

Fahrdynamik-Testmanöver:

Bremsen aus stationärer Kreisfahrt

Ziel des Fahrmanövers

Laut ISO 7975 ist es das Hauptziel dieses Open-Loop-Tests, die **Auswirkung des Bremsens auf das Richtungsverhalten** eines Fahrzeugs zu bestimmen, dessen stationäre kreisförmige Bewegung nur durch die Bremsreaktion gestört wird.



Ähnlich wie beim Lastwechsel neigt das Fahrzeug zu einer Drehung nach Kurveninnen, die den Fahrer zu **schnellen Lenkkorrekturen** zwingt. Der bei diesem Fahrmanöver gemessene **Schwimmwinkel**, gibt Aufschluss über **Fahrstabilität** und **Beherrschbarkeit**.

Versuchsdurchführung

Das Fahrzeug wird auf einem **Kreis mit dem Radius von 100 m** mit einer **konstanten Querb beschleunigung** gefahren. In dem hier gezeigten Beispiel beträgt sie **7 m/s²**. Bei dem Versuch sind Lenkradwinkel und die Fahrpedalstellung konstant zu halten. Die Bremsungen werden mit Längsverzögerungen von 2 bis 6 m/s² in Schritten von 1 m/s² links- und rechtssinnig gefahren, wobei die Gangstufe 3 eingelegt sein soll. Zu Beginn des Manövers muss der Fahrer das **Gaspedal so schnell wie möglich lösen und sofort die Bremse betätigen**.

Die Zeitspanne bis zur Überschreitung der Längsverzögerung von 0,5 m/s² soll < 0,4 s betragen. Zum Zeitpunkt t₀ muss ein Druck von 90 % seines Mittelwertes erreicht werden. Nach der **vom TÜV entwickelten Auswerterroutine** werden die Werte für die festgelegten Messgrößen ab dem Zeitpunkt von 0,9 s bis zum Endpunkt von 1,1 s nach Einleitung Bremsbetätigung gemittelt und pro Bremsung abgelegt. Es werden die Werte der Messgrößen für den Stationärbereich, für den Auswertezeitraum sowie die Maximalwerte ausgelesen und daraus die einzelnen Kennwerte ermittelt. Von besonderem Interesse sind die **Abweichungen vom ursprünglichen Kurvenradius** und die **maximalen Schwimmwinkel pro Längsverzögerungsstufe**.

Messgrößen

- Lenkradwinkel
- Bremsdruck am Hauptbremszylinder (alternativ Bremspedalkraft oder -weg)
- Querb beschleunigung
- Längsb beschleunigung
- Längsgeschwindigkeit
- Giergeschwindigkeit
- Bremsweg
- Wankwinkel
- Nickwinkel
- Schwimmwinkel
- Quergeschwindigkeit
- Seitliche Abweichung des Fahrzeugschwerpunktes vom Ausgangsradius

Auswahl von Messsystemen zur Ermittlung der relevanten Kenngrößen aus dem fahrdynamischen Test „Bremsen aus stationärer Kreisfahrt“:

Messlenkrad MSW

Das Messlenkrad MSW von CORRSYS-DATRON wurde entwickelt zur **simultanen Erfassung** von **Lenkraddrehwinkel, Lenkmoment und Lenkwinkelgeschwindigkeit**. Der Lenkwinkel und die daraus abgeleitete Lenkwinkelgeschwindigkeit werden mit einem berührungslosen, optischen Sensor erfasst. Der Lenkwinkel kann in zwei Messbereichen ($\pm 200^\circ$ oder $\pm 1250^\circ$) bei einer Winkelauflösung von $0,05^\circ$ gemessen werden, für die Lenkwinkelgeschwindigkeit steht ein Bereich von $\pm 1000^\circ/s$ zur Verfügung. Das Messlenkrad lässt sich einfach an die Lenksäule durch eine zentrale Bohrung montieren, die Einbautiefe ist relativ gering. CORRSYS-DATRON Artikelnummer: 14256.

Strap-Down-Kreiselmessgerät mit GPS

Herzstück der Strap-Down-Inertial-Messplattform ADMA von GeneSys sind drei faseroptische Kreisel zur **Messung der Drehgeschwindigkeit** um die x-, y- und z-Achse und drei Beschleunigungsgeber für die drei horizontalen Koordinaten. Die Beschleunigungssignale werden gleichzeitig dazu genutzt, das System analytisch im horizontalen Zustand zu halten, indem Bezug auf den Erdschwerkraftvektor genommen wird. Mit den Kreiseln lassen sich alle Winkel in drei Dimensionen berechnen. Die hauptsächlichen Vorteile dieses Systems liegen in der **hohen Bandbreite** (50...400 Hz), in der **geringen Datenlatenz**, und in der Bereitstellung von aller **translatorischen und rotatorischen Zustandsgrößen** in jeweils drei Raumachsen. Diese sind: Beschleunigung, Geschwindigkeit, Position, Drehgeschwindigkeit und Winkel, die sowohl im fahrzeugfesten, im horizontalen und im erdbezogenen Koordinatensystem ausgegeben werden. Mit Unterstützung von GPS werden kontinuierlich Driftfehler eliminiert und mit DGPS sogar eine **Positionsgenauigkeit im Zentimeterbereich** erzielt. GeneSys Artikelbezeichnung: ADMA-G (Automotive Dynamic Motion Analyzer mit DGPS).

Radkraft-Dynamometer RoaDyn P650

Das Radkraft-Dynamometer von Kistler gibt es in den Ausführungsformen mit DMS-applizierten Messdosen und steif ausgelegten, vorgespannten piezoelektrischen Messsensoren. Das Messsystem RoaDyn P650 nutzt die **piezoelektrische Messtechnik** und ist gekennzeichnet durch eine **hohe Eigenfrequenz bis 2 kHz** und durch eine **hohe Empfindlichkeit** über den gesamten Messbereich ($F_x = 45 \text{ kN}$, $F_y = 24 \text{ k}$, $F_z = 45 \text{ kN}$). Es ist alterungsbeständig und verfügt über eine ausgezeichnete Stabilität und eine hohe Linearität. Mit dem Radkraft-Dynamometer wird die **Radkraftverteilung** in Umfangs-, Quer- und Vertikalrichtung sowie das Antriebs-, Sturz- und Rückstellmoment gemessen. Die Datenübertragung geschieht telemetrisch vom Rotor zum Stator, im Rotor eingebrachte Magnete erlauben durch Nutzung des Halleffektes die **Bestimmung des exakten Raddrehwinkels**. Die Bordelektronik System 2000 erlaubt die Selbstidentifizierung der eingesetzten Messradsensoren und berechnet online die genannten Messgrößen. Zusätzlich lassen sich noch weitere Analoogsignale am Radkraftdynamometer anschließen (z. B. Temperatursignale vom T³M-Messsystem vom TÜV SÜD Automotive). Kistler Artikelnummer 9298B1Q03. Für die Absicherung von ABS-Systementwicklungen werden alternativ Drehmoment-Messräder P103/P106 eingesetzt. Kistler Artikelnummer 9294B11.

Nick- und Wankwinkel-Messsystem

Das Messsystem basiert auf der Abstandsmessung von drei ausgewählten Karosseriepunkten gegen die Fahrbahn. Der **Nickwinkel** θ ist der Winkel zwischen der Fahrzeuglängsachse und derer Projektion auf die Fahrbahn, der **Wankwinkel** φ ist definiert als der Winkel zwischen der Fahrzeugquerachse und derer Projektion auf die Fahrbahn.

Die Winkel θ und φ lassen sich als arctan-Funktionen aus den trigonometrischen Abstandsbeziehungen berechnen. Für den Geschwindigkeitsbereich von 0 – 250 km/h beträgt der Messbereich für Nick- und Wankwinkel $\pm 40^\circ$ bei einer Auflösung von $0,1^\circ$.

Der Höhenstandssensor HF 500 C von CORRSYS-DATRON arbeitet nach dem **optischen Triangulationsprinzip**. Dabei wird ein sichtbarer roter Laser auf das Objekt projiziert und das reflektierte Licht auf einer CCD-Zeile abgebildet. Bei bekannter Strahlrichtung und bekanntem Abstand zwischen CCD-Zeile und Lichtquelle kann so der Abstand vom Objekt zur CCD-Zeile mit einem Signalprozessor berechnet werden. Der Abstand CCD-Zeile zur Lichtquelle sowie die beiden Strahlen vom und zum Objekt bilden ein Dreieck (Triangulation). CORRSYS-DATRON Artikelnummer 15380.

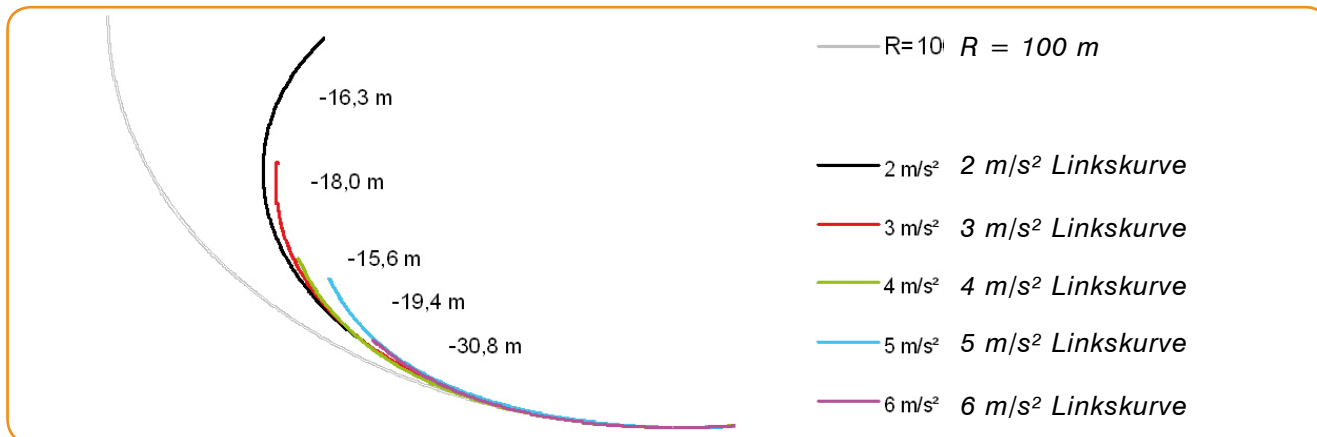
Zeitsynchrone Messdatenerfassung

Eine besondere Bedeutung bei allen fahrdynamischen Tests hat die Synchronität der Messdaten. Bislang konnten die Daten unterschiedlicher Sensoren und Sensorsysteme nur mit großen Fehlertoleranzen zueinander korreliert werden. Die Besonderheit in der Datenerfassungseinheit ist die Erzeugung eines hochpräzisen, Quarz-stabilisierten **Systemtaktes mit 80 MHz** und mit einer **Flankengenauigkeit von 2 ns**. Mit diesem Systemtakt werden alle

Bremsen aus stationärer Kreisfahrt

Messdaten synchronisiert und mit einem **Echtzeitstempel** versehen. Zusätzlich kann der interne Systemtakt mit einem externen Taktsignal phasengleich gekoppelt werden, um so zum Beispiel über das pps-Signal eines GPS-Satelliten absolut zeitsynchron zu messen. Neben analogen und digitalen Informationen werden diverse CAN-Bus-Systeme, LAN und andere **asynchrone Schnittstellen mit dem Systemtakt synchronisiert**. Die verwendeten Videokameras besitzen einen externen Takteingang, mit dem jedes Einzelbild zeitgenau vom Messsystem gesteuert wird und daher auch hier eine exakte Synchronität erreicht wird. DEWETRON Artikelbezeichnung DEWE-501.

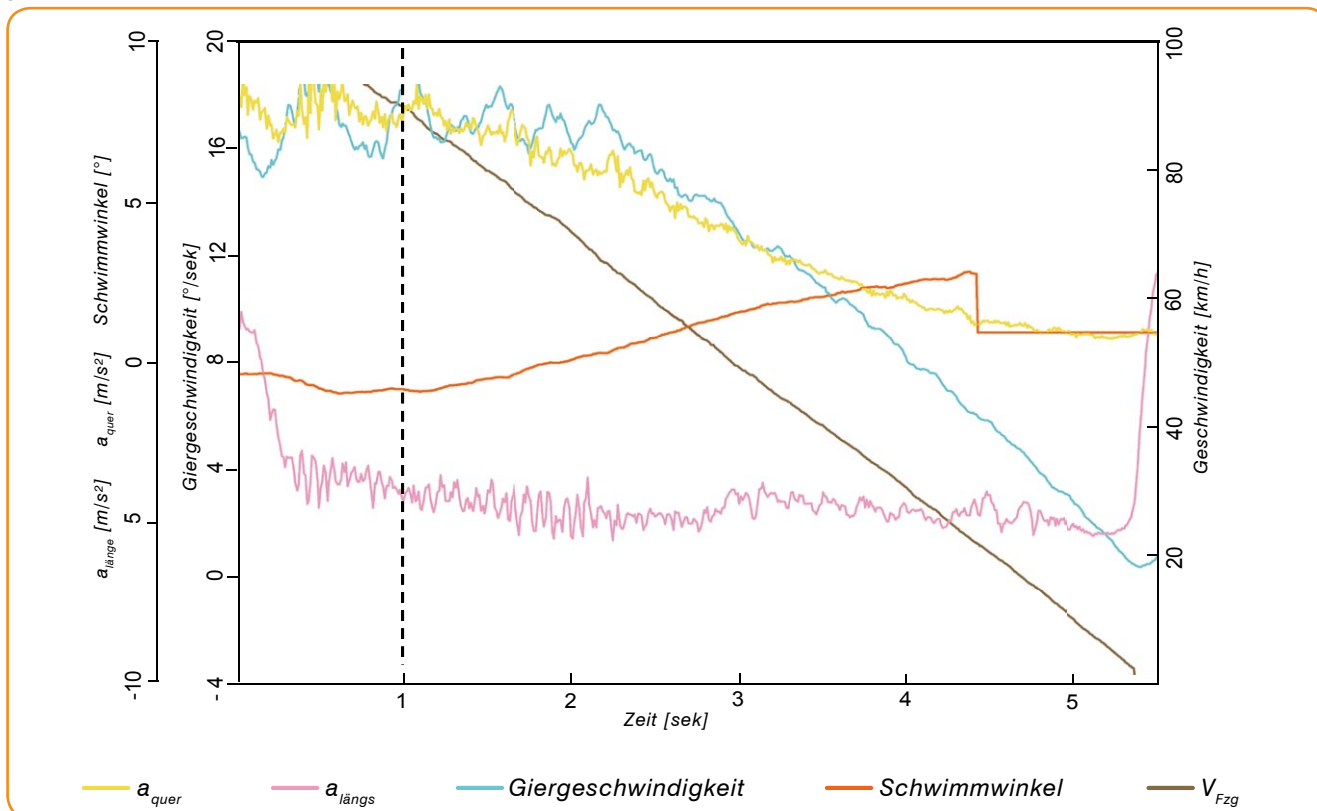
Datenauswertung



Bremsen aus stationärer Kreisfahrt aus einer konstanten Querbeschleunigung von 7 m/s²; DSC aktiviert

In dem Diagramm sind die für den Fahrdynamiktest „Bremsen aus stationärer Kreisfahrt“ relevanten Messgrößen über die Bremszeit aufgetragen. Diese sind: Längs- und Querbeschleunigung, Gierrate, Schwimmwinkel und Längsgeschwindigkeit. Der Auswertzeitraum 0,9 – 1,1 s wird auf das **Triggersignal des Bremslichtschalters** bezogen und als 1-Sekundenwert im Diagramm markiert. Die Werte für den Stationärbereich vor der Bremsung und für den Auswertzeitraum werden für alle Versuche in eine Tabelle eingetragen. Hinzu kommen noch die aufgetretenen Maximalwerte und als hervorzuhebender Kennwert die **Radiusabweichung vom Referenzkreis**.

Entsprechend der Schwimmwinkelcharakteristik von der stationären Kreisfahrt entsteht bei hoher Querbeschleunigung ein **negativer Schwimmwinkel**, dessen Polarität mit abnehmender Querbeschleunigung nach Nulldurchgang **in den positiven Bereich wechselt**. Da sich der Schwimmwinkel aus der arctan-Beziehung zwischen Quer- und Längsgeschwindigkeit berechnet, wird das Signal bei einer Fahrzeuggeschwindigkeit von ≤ 5 m/s auf Null gesetzt.



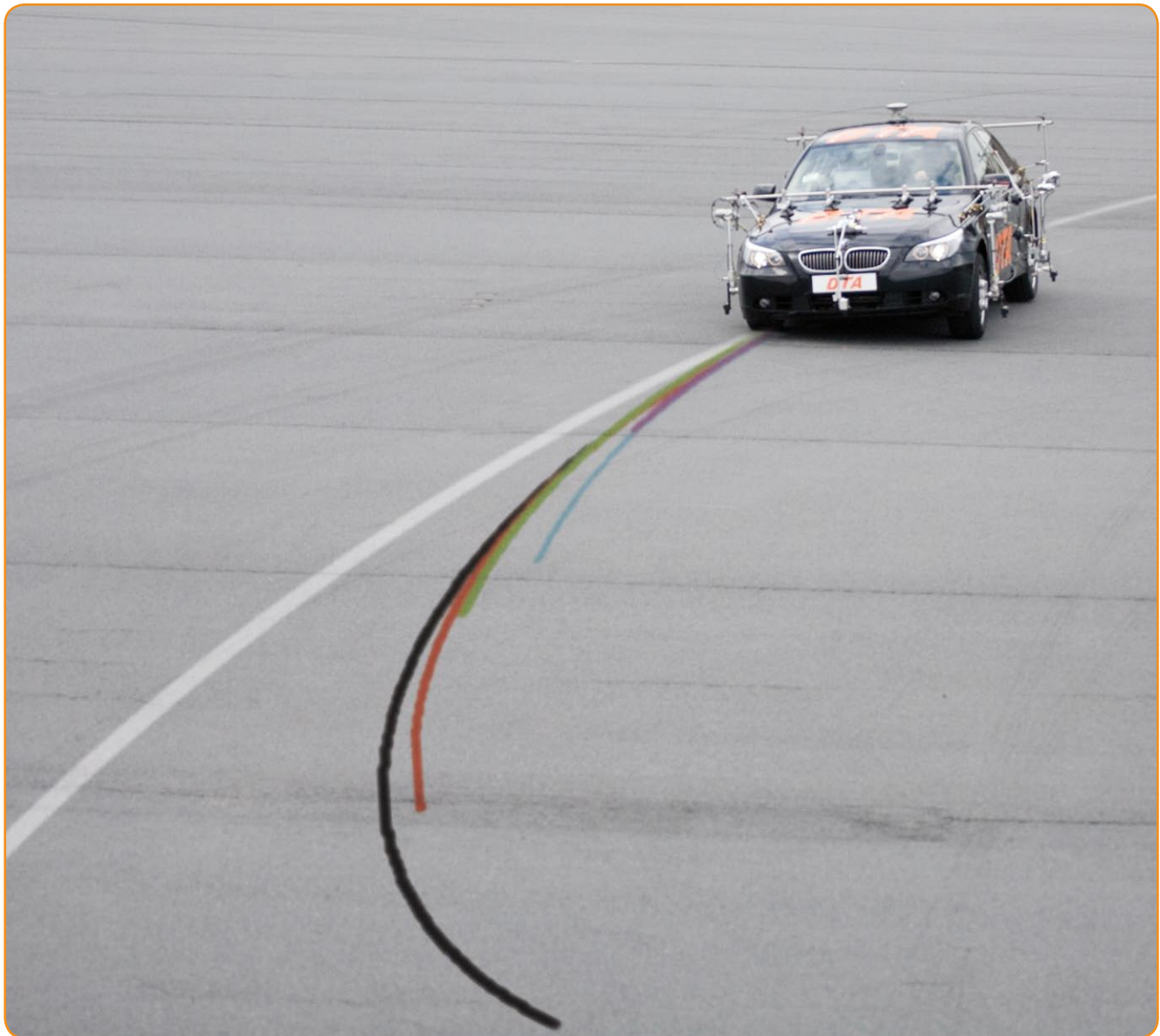
Die Abweichungen vom Referenzkreis mit dem Radius von 100 m bei einer Ausgangsbeschleunigung von 7 m/s^2 sind in dem Diagramm dargestellt und mit Zahlenwerten hinterlegt. Mit stark zunehmender Längsverzögerung nimmt die Abweichung im letzten Bereich exponentiell zu. Die zusätzlich angegebenen **Schwimmwinkel**, gemessen 1 s nach Bremsbeginn, bleiben in recht engen Grenzen und sind ein Maß für die bestehende **Fahrstabilität** und für die **gute Beherrschbarkeit des Fahrzeugs**.

Resümee

Nach Heissing/Ersoy tritt bei **Bremungen bis zu mittleren Verzögerungen** ein **maximales Giermoment** bei den durch die Radlastverlagerungen bedingten Veränderungen der Längskräfte in der Reifenaufstandsfläche auf. Durch die **höheren Radlasten** stellen sich ein reduzierter Schräglaufwinkel an der Vorderachse und ein erhöhter Schräglaufwinkel an der Hinterachse ein. Dadurch **verschiebt sich der Momentanpol** gegenüber der Lage im ungebremsten Zustand deutlich nach vorn und näher an das Fahrzeug, so dass sich ein **kleinerer Kurvenradius** ergibt.

Bei **maximaler Verzögerung** wird das Verhalten durch die Blockierreihenfolge der Räder und somit von der Bremskraftverteilung bestimmt. Bei vorhandenem ABS ist die Unterscheidung aber nicht mehr relevant.

Die Bewertung der Fahrzeugreaktion bezieht sich überwiegend auf die seitliche Abweichung vom zuvor eingehaltenen Referenzkurs und auf die Größe des auftretenden Schwimmwinkels und damit auf die Gierstabilität.



Mail: info@driveability-testing-alliance.com

Web: www.driveability-testing-alliance.com

DTA

GeneSys
Elektronik GmbH

TUV
SÜD
Automotive

CORRSYS
DATRON
Sensorysysteme GmbH

KISTLER
measure. analyze. innovate.

DEWETRON