



Mobile Ermittlung von topologischen Straßendaten für dynamische Prüfstandsversuche und Rechnersimulationen

Verkürzte Entwicklungszeiten, kundenorientierte Qualitätsverbesserungen sowie kostengünstige Entwicklungs- und Fertigungstechniken für Kraftfahrzeuge erfordern immer anspruchsvollere Prüfstandsversuche. Neben der Fahrdynamik ist die Zuverlässigkeit der Antriebseinheit über die gesamte Lebensdauer ein wesentliches Qualitätsmerkmal moderner Kraftfahrzeuge. Um diese auf dem Prüfstand zu erproben, sind möglichst genaue Topologiedaten der zu simulierenden Fahrstrecken erforderlich. Die Ford-Werke AG hat deshalb in Zusammenarbeit mit der Gesellschaft für Industrieforschung mbH (GIF) einen Messanhänger entwickelt, der prüfstandsrelevante Topologiedaten zentimetergenau erfasst. Damit ist der Automobilhersteller in der Lage, auf dem Prüfstand Kurvenradien und Fahrbahnneigungen in Längs- und Querrichtung realitätsnah zu simulieren.

I Einleitung

Globalisierung und verschärfter Wettbewerb konfrontieren die Automobilindustrie mit der Notwendigkeit zu kurzen Modellinnovationszyklen bei gleichzeitiger Ausweitung der Modellpalette. Eine unweigerliche Folge davon ist die Forderung nach neuen, stark verkürzten Entwicklungspro-

zessen bei gleichzeitiger Kostenreduzierung.

Im Entwicklungsprozess manueller Pkw-Getriebe liegt das Hauptaugenmerk neben der wirtschaftlichen Produktion auf komfortabler Schaltbarkeit, geringer Geräuschentwicklung sowie hoher Haltbarkeit. Diese Entwicklungsziele lassen sich nur über Versuche mit Gesamtgetrieben erreichen,

um die Wechselwirkungen der einzelnen Getriebekomponenten nicht zu vernachlässigen. In der Vergangenheit hat man dies größtenteils mit Fahrzeugtests realisiert.

Der neue Ford-Entwicklungsprozess (FPDS) sieht unter anderem eine Reduzierung der Anzahl von Fahrzeugprototypen und eine Verkürzung des Entwicklungszeitraumes durch kürzere Testzeiten vor. Dies macht eine weitgehende Verlagerung der Dauerhaltbarkeitstests für Getriebe von der Teststrecke auf den Prüfstand erforderlich [1]. Um Fahrzeugtests zu ersetzen, kommen dynamischen Prüfstandsversuchen und der Simulation von Fahrzeugtests größte Bedeutung zu. Erfolgsvoraussetzungen sind allerdings detaillierte Informationen über Fahrzeug, Motor, Fahrer, Testprozedur und Fahrstrecke.

Im Hause Ford sind derzeit folgende Systeme im Einsatz: Das Fahrsimulationsprogramm DSS (Drive Simulation System) [2] simuliert den gesamten Antriebsstrang und bietet die Möglichkeit, Last/Zeit-Funktionen und Lastkollektive für Getriebe und Differential zweiradangetriebener Kraft-

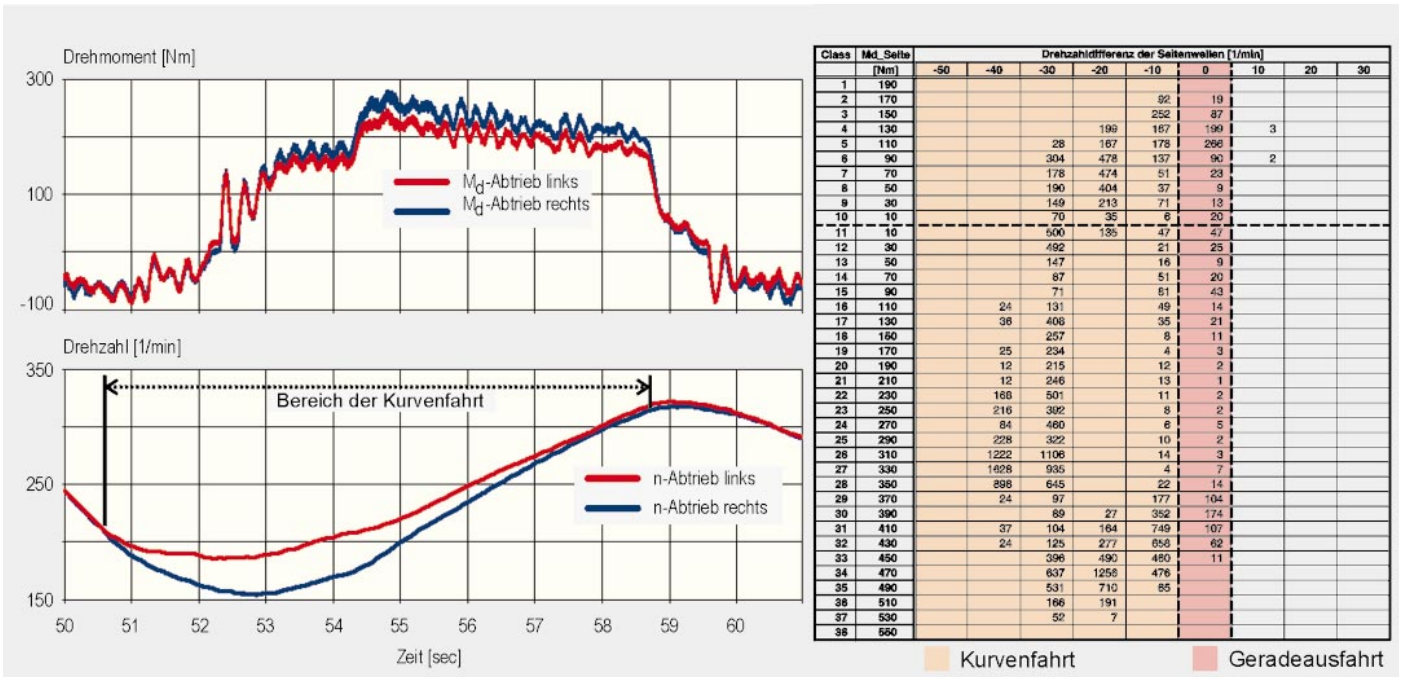


Bild 1: Einfluss der Kurvenfahrt auf das Lastkollektiv für das Differential (Verbunddichtekollektiv: Differenzdrehzahl und Abtriebsdrehmoment)

Figure 1: Effects from curve driving on differential gear load collective (Joint density spectra: Differential speed and output torque)

fahrzeuge zu berechnen. Für dynamische Dauerhaltbarkeitstests der Antriebskomponenten stehen die Getriebe- und Powertrain-Prüfstände [3] zur Verfügung.

Das Belastungsprofil eines Getriebes wird wesentlich durch die Fahrstrecke beeinflusst. So führt Kurvenfahrt zu einer Differenzdrehzahl an den Antriebsrädern, Steigungen und Gefälle verändern das Drehmomentkollektiv und die Schaltheufigkeit. Der vorliegende Bericht beschreibt nun ein neues Verfahren, das für Getriebeversuche relevante Fahrstreckendaten erfasst und sie in geeigneter Form für Prüfstandsversuche und Rechnersimulationen zur Verfügung stellt.

Es sind folgende Streckentopologiedaten zu ermitteln:

- Kurvenradius der Fahrbahn
- Fahrbahneigung in Längs- und Querrichtung
- zurückgelegte Wegstrecke.

Das Verfahren zur Ermittlung und Umsetzung dieser Topologiedaten gliedert sich in drei Schritte: Zunächst wird ein autark betreibbarer Messanhänger entwickelt, der unter anderem ein faser-optisches Kreiselsystem zur Datenaufnahme nutzt. Mit diesem Messanhänger nehmen die Projektmitarbeiter im nächsten Schritt die topologischen Streckendaten des Ford-Testgeländes im belgischen Lommel sowie öffentlicher Straßen auf. Abschließend werden die

ermittelten Daten für das Fahrleistungsprogramm und die Prüfstände aufbereitet.

2 Anforderungen an dynamische Prüfstandsversuche und Rechnersimulationen

Steigende Motordrehmomente und vor allem die Zunahme des Marktanteils von Dieselmotoren bringen Getriebe immer mehr an den Rand ihrer Belastungsgrenze. Um Getriebe richtig zu dimensionieren, müssen bei Prüfstandsversuchen und Rechnersimulationen sämtliche Einflussparameter der Getriebebelastung hochgenau reproduziert werden. Je mehr Kenntnisse man über die Streckentopologie in die Versuche einbringen kann, desto besser stimmt die aus der Simulation resultierende Last/Zeit-Funktion mit dem realen Verhalten überein, sodass weitgehend auf Fahrzeugtests verzichtet werden kann.

In der Vergangenheit standen für Rechnersimulationen und Prüfstandsversuche allerdings nur Streckentopologiedaten mit geringer Genauigkeit zur Verfügung. Die Ursache hierfür lässt sich auf einen Mangel an Informationen über die zu simulierenden Strecken zurückführen. Ist es für haus-eigene Teststrecken aufgrund vorliegender Baupläne noch bedingt möglich an solche Daten zu gelangen, so schwindet diese Möglichkeit bei öffentlichen Straßen.

Die Verfasser

Dipl.-Ing. Dieter Apold ist Leiter des Bereichs Automatisierungstechnik bei der GIF mbH in Aachen.



Dipl.-Ing. Heinz Wellmanns ist Leiter des Bereichs Berechnung bei der GIF mbH in Aachen.



Dipl.-Ing. Mario Sciuto ist Entwicklungsingenieur für die Dauerhaltbarkeit manueller Getriebe bei der Ford-Werke AG.



Dipl.-Ing. Ralph Hellmund ist Versuchsmethodenspezialist im Bereich Powertrain Testing bei der Ford-Werke AG.



Das Differential ist bei Frontantriebsfahrzeugen direkt in das Getriebe integriert. Weil Kurvenfahrten in der Vergangenheit nicht realitätsnah simuliert wurden, fand das Differential bei Prüfstandsversuchen zur Verifizierung der Dauerhaltbarkeit von Getrieben auch nur unzureichend Berücksichtigung. Durch die unterschiedliche Anzahl von Differentialüberrollungen beim gleichzeitigen Auftreten von Abtriebsdrehmoment und Differenzdrehzahl ergibt sich gegenüber dem realen Fahrzeugtest ein unterschiedliches Belastungskollektiv, **Bild 1**.

Das Drehmomentkollektiv für das Gesamtgetriebe, **Bild 2**, wurde bisher ebenfalls nur mit eingeschränkter Genauigkeit nachgebildet, da an den Getriebeprüfständen bislang keine hochfrequente Vorgabe von Steigung und Gefälle möglich war. Der Grund hierfür liegt darin, dass die entsprechende Sollwertvorgabe bisher in das Testprogramm integriert war. So konnte man pro Programmstufe nur einen Topologiedatensatz vorgeben. Weil die Testprogrammstufen aber mit relativ niedriger Frequenz abgearbeitet wurden, ließen sich Steigung und Gefälle nicht als stetige Funktion vorgeben; es kam zu Laststößen, die in realen Fahrzeugversuchen nicht auftreten. Des Weiteren waren dadurch auch Steigungen im Bereich weniger Meter nicht nachzubilden.

Die Prüfstände der neuesten Generation verfügen über einen separaten Streckeneditor. Er erlaubt einen von der aktuellen Testprogrammstufe unabhängigen Zugriff und somit die Vorgabe veränderlicher Topologiedaten pro Programmstufe, **Bild 3**. Die Simulation des Dauerhaltbarkeitstests auf dem Rechner (DSS) arbeitete schon in der Vergangenheit mit einem separaten, vom Testprogramm getrennten Streckeneditor. Mit genaueren Topologiedaten lässt sich schon vor dem Prüfstandstest auch die Aussage über die Bauteilbelastungen optimieren.

3 Lastenheft zur Topologiemessung

Es ist eine Messeinrichtung zur mobilen und fahrzeugunabhängigen Ermittlung von Streckentopologiedaten zu entwickeln. Sie soll universell, das heißt weltweit einsetzbar sein und die Messdaten online auf einem Bildschirm darstellen können. Die Unterbringung der Messeinrichtung auf einem Anhänger dient der Unabhängigkeit vom Zugfahrzeug. Für autarken Betrieb

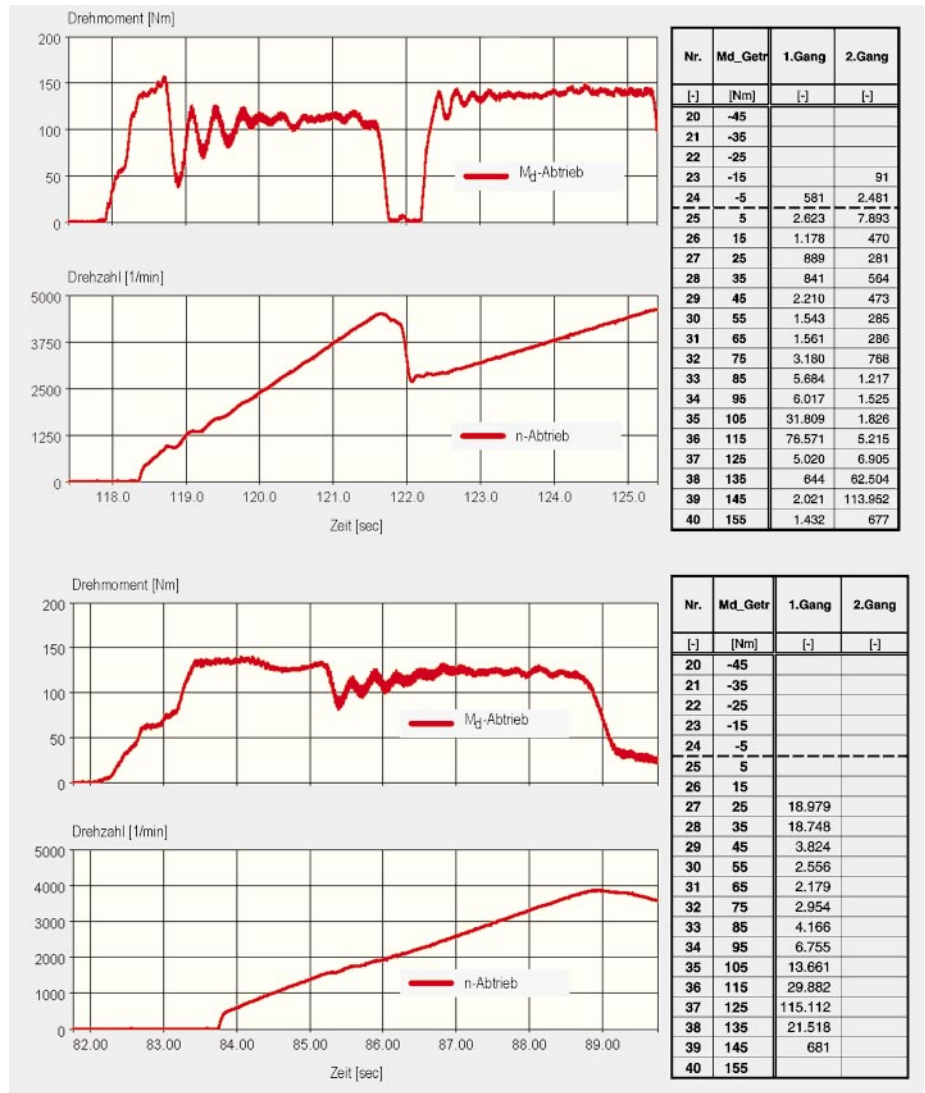


Bild 2: Einfluss der Steigung auf das Lastkollektiv für das Getriebe (Überrollungskollektiv: Getriebeeingangsdrehmoment; Anfahrvorgang: 1. in der Ebene und 2. am Berg)

Figure 2: Effects from upgrade driving on transmission load collective (revolution spectra: transmission input torque; start-up procedure: 1st plain and 2nd uphill)

sind Stromversorgung und Rechner ebenfalls dort zu installieren. Während der Messungen auf öffentlichen Straßen muss eine Mindestfahrgeschwindigkeit von 60 km/h möglich sein, damit Verkehrsbehinderungen ausgeschlossen sind. Wichtig für den uneingeschränkten Einsatz im Freien ist schließlich eine witterungs- und stoßresistente Ausführung des Messsystems.

Ziel ist es also, hochgenaue Informationen über die hauseigenen Teststrecken und öffentliche Straßen hinsichtlich folgender Kenngrößen zu erhalten und sie der Prüfstandssoftware und der Rechnersimulation zur Verfügung zu stellen:

- Fahrbahneigung in Längs- und Quer-

richtung: Der Messbereich für Längsneigungen (Steigungen, Gefälle) soll $\pm 30^\circ$, der für Querneigungen (zum Beispiel Steilkurven) $\pm 15^\circ$ betragen

- Kurvenradius der Fahrbahn: Für den Radius ist eine Genauigkeit von ± 1 m erforderlich
- zurückgelegte Wegstrecke: In Abhängigkeit der Messgeschwindigkeit soll die Schrittweite zur Aufnahme der genannten Daten 1 bis 5 cm betragen. Messungen müssen ohne Unterbrechungen für eine Dauer von zwei Stunden realisierbar sein. Des Weiteren ist das Setzen von Ereignismarkern vorzusehen. Sie dienen zum „Wiederauffinden“ bestimmter Ereignisse und unter anderem

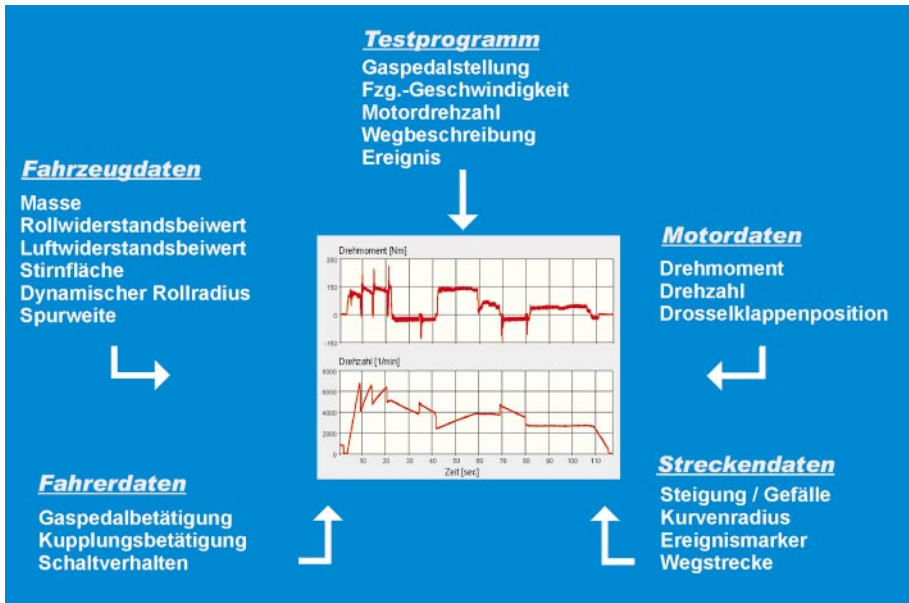


Bild 3: Konfiguration der Simulationsbausteine auf den Getriebe- beziehungsweise Powertrain-Prüfständen der neuesten Generation

Figure 3: Configuration of simulation components on new generation transmission or powertrain test benches

als Triggersignale für die Testprogramme auf dem Prüfstand und bei der Rechner-simulation.

somit auf einen zweiachsigen Anhänger mit Drehschemellenkung, der in Kombination mit Pkw-Zugfahrzeugen aber nur als Sonderanfertigung erhältlich ist. Die modifizierte Drehstabfederung erlaubt während der Datenaufzeichnung eine Blockierung der Federung, für den Transport zur Messstrecke jedoch normale Radeinfederbewegungen.

4 Realisierung der Topologiemessung

4.1 Vorstudien zum Einbauort der Messplattform

Im Rahmen von Vorstudien wurden verschiedene Lösungsansätze für die Positionierung einer Plattform für die Messtechnikkomponenten untersucht.

Bei einer Positionierung direkt im Messfahrzeug ist mit einer mangelnden Reproduzierbarkeit der Messergebnisse durch variierende Beladungszustände des Fahrzeugs zu rechnen. Der Einfluss von Front- und Heckantrieb auf den möglichen Einbauort der Radimpulsgeber erfordert eine aufwendige Installation und Anpassung an das jeweilige Fahrzeug. Eine Datenerhebung exakt mit dem jeweiligen Erprobungsfahrzeug bringt keine Vorteile, da eine Ermittlung der Kurvenradien bei Fahrzuständen im Grenzbereich kein sinnvolles Ergebnis liefert.

Ideal ist eine Plattform auf einem Messanhänger geeignet, die sich immer parallel zur Straßenoberfläche mitbewegt. Der Einsatz eines einachsigen Messanhängers lässt sich aufgrund seiner Aufbau-bewegungen sofort ausschließen. Die Wahl fiel

Die Serienbereifung 175R14C wurde durch eine Niederquerschnittsbereifung 175/50 R13 mit erhöhtem Luftdruck ersetzt, um auch die Einflüsse der Reifenfedersteifigkeit zu minimieren. Zusatzgewichte an Vorder- und Hinterachsen gewährleisteten ein sicheres Aufliegen auf der Fahrbahnoberfläche. Das Gesamtgewicht des Anhängers erlaubt sicheren Betrieb mit einem typischen Mittelklasse-Pkw als Zugfahrzeug.

Die Messtechnik ist in einem wasserdichten, stabilen Aufbau untergebracht. Innerhalb dieser Aluminiumboxen stehen nach allen Seiten plan ausgerichtete Montageplatten zur Verfügung, um eine möglichst genaue Übereinstimmung zwischen den Achsenlagen der Messtechnik und den Neigungsvektoren der Straßenoberfläche zu erhalten.

Bild 4 zeigt den Einbau der Mess- und Rechentechnik. Das Kreiselssystem ist direkt auf der ausgerichteten Montageplatte fixiert. Das Industrierechnersystem zur Ansteuerung der Systemkomponenten und Datenaufzeichnung wurde stoßgeschützt mit entsprechenden Dämpfungselementen isoliert montiert. Über eine separate Tastatur mit Bildschirm wird der Rechner direkt aus dem Zugfahrzeug bedient.

In der zweiten, mit Zu- und Abluftkanälen modifizierten Aluminiumbox befindet sich ein Notstromaggregat, das das gesamte

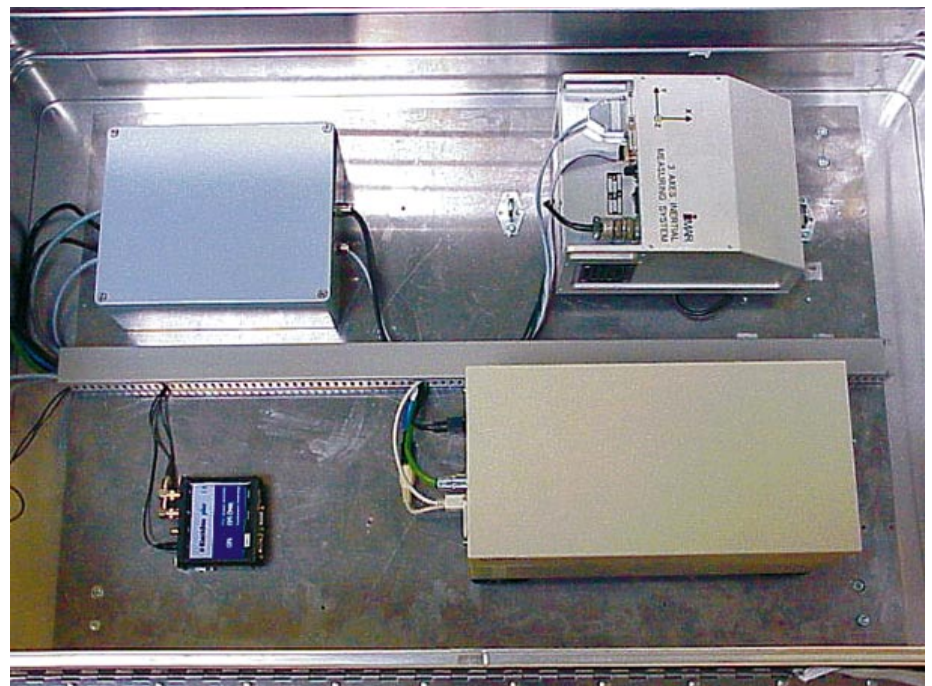


Bild 4: Inertiales Messsystem DIS-FP der Fa. iMAR inkl. DGPS Empfänger, Steuerrechner

Figure 4: Inertial measurement system from iMAR / Germany in, DGPS receiver, computer control system

System mit Energie versorgt. Im Vergleich zu Akkumulatoren stellt es sofortigen Einsatz, höhere Verfügbarkeit und lange Messzeiten sicher. So stellen sich außer einer Anhängervorrichtung keine besonderen Anforderungen an die Elektrik des Zugfahrzeugs.

4.2 Voruntersuchungen mit dem Differential Global Positioning System

Bei der Projektierung des Topologiemesssystems wurden zunächst Untersuchungen mit verfügbaren Satellitennavigationssystemen durchgeführt. Hierfür sind nicht nur die theoretisch erreichbaren Genauigkeiten unter Idealbedingungen bei freier Sicht der Empfangsantenne zum Satelliten von Bedeutung, sondern ebenso der reale Praxisbetrieb bei teilweiser Satellitenabschattung durch Häuserzeilen und Straßenbepflanzung.

In [4] wurde eine Studie zur Systemgenauigkeit von kommerziellen Diensten des Differential Global Positioning System (DGPS) im Hinblick auf ihre Anwendbarkeit in Geoinformationssystemen durchgeführt. Im Vergleich zu reinem GPS mit Positionsgenauigkeiten zwischen 30 und 100 m, sind mit DGPS durch Differenzmessung deutlich höhere Genauigkeiten erzielbar. Die Differenzmessung mit eigener Referenzstation findet hauptsächlich im geodätischen Bereich Verwendung und führt mit einigem Aufwand zu Genauigkeiten im Zentimeterbereich. Ein erheblicher Nachteil solcher Systeme liegt in der begrenzten Reichweite im Kilometerbereich. Längere Strecken lassen sich nur abschnittsweise mit unverhältnismäßig hohem Aufwand vermessen.

Seit Ende 1996 stehen bundesweit allgemein zugängliche DGPS-Korrekturdaten zur Verfügung (System „ALF“ der Deutschen Telekom AG). In Verbindung mit geeigneten DGPS-Empfängern wurden in der genannten Studie Systemgenauigkeiten von unter 3 m ermittelt. Darüberhinaus stehen weltweit weitere kommerzielle Dienste zur Verfügung, die Korrekturdaten liefern.

Die im Rahmen dieses Projektes mit verschiedenen DGPS-Empfängern durchgeführten Messungen bestätigen die angeführte Studie. Zur Ermittlung der Lagekoordinaten in der Ebene liefern die Systeme im ersten Ansatz hinreichend genaue Ergebnisse. Jedoch erwiesen sich die Höheninformationsdaten für die Berechnung der Steigung beziehungsweise des Gefälles als zu

ungenau und schlecht reproduzierbar. Deshalb wurden auch deutlich genauere DGPS-Systeme untersucht, die neben der Codemessung eine Trägerphasenmessung durchführen. Hier liegen die Grundgenauigkeiten bei 30 cm in der Ebene mit Datenraten bis 10 Hz. Damit lässt sich eine Strecke bei einer Abbildung von Stützpunkten im Abstand von 1 m im Idealfall mit bis zu 30 km/h abtasten. Da die Trägerphasenmessung jedoch eine deutlich höhere Zahl gleichzeitig verfügbarer Satelliten erfordert, kommt es in der Praxis zu langen Signalausfällen, bis die Systeme sich auf eine andere Satellitenkonstellation ausgerichtet haben.

Mit der satellitengestützten Navigation sind also beachtliche Genauigkeiten erreichbar, man muss jedoch für die stationäre Bestimmung der Straßentopologie beliebiger Messstrecken zusätzliche Messsysteme hinzuziehen.

4.3 Inertialmeßsystem DIS-FP von iMAR GmbH

Da die abschnittsweise quasistatische Topologiebestimmung der Messstrecken zu einem wirtschaftlich nicht vertretbaren Aufwand führt und im öffentlichen Straßenverkehr nicht ohne Streckenspernung realisierbar ist, sind einfache gravimetrische Messsysteme nicht einsetzbar.

Alternativ bieten sich Kreiselssysteme an, die im Automobilbereich hauptsächlich bei Fahrdynamikuntersuchungen zum Einsatz kommen. Da die Systeme dabei nur sehr kurzen Messzeiten unterliegen, muss man für den vorliegenden Einsatzfall zunächst

die möglichen Messfehler für längere kontinuierliche Messungen ermitteln. Dazu zählt der BIAS-Fehler (in deg/h), das heißt die scheinbare Drehrate, die der Sensor in Ruhe anzeigt. Darüber hinaus geht die Erddrehrate mit bis zu 15,04 deg/h in die Messung der Drehratensensoren als Fehlsignal ein, je nach Ausrichtung gegenüber der Nord-Süd-Achse der Erde. Das Messrauschen und der Skalenfaktorfehler der Sensoren führen zu weiteren Messunsicherheiten.

Heute sind Faserkreiselssysteme mit Drehraten bis ± 800 deg/s erhältlich, die bei Auflösungen besser als 0,0005 deg/s einen BIAS-Fehler < 3 deg/h bieten. Für Nick-, Wank- und Kurswinkel ergeben sich damit Genauigkeiten von 0,05 deg. Trotz dieser hohen Grundgenauigkeiten ergibt sich durch die Integration der Drehraten zu Winkeln und der Beschleunigungen zu Geschwindigkeiten durch Messrauschen und Drift der Sensoren ein mit zunehmender Messzeit anwachsender Messfehler. Nach einer Messzeit von circa 10 min wird das vorgegebene Fehlertoleranzband verlassen, sodass eine Unterbrechung mit Neuausrichtung des Systems erforderlich ist. Ohne eine externe Stützung des Systems durch weitere Messsysteme ist deshalb auch das inertielle Messsystem für die kontinuierliche Vermessung der Streckentopologie allein nicht geeignet.

4.4 Realisierung der Messplattform

Mit den Ergebnissen der Voruntersuchungen hat die GIF ein Gesamtsystem erstellt, das durch Verknüpfung der Einzelsysteme



Bild 5: Messsystem mit Zugfahrzeug an einer Gefällestrücke (GIF-Testzentrum Alsdorf)

Figure 5: Measuring system with towing vehicle on downgrade section (GIF Test Centre, Alsdorf)

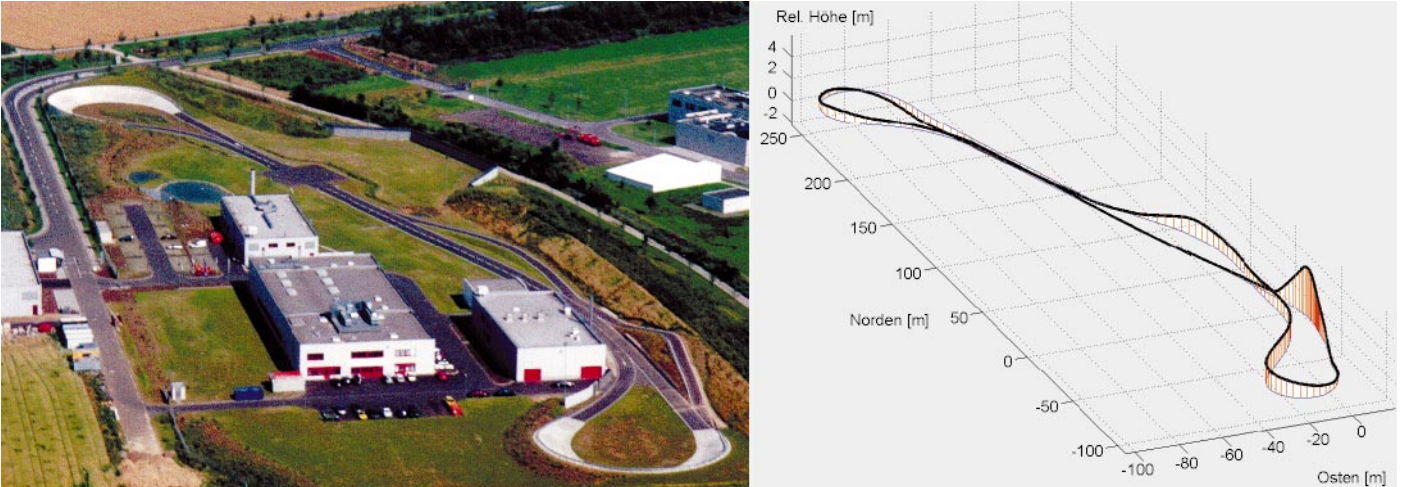


Bild 6: Vermessung eines Rundkurses (GIF-Testzentrum Alsdorf) mit iMAR-Inertialmeßsystem DIS-FP

Figure 6: Measurement of a closed-loop test track (GIF test centre, Alsdorf) using iMAR's inertial measurement system DIS-FP

das Pflichtenheft in vollem Umfang erfüllt. Es besteht aus einem inertialen Messsystem mit drei Closed-loop-Faserkreisläufen, drei Servo-Beschleunigungsaufnehmern sowie externer Stützung durch DGPS-Daten und Wegebersignale.

Der ins Messsystem integrierte Pentium-Prozessor kompensiert mit Hilfe der externen Stützdaten in Echtzeit Erddrehrate, Erd-

schwere und die Drift des Gesamtsystems. Damit ist die Messdauer nicht mehr eingeschränkt. Das externe Stützprinzip wird in [5] beschrieben. Eine Drift auf dem Rollkreislauf führt zum Beispiel zu einem Rollwinkelfehler, der wiederum mit zunehmender Messzeit einen ansteigenden Fehler bei der Erdschwerekompensation der Querschleunigung verursacht. Sind aber durch externe Stützung die Fahrzeuglängsge-

schwindigkeit und die Kursdrehrate bekannt, lässt sich aus der Schätzung des Erdschwerekompensationsfehlers der Rollwinkelfehler aufgrund der Kreiseldrift bestimmen und korrigieren. Entsprechend verfährt man bei Nick- und Gierachse.

Für die Odometer-Stützung kommen bei der beschriebenen Plattform Radimpulsgeber mit Auflösungen von 2000 Impulsen

pro Umdrehung zum Einsatz. Die Stützung des Anfangskurswinkels sowie eine kontinuierliche Korrektur gewährleistet ein DGPS-System mit Codeauswertung und Korrekturdateneinspeisung über Langwelle (ALF).

Bild 5 zeigt den realisierten Messanhänger mit Zugfahrzeug auf einer 20-%-Gefällestrecke. Das Gesamtsystem liefert mit einer Abtastrate von bis zu 250 Hz folgende Streckendaten: Kurvenradius, Steigung/Gefälle, Wankwinkel, Nickwinkel, Kurs-

winkel, Positionsdaten in der Ebene und die Höhenlage des Fahrzeugs.

4.5 Ergebnisbetrachtung

In **Bild 6** sind die topologische Vermessung eines kleinen Rundkurses mit bekannten Streckendaten und eine Luftaufnahme zu sehen. Die Analyse der Ergebnisse belegt eine zentimetergenaue Reproduzierbarkeit der Streckendaten. Neben den mit 30° überhöhten Steilkurven werden die Steigungs- und Gefällestecken von 12 % und 20 % exakt aufgelöst, aber auch Abschnitte mit geringen Fahrbahnneigungen von 2 % beziehungsweise 4 % sehr gut wiedergegeben.

Bild 7 zeigt eine 3D-Auswertung einer Streckenvermessung auf dem Ford-Testgelände in Lommel. Auch hier sind die ermittelten Streckendaten sehr gut reproduzierbar. Sie stehen bei einer mittleren Fahrgeschwindigkeit von 40 km/h in Abständen von jeweils 4 cm Streckenlänge zur Verfügung.

Durch die hohe Anzahl von Messpunkten erfasst das System auch die kontinuierlichen Übergänge beim Einlenken in Kurven und Befahren von Steigungs- und Gefällestecken, sodass optimale Bedingungen für die transparente Umsetzung auf Prüfständen gegeben sind.

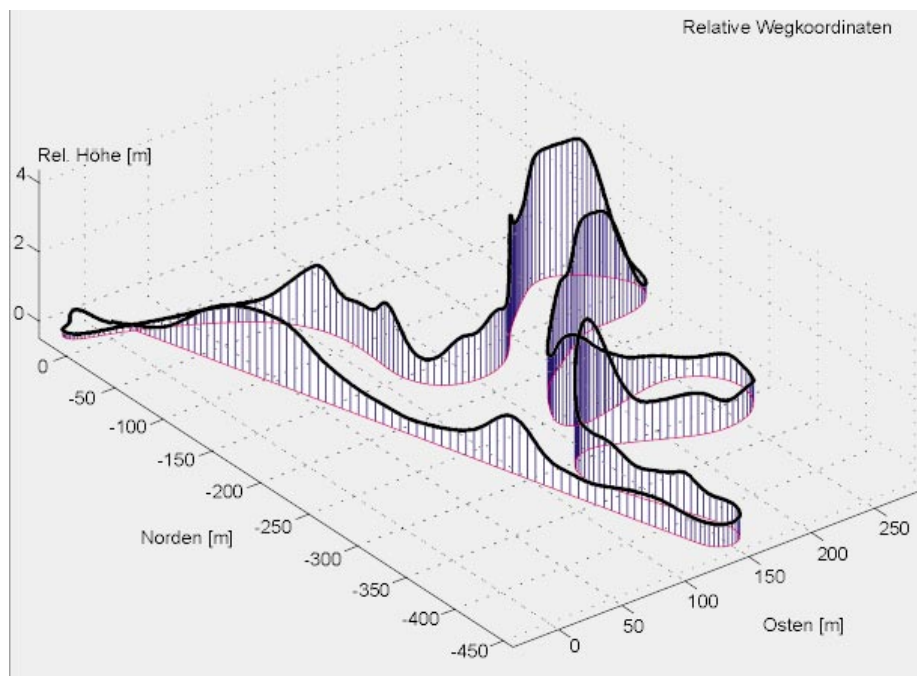


Bild 7: Streckenvermessung auf dem Ford-Testgelände in Lommel

Figure 7: Test track measurement at the Ford test area, Lommel proving ground



Bild 8: Fahrstreckensimulation, realisiert auf einem Powertrain-Prüfstand

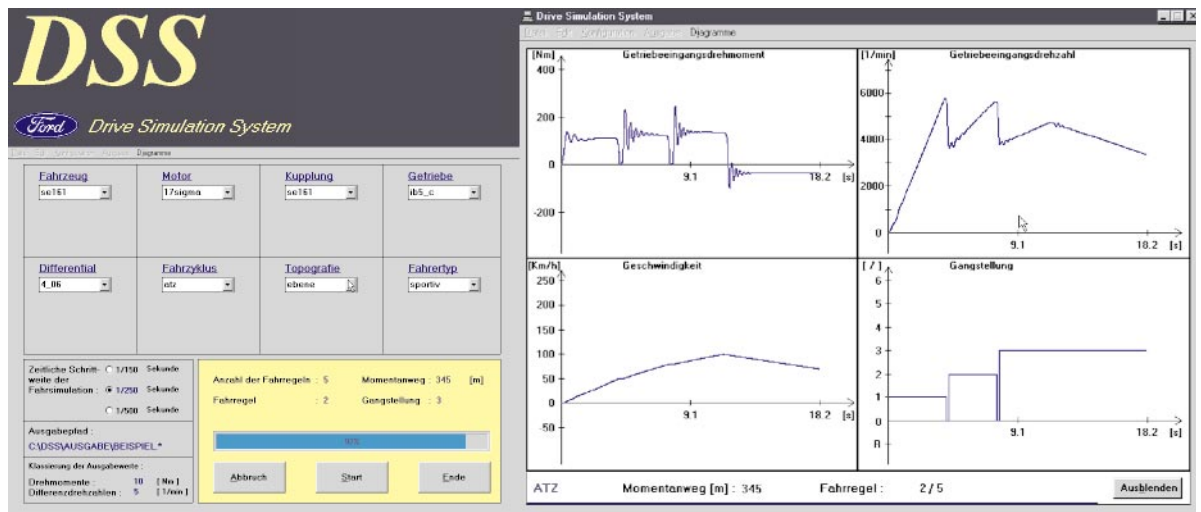
Figure 8: Test track simulation, conducted on a powertrain test bench

5 Datenimplementierung in Prüfstandssoftware und Rechnersimulation

Die ermittelten Topologiedaten können nun in den Streckeneditor der Prüfstandsautomatisierung eingelesen und dem Prüfstand, **Bild 8**, in äquidistanter Form zur Verfügung gestellt werden. Das Prüfstandsautomatisierungssystem greift im Testbetrieb hochfrequent auf diese Daten zu. Unter Berücksichtigung der Spurweite des zu simulierenden Fahrzeuges rechnet ein spezieller Algorithmus die Werte für Kurvenradien geschwindigkeitsabhängig in Differenzdrehzahlen an den Abtriebsmaschinen um und überlagert die Ergebnisse den übrigen Vorgaben der Fahrwiderstandssimulation. Die Werte für Steigungen und Gefälle gehen hierbei direkt in die Drehmomentvorgabe der Fahrwiderstandssimulation ein, **Bild 3**. Auf dem Prüfstand resultiert daraus eine Last/Zeit-Funktion, die der des Fahrzeugtests entspricht. Beim Fahrleistungsprogramm, **Bild 9**, ersetzt ein automatisierter Prozess die bisherige manuelle Eingabe von Topologiedaten.

Bild 9: Beispiel für eine Last/Zeit-Funktion, generiert durch das Fahr-simulationsprogramm (DSS)

Figure 9: Example of a load/time function, generated by the drive simulation system (DSS)



6 Zusammenfassung

Der Beitrag behandelt die Einflüsse von Kurvenfahrten und Steigungen auf die Beanspruchung manueller Fahrzeuggetriebe. Das darauf basierende Anforderungsprofil für Prüfstandsversuche und Rechnersimulationen setzt genaue Kenntnis der Straßentopologie voraus. Das Autorenteam stellt den zur Datenermittlung entwickelten Messanhänger, die entsprechenden Messverfahren sowie die daraus resultierenden Ergebnisse vor. Diese sind in die Software der Prüfstandsautomatisierung und der Rechnersimulation eingeflossen.

Somit lassen sich Fahrten über Strecken mit unterschiedlichsten Topologieformen dynamisch und hochgenau simulieren.

Literaturhinweise

- [1] Hellmund, R.; Sciuto, M.: Road to Rig - Transfer von Fahrzeugtesten ins Labor. Aachener Kolloquium für Fahrzeug- und Motorentechnik 1998
- [2] Kurtzke, A.: DSS, Erstellung eines Fahr-simulationsprogrammes zur Lastkollektivvermittlung im Kraftfahrzeugantriebsstrang, Diplomarbeit, Köln 1996
- [3] Voigt, K.U.: New Transmission and Powertrain Durability Testing Facility. Global Powertrain Congress 1999, Stuttgart

- [4] Thaler, M.: Untersuchungen zur Genauigkeit von Messungen im Global Positioning System (GPS) mit dem Echtzeit Positionierungs-Service (SAPOS EPS), Diplomarbeit am Fachbereich für Vermessungswesen und Kartographie der Fachhochschule München, 1998
- [5] von Hinüber, E.: DIS-Meßsystem zur inertialen kinematischen Vermessung, Technische Systemdokumentation, iMAR GmbH, St. Ingbert, 1999 <http://www.imar-navigation.de/index.htm>

ATZ
worldwide

You can read the English version of this article in **ATZ worldwide**.

Subscription Hotline:
++49 / 6 11 / 78 78 151