



## Festigkeitsabsicherung von Sperreinrichtungen in Pkw-Getrieben

© Bertrand

Ruhe als Sonderfall der Bewegung beschreibt treffend den Aktionsbereich der Getriebe-Parksperrung – ein im Verhältnis zu seiner funktionalen Relevanz oft unterschätztes Bauteil im Antriebsstrang. Um Personen- und Sachschäden zu vermeiden, ist eine fehlerfreie Funktionsweise der Parksperrung über die gesamte Fahrzeugnutzungsdauer sicherzustellen. Bertrand setzt daher auf umfassende Prüfungen während der Produktentwicklung.

### SPERRMECHANISMUS IN JEDER ABSTELLPOSITION WICHTIG

Die StVO regelt in § 14 Absatz 2 die Sorgfaltspflichten des Autofahrers beim Aussteigen und Parken seines Fahrzeugs wie folgt: „Wer ein Fahrzeug führt, muss die nötigen Maßnahmen treffen, um Unfälle oder Verkehrsstörungen zu vermeiden, wenn das Fahrzeug verlassen wird. Kraftfahrzeuge sind auch gegen unbefugte Benutzung zu sichern.“ Die internatio-

nalen Regelungen [1] sehen zum Teil deutlich konkretere Pflichten für den Fahrzeugführer und -hersteller vor.

Im Rahmen der Komfortauslegung jüngster Fahrzeuggenerationen übernehmen beim Verlassen des Fahrzeugs diverse Software-Schattenfunktionen die Sicherung gegen unbeabsichtigtes Wegrollen oder Diebstahl des geparkten Pkws. Neben der heute oft elektronisch zugestellten Handbremse kommt bei Fahrzeugen mit Wandler-Automatik-

getriebe, Doppelkupplungsgetriebe oder Elektroantrieb eine automatisierte Getriebesperreinrichtung (im Folgenden: Parksperrung) zum Einsatz. Die Parksperrung stellt im Drehmomentpfad des Fahrzeugabtriebsstrangs einen Kraftschluss zwischen Reifen-Straßenkontakt und Karosserie-Abtriebsstrangaufhängung her. Um diesen Sperrmechanismus in jeder Abstellposition des Fahrzeugs gesichert zur Anwendung zu bringen, wird üblicherweise eine Klinkensperre, **BILD 1**, unter

## AUTOREN



**Dipl.-Ing. (FH) Philipp Zimmer** ist Teamleiter für Entwicklung Getriebe/Triebstrang bei der Bertrandt AG in München.



**Dipl.-Ing. Thomas Krabatsch** ist Abteilungsleiter für Motormechanik/Triebstrang bei der Bertrandt AG in München.



**Matthias Rühl** ist Fachbereichsleiter Powertrain/Fahrwerk bei der Bertrandt AG in Ehningen.

Berücksichtigung der Übersetzungsverhältnisse im Getrieberadsatz so platziert, dass sich eine günstige Auswirkung auf Einrastgeschwindigkeit, Nachrollweg, Werkstoffbelastung und Entriegelungssicherheit ergibt.

Aufgabe der Triebstrangentwicklung im Bereich der Parksperre ist es, sowohl die Software- und Elektronikfunktionen als auch die mechanische Grundverriegelung im Getriebe auf lebenslange Nutzungsdauer auszulegen und abzusichern.

### HERKÖMMLICHE PRÜF- UND ABSICHERUNGSVERFAHREN

Für die Funktionsabsicherung der Parksperre ist der finale Fahrzeugversuch unerlässlich. Nur er liefert richtige und unbestreitbare Ergebnisse.

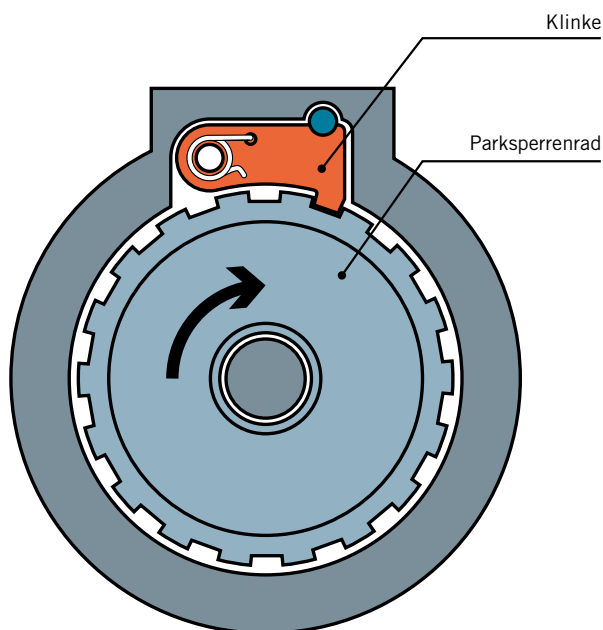
Jedoch erfolgen dabei die Absicherungen im weit fortgeschrittenen Produktentwicklungsprozess, sodass etwaige Auffälligkeiten zur Funktionalität oder Dauerhaltbarkeit für einen termingerechten Fahrzeugserienanlauf womöglich zu spät erkannt werden. Zusätzlich ist er mit Risiken für Mensch, Umwelt und Fahrzeugaufbau verbunden. Erwähnt sei an dieser Stelle etwa eine über mehrere Wochen durchgeführte Dauerfestigkeitserprobung zu 30.000 Ein- und Auslegesyklen am Steigungshügel oder die Durchführung eines Fahrzeugmiss-

brauchstests zur Erprobung der mechanischen Sperrklinken-Abweisfunktion bei hoher Fahrgeschwindigkeit.

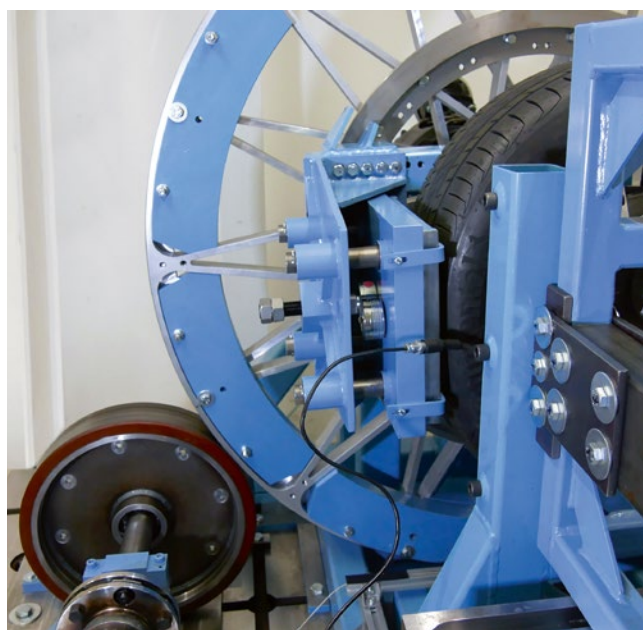
Bei den derzeit genutzten vorgeschalteten Entwicklungs- und Prüfverfahren auf Komponentenprüfständen liegt die Schwierigkeit der Berücksichtigung des Zusammenspiels aller beteiligten Komponenten im Fahrzeugantriebsstrang, zum Beispiel bei Phänomenen zur Elastizität, Massenträgheit oder Spielbehaltung aus dem Fahrzeuggesamtverbund. Berücksichtigt man die Tatsache, dass im Augenblick der Verriegelung die restliche Bewegungsenergie im Feder-Masse-Systemverbund ausschlagen und gegebenenfalls ein ungewolltes Wiederauslegen der Sperreinrichtung provozieren kann, bedarf gerade diese Funktionsentwicklung zur unteren Einrastgeschwindigkeit (Aus- und Anrollen) einer Betrachtung des gesamten Abtriebsstrangs inklusive Fahrzeugmasse und Straßenkontakt.

### DIE STRASSE AUF DEM PRÜFSTAND

Die Besonderheit des hier vorgestellten Prüfstandskonzepts stellt die Krafteinleitung in den Prüflingsaufbau über die Radaufstandsfläche des originalen Fahrzeugreifens dar. Dazu wird eine Asphaltstempelfläche auf die Reifenoberfläche gedrückt, **BILD 2**, um den Reifenlatsch



**BILD 1** Als Sperrmechanismus für Getriebesperren kommen üblicherweise Klinkensperren zum Einsatz (© Bertrandt)



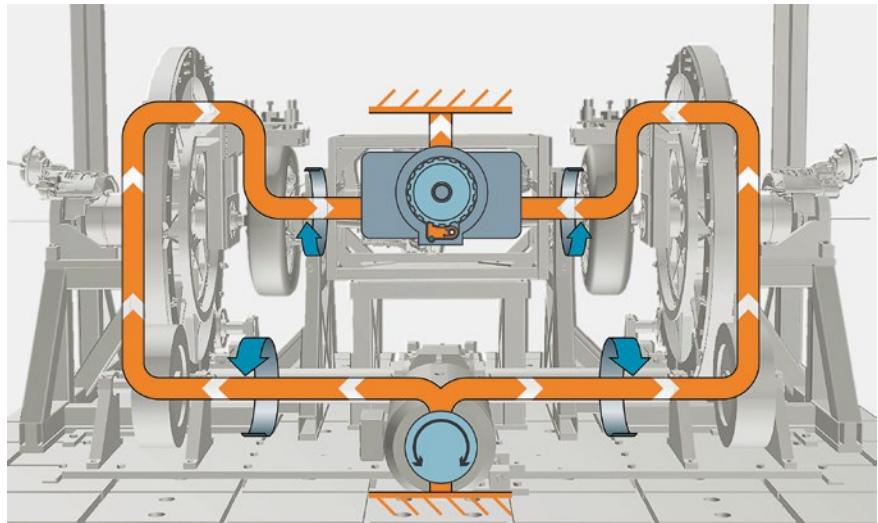
**BILD 2** Der Asphaltstempel wird auf die Reifenoberfläche gedrückt und stellt damit den Reifenlatsch entsprechend Fahrzeugachslast, Radsturz und Reifenfülldruck nach (© Bertrandt)

entsprechend Fahrzeugachslast, Radsturz und Reifenfülldruck nachzustellen. Im Prüfbetrieb schleppt dieser Asphaltstempel über bestehenden Reibschluss in der Reifenauflandsfläche das Fahrzeugrad drehzahlgleich mit. Letztlich dreht sich die Straße mit dem Reifen. Das maximal auftretende Prüfmoment ist über die Schlupfgrenze des eingestellten Asphaltstempels auf die Reifenauflandsfläche begrenzt. Dadurch ist sichergestellt, dass nie mehr Drehmoment auf den Prüfling einwirkt, als ein haften der Fahrzeugreifen im realen Straßeneinsatz aufbauen kann.

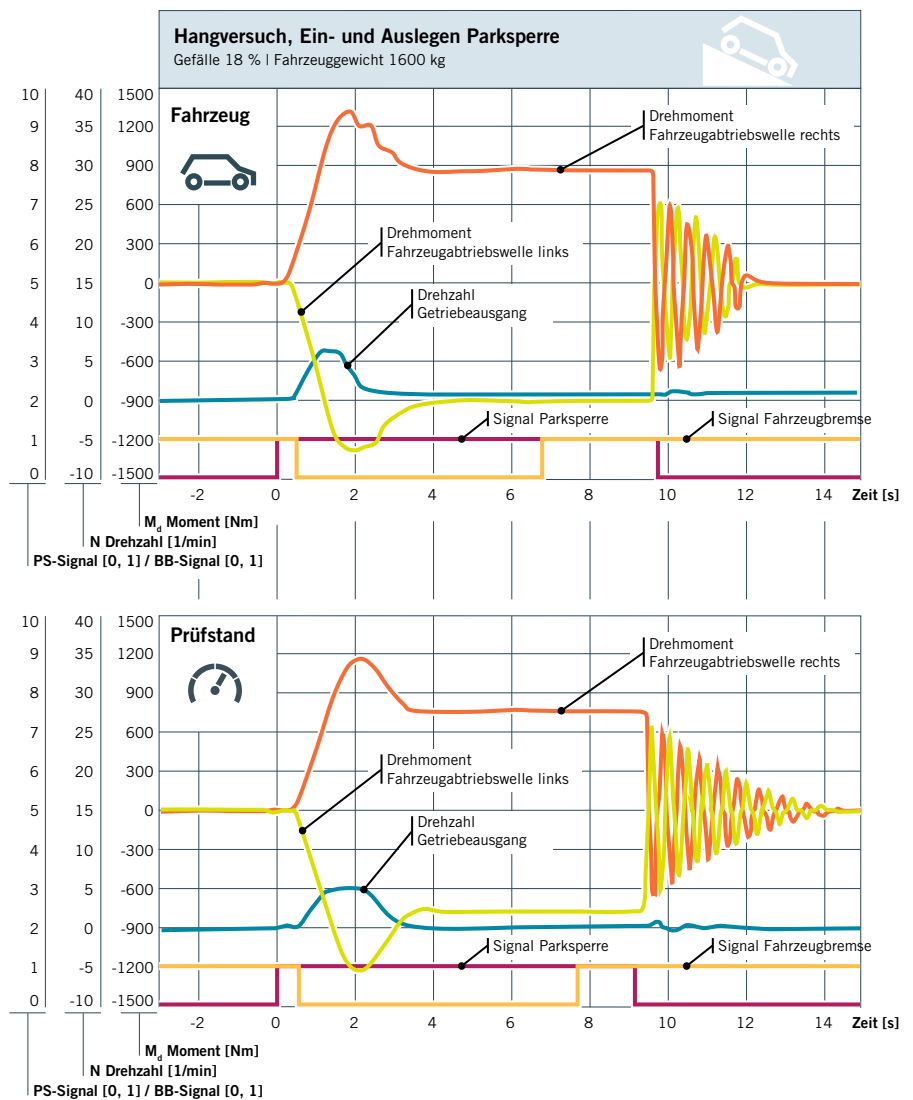
Durch die starre Kopplung der gesamten Prüfstandsantriebseinrichtung an das rechte und linke Fahrzeugrad ist ein synchroner Lauf der beiden Fahrzeugräder, deckungsgleich mit einem Fahrzeug-Geradeauslauf im Straßenbetrieb, gesichert (Straßen-Radkopplung).

Auf einem 8-m<sup>2</sup>-Stahlnutenfeld mit einer Gesamtmasse von 14 t ist der Gesamtprüfstand auf einem schwingungsgedämpften Fundament montiert. Der Prüfstandsantrieb erfolgt über einen drehzahl- oder drehmomentgesteuerten 30-kW-Drehstrom-Elektromotor, der über ein integriertes Verteilergetriebe (Kegelradgetriebe  $i=7,54$ ) Prüfdrehzahl und -moment auf zwei Antriebswellen symmetrisch aufteilt. Die beiden Antriebswellen wiederum treiben über eine Reibradpaarung jeweils ein großes Schwungrad ( $i=3,2$ ) an, das den Asphaltstempel trägt. Auf diese Weise erreicht der Prüfstandsantrieb ein maximales Gesamtprüfmoment aus dem Stand zu 4500 Nm.

Die Fahrzeugräder sind mit originalen Fahrzeugabtriebswellen, Radlagern, Bremseinrichtung, Schraub- und Steckverbindungen am Fahrzeuggetriebe montiert. Das Fahrzeuggetriebe ist an den vorgesehenen Aufhängungspunkten mit originalen Dämpfungslagern am Prüfstands Aufbau fixiert. Die Schnittstellen der Prüfstandsanbindung für Radlager, Bremssattel und Getriebelager sind hochsteif ausgelegt. Die Getriebe-parksperrung wird über den originalen Aktuator angesteuert. Bei eingeleger Parksperrung stützt sich das über den Fahrzeugreifen eingebrachte Prüfmoment am Getriebegehäuse und weiterhin über die Getriebeaufhängungspunkte am Prüfstand ab, womit der Drehmomentpfad geschlossen ist, **BILD 3**. Bei Fahrzeugantrieben mit Elektromotor wird zur ganzheitlichen Abbildung des Feder-Masse-



**BILD 3** Getriebe-Parksperrprüfstand: Bei eingeleger Parksperrung stützt sich das über den Fahrzeugreifen eingebrachte Prüfmoment am Getriebegehäuse und weiterhin über die Getriebeaufhängungspunkte am Prüfstand ab, womit der Drehmomentpfad geschlossen ist (© Bertrandt)



**BILD 4** Der abgebildete Versuch beschreibt eine Park- und Wiederanfahrtsituation im Gefälle (© Bertrandt)

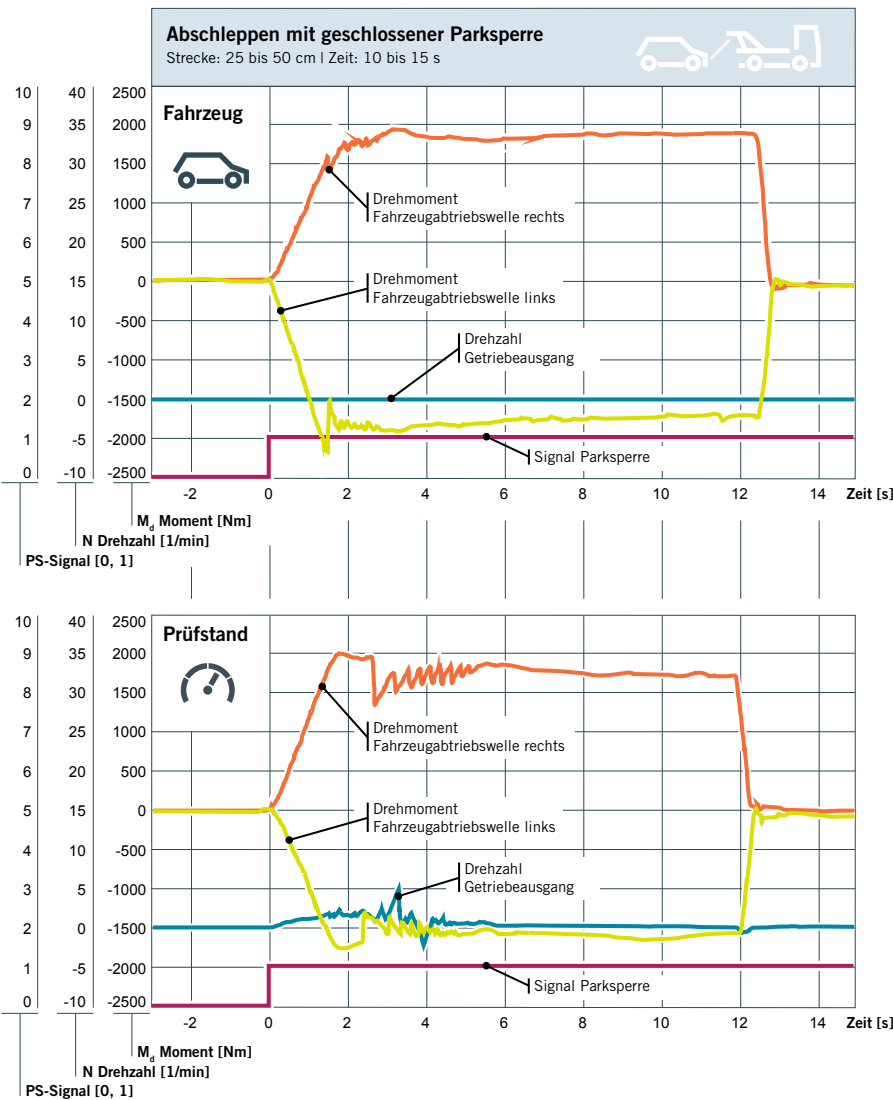


Systems eine Rotor-Ersatzmasse an der Getriebeeingangswelle angebunden.

Bei einer Verriegelung der Parksperr im Drehbetrieb wird der gesamte Prüfaufbau schlagartig am Weiterdrehen gehindert. Zu diesem Zeitpunkt bestehende rotatorische Systemenergie kann dadurch nur über ein reibungsbehaltetes Ausschwingen des Prüfaufbaus, einer plastischen Verformung bis hin zum Bruch eines kraftführenden Bauteils oder Gleitreibung in der Reifenauflandfläche abgebaut werden. Zur Nachstellung der auftretenden Kräfte bei einem realen Fahrzeugmanöver im Straßenbetrieb wird das translatorische Energiepotenzial der Fahrzeuggesamtmasse in rotatorische Energiepotenziale am Außenumfang der Prüfstandsschwungräder in Form von

Zusatzgewichten angebracht. Mit einer maximalen Zuladung von 100 Einzelgewichten zu je 4,5 kg kann so ein Fahrzeugespann von bis zu 5000 kg abgebildet werden.

Messtechnisch werden die auftretenden Momente im Abtriebsstrang über auf den beiden Fahrzeugabtriebswellen applizierte Dehnmessstreifen aufgenommen und durch Telemetrietechnik an den Messverstärker übermittelt. Die Prüfdrehzahl- und drehrichtung wird an mehreren Punkten mit Induktivdrehzahlsensoren hochfrequent aufgezeichnet. Daraus wird eine Drehzahl-Drehmoment-Zeit-Kurve erstellt. Zudem werden die Temperaturen von Kühlluft, Schmierstoff und Bauteilen wie Lagersitz, Platinen etc. aufgezeichnet. Für funktionale Sonderuntersuchungen an Lagerpunkten, Aktuatorik oder dem



**BILD 5** Der abgebildete Versuch beschreibt eine Abschleppsituation mit eingelegerter Parksperr (© Berndt)

Sicherungsringe | Formfedern | Stanzteile | Feinstanzteile | Ventile | Drahtbiegeteile  
 Systemtechnik | Dreh-/Frästeile | Druckgussteile | Rohrbiege-/Rohrumformteile | Parksperrsysteme



HÖCHSTE PRÄZISION IN METALL.  
[www.hugobenzing.de](http://www.hugobenzing.de)



# 120

J A H R E

SEIT 1898 DER ANTRIEB VON AUTOMOBIL- UND FAHRZEUG-TECHNIK

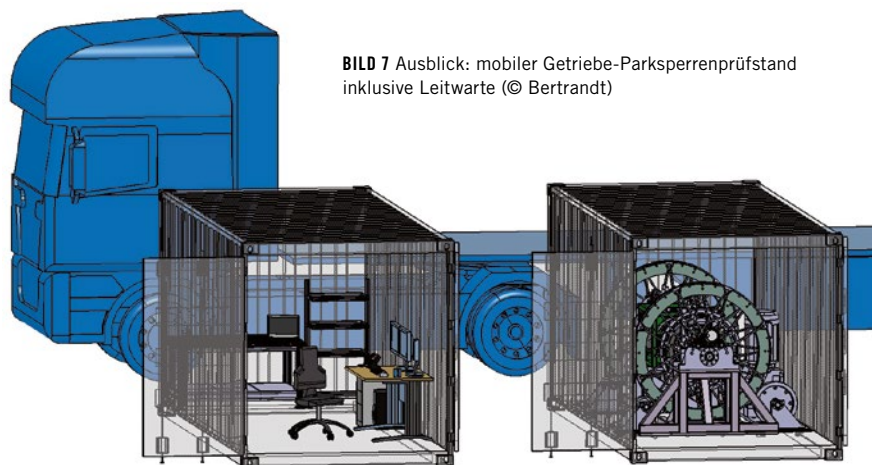
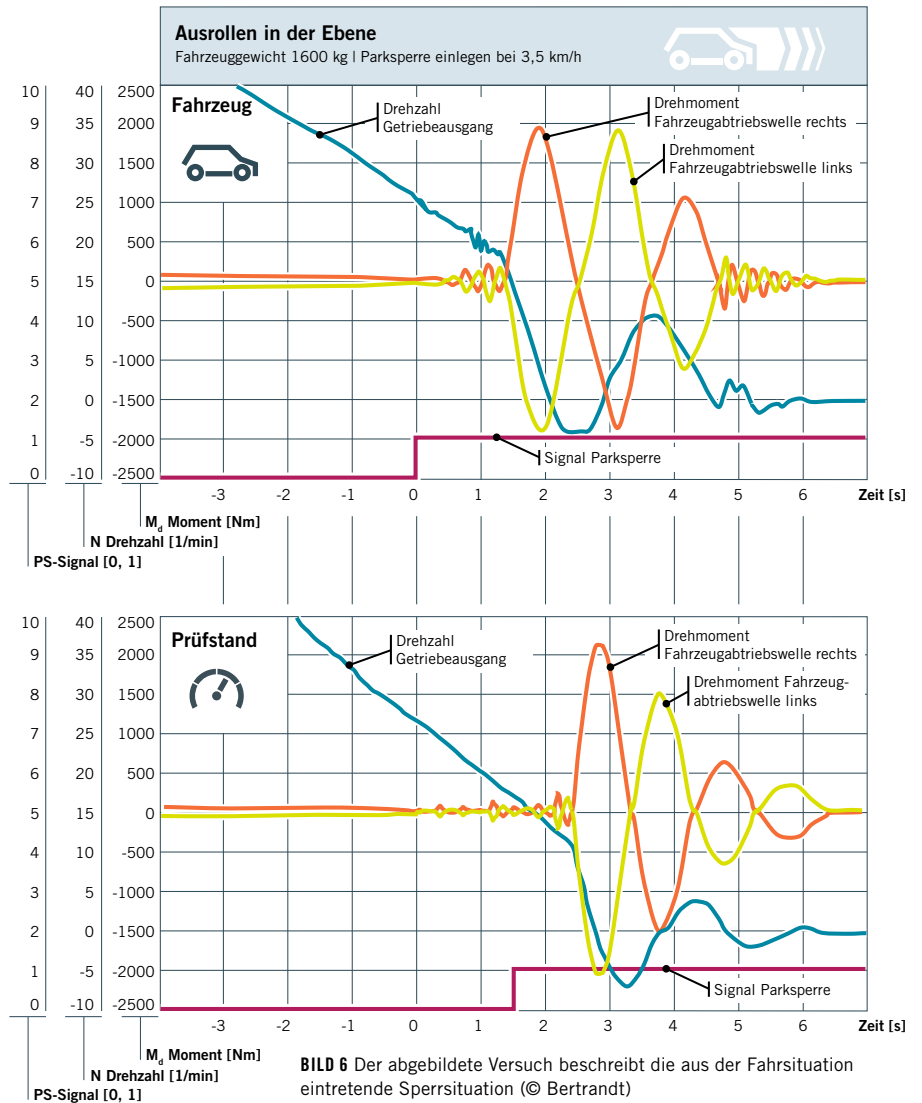


JETZT UNVERBINDLICH TESTEN UND JUBILÄUMS-GESCHENK SICHERN

[www.meinfachwissen.de/atz/probe](http://www.meinfachwissen.de/atz/probe)



## ENTWICKLUNG GETRIEBE



Sperrkörper selbst kommen High-Speed-Kameras und Stroboskoplampen zum Einsatz. Mithilfe einer externen Kühl-

anlage wird der Prüfling in einer Thermobox mit Umlufttemperaturen von -30 bis +125 °C konditioniert.

## LASTFÄLLE DER PARKSPERRE

Gemäß der Unterteilung in statische und dynamische Lastfälle lassen sich folgende Prüfsituationen beschreiben: Zum einen die Beaufschlagung des aktivierten Sperrmechanismus mit einer statischen Kraft. Dazu zählen unter anderem Parksituationen im Gefälle, **BILD 4**, Duplex-Parken, Parkrempler, Fahrzeugtransport, Abschleppen, **BILD 5**, oder Grenzlagenfälle wie das Parken auf einseitig rutschigem Fahrbahnbelag. Zum anderen der Verriegelungsvorgang in das bewegte Fahrzeug: Dabei wird der Sperrmechanismus innerhalb der dafür freigegebenen Fahrgeschwindigkeit aktiviert, wie beim Ausrollen in der Ebene, **BILD 6**, oder Anrollen am Hang, und nicht zuletzt die Absicherung von Fehlfunktionen, etwa das Einlegen der Parksperrre bei hoher Fahrgeschwindigkeit.

Zur Verifizierung der Prüfstandsergebnisse bei der Simulation realer Lastfälle aus dem Fahrzeugbetrieb wird ein bau-

gleicher Gesamtabtriebsstrang zuerst im Fahrzeug auf der Straße und anschließend am Prüfstand untersucht.

## ORTSUNGENBUNDENE VERWENDUNG

Der vorgestellte Prüfstand ermöglicht die Simulation realistischer Betriebszustände einer Getriebe-Parksperrereinrichtung samt einhergehender Schwingungsphänomene aus dem Gesamtabtriebsstrang nahezu äquivalent derer im tatsächlichen Fahrzeugstraßeneinsatz.

Die Untersuchungen liefern einen Einblick in das statische und dynamische Verhalten von Sperreinrichtungen unter verschiedensten Anregungen und ermöglichen so eine präzise Funktionsabsicherung unter Abprüfung der Festigkeit und Dauerhaltbarkeit von Einzelkomponenten. Ein hoher Automatisierungsgrad der Prüfverfahren birgt in Verbindung mit spezifisch ausgelegten Raffungszyklen großes Potenzial für eine effektive und zügige Entwicklungsarbeit. Ferndiagnose und Echtzeitüber-

mittlung von Bild- und Messdaten an Entwicklungsbeteiligte unter gesicherten Datenschutzbelangen runden die Entwicklungszusammenarbeit ab. Auf diese Weise können gewonnene Erkenntnisse gezielt in die Einzelbauteilauslegung oder Mehrkörpersimulation eingebracht beziehungsweise rückgeführt werden.

Für eine ortsungebundene Verwendung wird im Rahmen unserer weiterführenden Prüfstandsentwicklung zu Parksperr- und Differenzialsperreinrichtungen in Pkw-Getrieben die kommende Prüfstandsgeneration in mobiler Containerbauweise umgesetzt, **BILD 7**.

## LITERATURHINWEIS

[1] Vereinte Nationen (Hrsg.): vgl. etwa Anh. I Ziff. 2.1.2.3 EG-RL 98/12/EG; UN Vehicle Regulations – 1958 Agreement (ECE R 13 H), zuletzt geändert durch E/ECE/324/Rev.2/Add.12H/Rev.3/Amend.2 v. 22.02.2017; CFR Title 49 Subtitle B, Part 571.114



## READ THE ENGLISH E-MAGAZINE

Test now for 30 days free of charge:  
[www.atz-worldwide.com](http://www.atz-worldwide.com)

**PASSION DRIVES US ALL.**

We are an engineering and technology consulting group working for the world's largest industrial players.

[AKKA-TECHNOLOGIES.COM](http://AKKA-TECHNOLOGIES.COM)



HAVE BECOME

**AKKA**

PASSION FOR  
TECHNOLOGIES