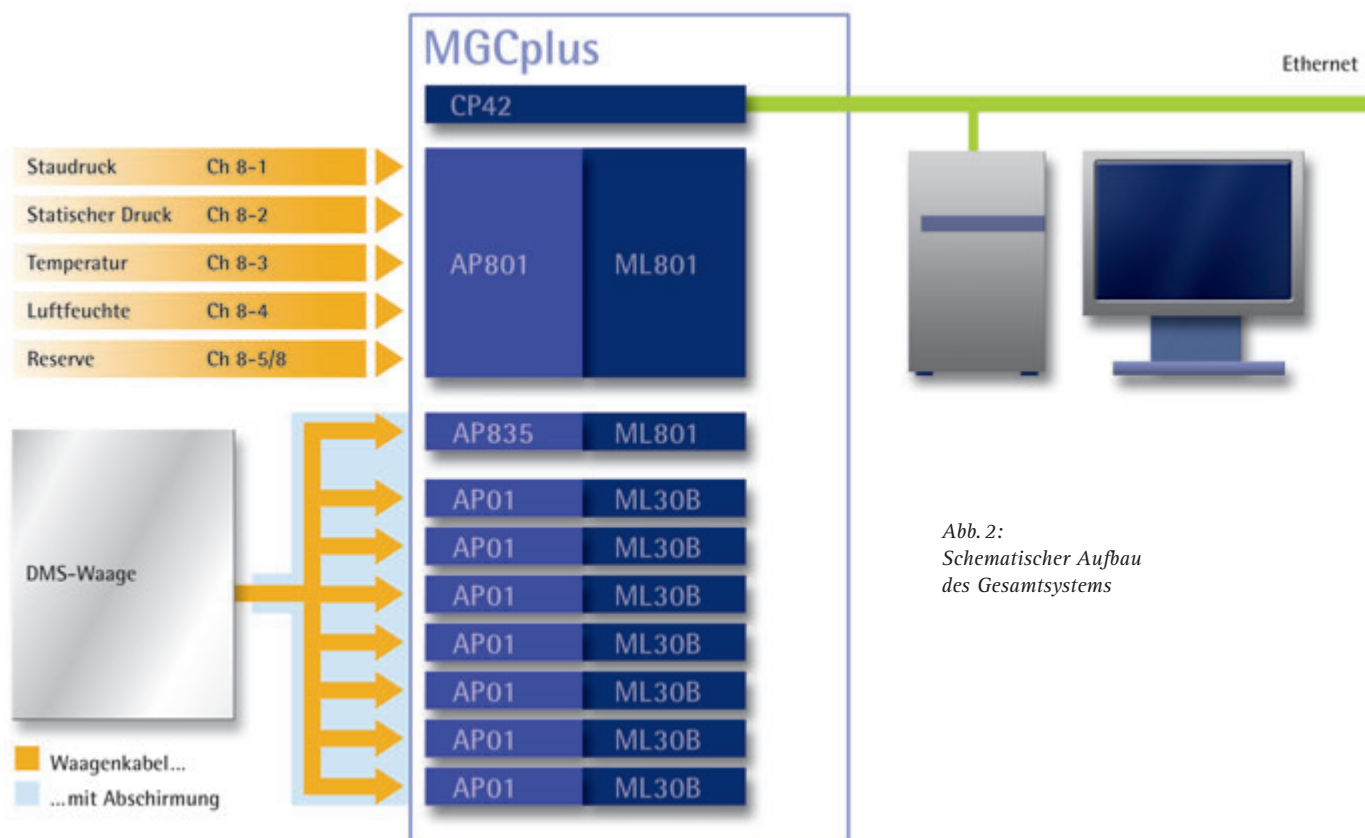


Abb. 2:
Schematischer Aufbau
des Gesamtsystems

Blockwaagen der RUAG Aerospace

Bei der RUAG Aerospace wurde über viele Jahre eine ganze Familie von Blockwaagen entwickelt. Damit können verschiedenartigste Anwendungsfälle bezüglich Geometrie- und Lastanforderungen abgedeckt werden. Die Waagen zeichnen sich durch ihre Robustheit, hohe Messempfindlichkeit und Langzeitstabilität aus.

Der Blockwaagentyp besteht aus einer windkanalseitigen Trägerplatte mit 7 Biegebalken, die mit ihrem modellseitigen Gegenstück durch Gelenkstäbe verbunden sind. Diese Gelenkstäbe haben die Aufgabe, Kräfte möglichst interferenzfrei zu übertragen. Die Waage besitzt somit keine beweglichen Teile, die reibungsbedingte Hysterese-Effekte erzeugen könnten (Abb. 3).

Messverstärker

Die Aufgabe der Sensorspeisung, Signalverstärkung und -konditionierung sowie der Kommunikation mit dem PC wird vom Messverstärkersystem MGCplus übernommen. Mit der definierten Linearitätsabweichung des ML30B Verstärkereinschubs können die zu erwartenden Signale mit der geforderten Waagengenauigkeit von < 0,3% vom Auslegungsbereich gemessen werden.

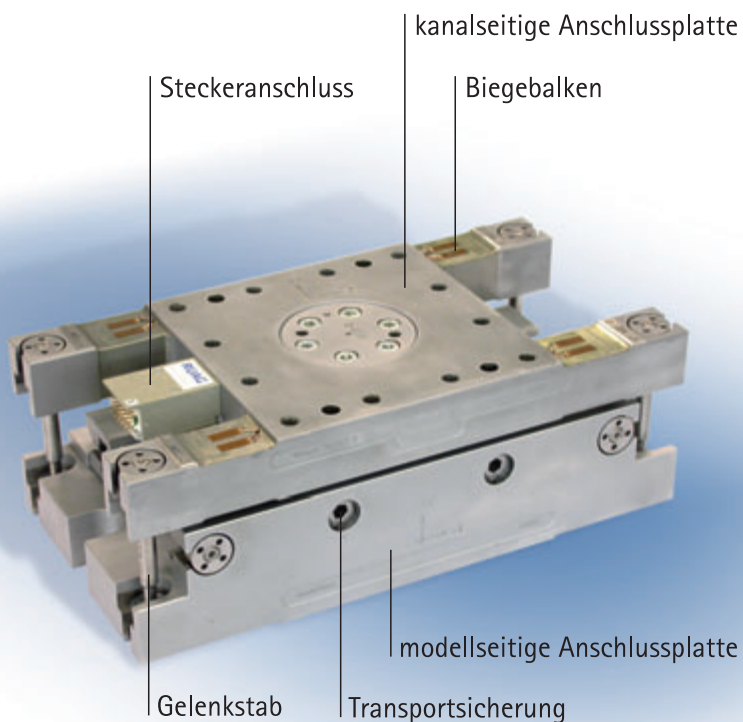


Abb. 3:
Blockwaage der RUAG Aerospace

Fortsetzung →

ICE im Windkanal

Fortsetzung:

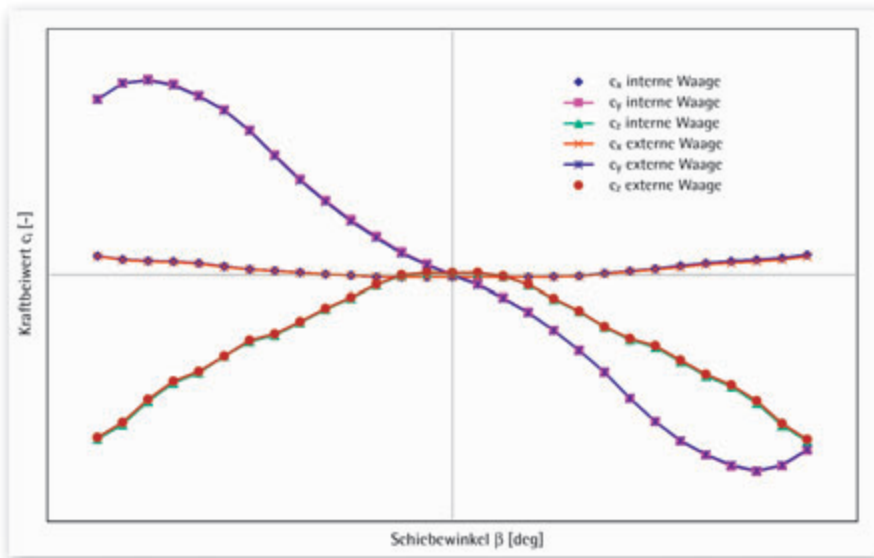


Abb. 4:
Kraftbeiwerte des Zugmodells bei paralleler
Messung mit interner und externer Waage

Die Messbrücken der DMS-Blockwaage sind elektrisch isoliert in 6-Leiter-Schaltungstechnik mit dem Trägerfrequenzverstärker verbunden. Zur Vermeidung eines Groundloops (einer Erdschleife) darf die Kabelschirmung keine Verbindung mit der Waage haben. Zusätzlich wurde eine optische und akustische Waagenüberlastkontrolle realisiert. Hierzu wird für jedes DMS-Signal ein Grenzwert bei 80% des Auslegungswertes einer Waagenmessstelle gesetzt.

Software

In der entwickelten Anwendung wurde die Software DIAdem von National Instruments als Mess- und Auswerteprogramm verwendet. Durch den entsprechenden Treiber von HBM ist die Datenverbindung zum Messverstärkersystem MGCplus über Ethernet sichergestellt. Alternativ können jedoch durchaus andere Produkte verwendet werden.

Anforderungen an die Software:

- Ablaufsteuerung zur Datenerfassung und -aufbereitung
- Erfassung der Messsignale
- Akustische und optische Überwachung der DMS-Waage
- Statistische Auswertung der Einzelwerte
- Aufbereitung der Messsignale
- Darstellung und Sicherung der Daten
- Modularer Aufbau

Zum Einstellen und Parametrieren der Messkanäle wurde der MGCplus-Assistent verwendet. Dieser Assistent ist Bestandteil der MGCplus-Lieferung und kann direkt aus DIAdem gestartet werden. Die Skalierung aller Sensoren inklusive Waage erfolgt in den DIAdem-Makros. Nur die Grenzwerte für die Waagenüberwachung werden im MGCplus-Assistenten eingestellt.

Windkanalversuch

Die Abbildung 1 (zu Beginn des Artikels) zeigt den Versuchsaufbau in Strömungsrichtung im Unterschall-Windkanal der RUAG Aerospace. Das der Form eines ICE nachempfundene Modell mit der internen DMS-Waage ist mit zwei Stützen im Bereich der Fahrgestelle auf einem drehbaren Boden fixiert, um die seitliche Anströmung zu realisieren. Die Messleitungen der Waage werden durch die hohlen Stützen zum Messverstärker in der Messkabine geleitet.

Messergebnisse

Die Qualifizierung des neuen Messsystems erfolgte durch den Vergleich mit den Messwerten einer externen Waage, die parallel erfasst wurden. Abbildung 4 zeigt exemplarisch die Kraftbeiwerte über dem gefahrenen Schiebewinkel bei konstanter Windgeschwindigkeit. Die Differenzen beider Systeme liegen innerhalb der geforderten Toleranzen. Ebenfalls bezüglich Hysterese und Symmetrie zur Anströmung konnten sehr gute Resultate erzielt werden.

Fazit

Das vorgestellte Messsystem, bestehend aus einer Mehrkomponentenwaage der RUAG Aerospace, einer HBM-Messverstärkereinheit und einer darauf abgestimmten Software, erlaubt das sehr präzise Bestimmen von Kräften und Momenten, wie sie bei Windkanalversuchen auftreten. Weitere Vorteile sind die im System integrierte Überlast- und Kraftschlusskontrolle sowie die kurze Rüstzeit im Windkanal. Aber auch für andere Anwendungen, bei denen dynamische oder sogar stoßartige Belastungen ermittelt werden sollen, bietet sich dieses Messsystem an.

