

Die Lenkung künftiger Fahrzeuge als Steer-by-wire-Lösung wird mehr Vernetzung mit anderen Fahrwerksregel- und den Fahrerassistenzsystemen erlauben. Foto: ZF

Aktuelle Trends im Bereich Lenkungen

Die Zukunft: Steer-by-wire

Die Lenkungen haben in den vergangenen Jahrzehnten nur wenige sichtbare Innovationen erfahren. Ins Auge stechen vor allem der Wechsel von hydraulischen Lenkhilfesystemen zu elektromechanischen Pendants, Überlagerunglenkungen und der Einzug von Allradlenkungen. Künftig entfällt die Lenksäule. Dadurch entstehen für die Entwicklerinnen und Entwickler neue Freiheitsgrade, insbesondere für autonom fahrende Fahrzeuge. **Andreas Senger**

Als sicherheitsrelevantes Teil ist die Lenkung vom Gesetzgeber geregelt und Innovationen und neue Entwicklungen bedürfen zuerst regulatorischer Anpassungen. Bisher verlangte die ECE-R-79-Norm, dass eine mechanische Verbindung zwischen Lenkrad und Lenkgetriebe vorhanden ist, um bei Ausfall von elektronischen und elektrischen Systemen einen Lenkeingriff zu gewährleisten. Die serienmäßige Einführung von Allradlenkungen war deshalb vor rund 35 Jahren rein mechanischer Natur. Eine Zusatzlenkwelle von der Vorder- zur Hinterachse erlaubte 1987 im Honda Prelude bei geringen Lenkeinschlägen an der Vorderachse ein gleichsinniges Mitlenken der Hinterachsräder, um bei Spurwechseln stabilisierend zu wirken und Lastwechselreaktionen zu verringern. Bei grösseren Lenkeinschlägen zum Manövrieren lenkten die Hinterräder gegensinnig zur Vorderachse ein, um den Radstand virtuell kürzer werden zu lassen und das Fahrzeug einfacher zu parkieren. Mitsubishi wie Mazda bauten

in der Folge ein ähnliches System. Die mechanischen Systeme sind längst durch elektromotorisch aktuierte Hinterachslenkungen ersetzt. Während erste Applikationen noch Winkel von $\pm 3^\circ$ erlaubten, sind es heute rund $\pm 10^\circ$ oder mehr.

Auch der Wegfall der hydraulischen Lenkhilfeunterstützung begünstigte es, die Unterstützungskraft nicht nur geschwindigkeitsabhängig, sondern von viel mehr Parametern einsetzen zu können. Wer sich zurückerinnert weiss, dass erste elektromechanische Lenkhilfen ein synthetisches Rückmeldegefühl aufwiesen. Ein Feedback der Vorderräder war kaum möglich. Die als gefühllos gebrandmarkten Lenkhilfeunterstützungen wurden aber kontinuierlich verbessert und erreichen heute einen Stand, der nicht nur ein direktes Lenkgefühl und -haptik vermitteln, es können auch variable Rückstellkräfte einprogrammiert und die Anlage dem Charakter des Fahrzeugmodells individuell angepasst werden.

Die Weiterentwicklung bei Lenkungen mündete danach in den Überlagerunglenkungen. Mittels Winkel- oder Planetengetriebe konnte elektromotorisch ein Zusatzlenkwinkel in der Lenksäule generiert oder die Lenkung durch Wegnehmen von Lenkwinkel indirekter ausgelegt werden. Diese Systeme waren aber sehr aufwendig und Kundinnen und Kunden mussten sich zuerst daran gewöhnen, bei niedrigen Geschwindigkeiten mit einer halben Lenkradumdrehung die Räder zum maximalen Lenkeinschlag zu bringen. Der Vorteil: Beim Manövrieren reichten geringe Lenkradwinkel. Bei hohen Geschwindigkeiten sorgte ein hektisches Lenkmanöver für nur geringere Radeinschlagswinkel. Diese Idee setzte sich aber nicht durch und in den Entwicklungsabteilungen wurde die Idee der Überlagerunglenkung nicht hartnäckig weiterverfolgt, weil der nächste Schritt, das Steer-by-wire, in Angriff genommen wurde. Seit einigen Jahren wurde bei Zulieferern und auch Automobilherstellern an der

Entkoppelung von Lenkrad und Lenkgetriebe getüfelt und die Systeme unterdessen zur Serienreife weiterentwickelt.

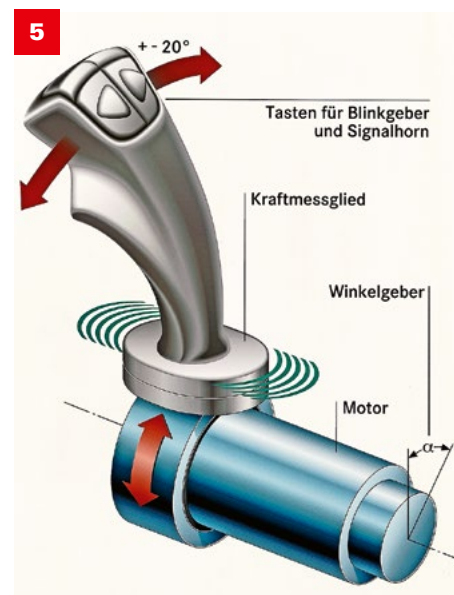
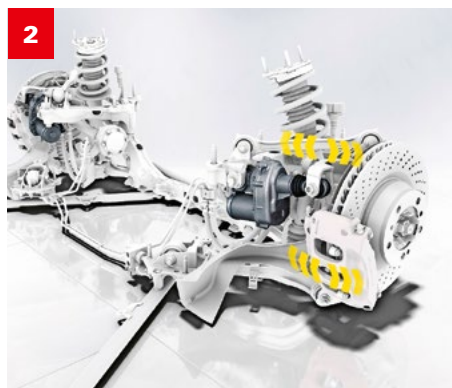
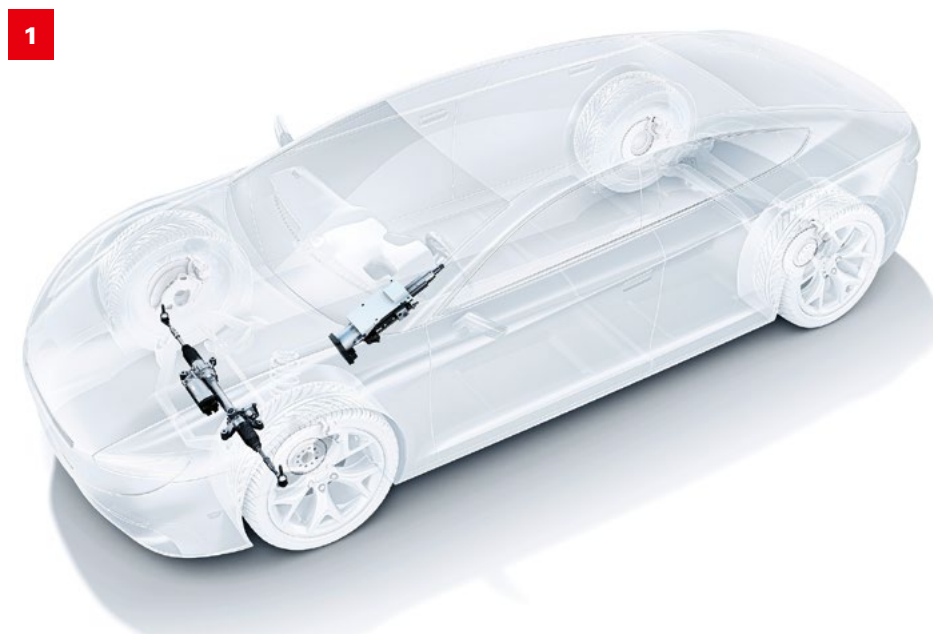
Die ECE-Norm wurde so adaptiert, dass einer Entkoppelung vom Lenkgetriebe im Sinne der passiven Sicherheit und der Vereinfachung von Links- und Rechtslenkerfahrzeugen Rechnung getragen wird. Konkret müssen neue Fahrzeuge keine mechanische Verbindung mehr zwischen dem Lenkrad (Sensor) und dem Lenkgetriebe (Aktor) aufweisen. Durch das Weglassen der Lenksäule steigt insbesondere bei einem Frontalcrash die Sicherheit für die Fahrerin oder den Fahrer, da ein Eindringen der Lenksäule nicht mehr möglich ist. Doch wie wird die Sicherheit bei einem Ausfall garantiert? Die von Nissan vor rund zehn Jahren im Infinity Q50 eingeführte Steer-by-wire-Lösung hatte eine mechanische Verbindung, um

im Notfall einzugreifen. Hydraulische Zusatzsysteme sind eine weitere denkbare Möglichkeit. Aber Steer-by-wire bedeutet wörtlich übersetzt «Lenken durch elektrische Kabel».

Der Grundgedanke ist, dass der Lenkbefehl am Lenkrad über einen redundanten, also zweifach ausgeführten Lenkradwinkelsensor aufgenommen wird. In einem separaten oder zentralen Fahrwerksteuergerät wird die Eingabegrösse des Lenkwinkels analysiert und aufgrund der Umgebungswahrnehmung der Fahrerassistenzsysteme und einprogrammierter Parameter im Aktor, dem elektromechanischen Lenkgetriebe, umgesetzt. Um die Sicherheit zu gewährleisten, muss neben der Energieversorgung über das Bordnetz eine zweite Spannungsquelle zur Verfügung stehen, um im Notfall wenigstens das Fahrzeug sicher zum Stillstand zu bringen. Auch der Aktua-

tor, also die elektromechanische Betätigung im Lenkgetriebe muss zweifach ausgeführt sein, um bei Ausfall eines E-Motors trotzdem noch einen Lenkwinkel generieren zu können. Die Überwachung und damit ein Regelkreis wird durch zusätzliche Sensorik ermöglicht. Die Zahnstangenbewegung und -position wird kontinuierlich gemessen und dem Steuergerät zur Überprüfung übermittelt. Um der Fahrerin, dem Fahrer eine Rückmeldung zu geben, wird zudem vom Steuergerät das Lenkrad mittels Elektromotor mit einem Drehmoment versehen, um die eingeleiteten Kräfte auf die Lenkung zu simulieren (ähnlich wie bei Gamecontrollern). Doch die Vorteile einer Steer-by-wire-Lösung übertreffen die angesprochenen Argumente der passiven Sicherheit und Links-/Rechtslenkerausführung deutlich.

Fortsetzung Seite 32



1 In Zukunft wird die Lenksäule wegfallen. Um die Ausfallsicherheit der Lenkung zu gewährleisten, müssen alle Sensoren und Aktoren sowie die Energieversorgung redundant ausgeführt sein. Der erste Serieneinsatz ist bei chinesischen Herstellern bereits für dieses Jahr geplant. **2** Die Hinterachslenkung wirkt bei grossen Fahrzeugen als Radstandverkürzung durch gegenseitiges Einlenken gegenüber der Vorderachse beim Manövrieren und hilft bei hohen Tempi, die ESP-Eingriffe durch gleichsinniges Lenken bei Spurwechseln zu reduzieren (Lastwechsel minimieren). **3** Der Lenkwinkelsensor muss künftig höheren Anforderungen gerecht werden, wenn die Lenksäule entfallen soll. **4** Erprobungsfahrzeuge mit Steer-by-wire-Systemen sind seit Jahren auf der Strasse und helfen, den Schritt Richtung Level-4-Standard und höher (teilautonomes, autonomes Fahren) zu ebnen. **5** Bereits 1998 in einem Mercedes-Benz SL (Baureihe R129) im Test: Eine Joysticklenkung wird aktuell von Spezialisten bei Fahrzeugen für Menschen mit Beeinträchtigung verbaut und könnte dank Steer-by-wire-Lenksystemen wieder an Bedeutung auch für die Grossserie erlangen. Fotos: Bosch (2), Porsche, Hella, Mercedes-Benz.



Die Vernetzung aller x-by-wire-Funktionen wird es erlauben, die aktive Sicherheit deutlich zu erhöhen, den Fahrkomfort zu optimieren und FAS zu erweitern. Foto: ZF

Das Ziel ist es, mit der Entkoppelung des Lenkradwinkels zum Beispiel den Spurhalteassistenten zu optimieren. Künftig soll die aktive Ausführung des FAS nicht erst beim Annähern an die Spurlinien reagieren, sondern dank Entkoppelung das Fahrzeug komfortabel und ohne ständige Richtungswechsel in der Spur halten. Auch die Vorzüge der Überlagerungslenkung lassen sich integrieren und bei niedrigen Geschwindigkeiten hohe Lenkwinkel am Rad erlauben, obwohl am Lenkrad nur geringe Winkel als Eingangsgröße generiert werden. Zudem sollen bei hohen Geschwindigkeiten im Verbund mit der elektrischen Hinterachslenkung die Spurstabilität und der Spurwechsel weiter verbessert und damit die Zahl der ESP-Eingriffe erneut reduziert werden.



In der Werkstatt bleiben mechanische Arbeiten und Kontrollen auch an modernen Lenksystemen Alltags. Foto: ZF

Ein weiterer Schritt ist die Integration der Lenkung in die elektronische Fahrwerksregelung, die aktive Dämpfungssysteme, das Brake-by-wire-System und die Rekuperations- und Antriebsregelung der E-Maschinen an Vorder- und/oder Hinterachse erlaubt. Damit wird nicht nur der Fahrkomfort deutliche Fortschritte erfahren, sondern die aktive Sicherheit einen Schritt vorwärts machen. Durch Verknüpfung mit den FAS werden Unfälle aktiv vermieden und gefährliche Fahr-situationen in der Entstehung erkannt und durch die Systeme entschärft.

In der Werkstatt wird sich punkto Lenkung künftig auf der mechanischen Seite nicht viel ändern. Obwohl das Spiel in der Lenksäule nicht mehr kontrolliert werden muss, bleiben Spielkontrollen in den Spurstangenendstücken weiterhin eine wichtige Kontrollaufgabe. Zusätzlich werden die Werkstattprofis gefordert sein, die Kalibration der verschiedenen Sensoren vorzunehmen, beim Wechsel von Komponenten diese im Gesamtsystem anzumelden und die Kodierung nach Ausstattungsvariante oder Aktualisierung

von Softwareprogrammen umzusetzen. Wie rasch sich die neuen Steer-by-wire-Lösungen durchsetzen, wird der Markt zeigen. Erste Fahrzeuge sollen bereits dieses Jahr auf den Markt gelangen. Chinesische, japanische und amerikanische Hersteller werden zuerst Fahrzeugmodelle anbieten. Die X-by-wire-Technologie wird sich langfristig durchsetzen und ähnlich wie bei Flugzeugen zum Standard werden. ●

	<p>061 312 40 40 Rheinfelderstrass 6, 4127 Birsfelden</p>
	<p>Der umfassendste Auto-Steuergeräte-Reparatur-Service von Cortellini & Marchand AG.</p>
<p>www.auto-steuergeraete.ch</p>	<p>Sie suchen, wir finden – Ihr Suchservice für Auto-Occasionsteile</p>
<p>www.gebrauchte-fahrzeugteile.ch</p>	

<p>Neu: FGS, der Anhänger mit Liftachse und 100%-Achsausgleich</p> <p>Nutzlast bis 2,9 t</p>	<p>Autotransport-Anhänger und Aufbauten Besuchen Sie unsere Ausstellung oder verlangen Sie eine Vorführung. Auch in Kommunalausführung lieferbar.</p> <p>T&W Technik</p> <p>Dammstrasse 16, 8112 Otelfingen Tel. 044 844 29 62 www.fgs-fahrzeuge.ch</p>
--	--