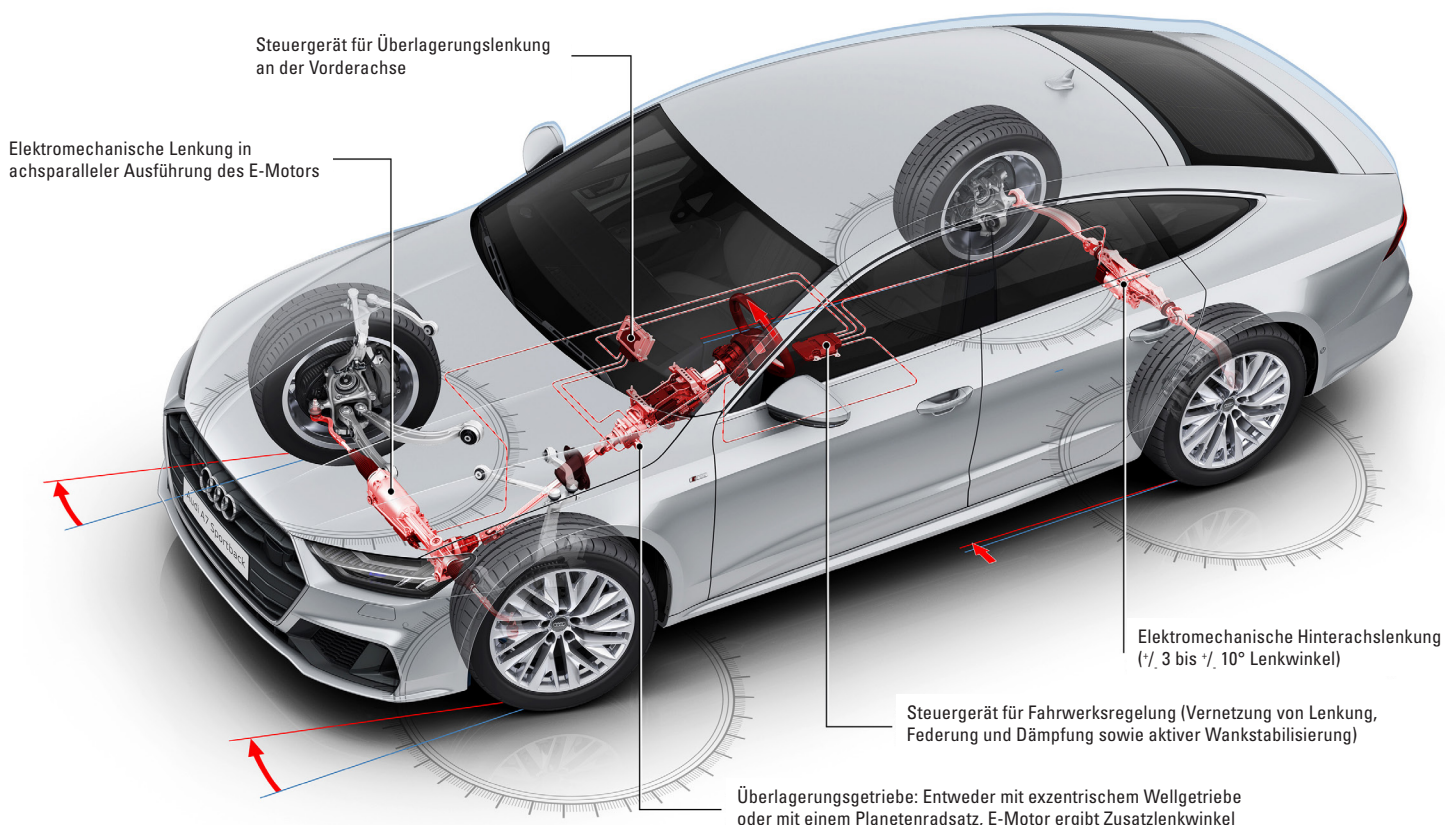


Fahrwerk: Innovationen bei Lenksystemen

Modernste Lenkungen

Einzig mit dem Eingriff am Lenkrad werden die wenigsten Fahrzeuge heute noch auf Kurs gehalten. Fährt ein Automobilist zu schnell in eine Kurve, regelt zumindest das Bremssystem mittels ESP-Eingriff und versucht, innerhalb der physikalischen Limiten das Fahrzeug auf Kurs zu halten. Überlagerungs- und Hinterachslenkungen und auch Antriebsmomentenregelung sind weitere Zutaten modernster, vernetzter Lenksysteme. **Andreas Senger**



Mit einer dynamischen Überlagerungslenkung vorne und einer Hinterachslenkung werden Fahrzeuge mit langem Radstand deutlich dynamischer und manövrierfähiger. Foto: Audi

Die Verkaufszahlen zeigen es deutlich: Immer mehr Steckerfahrzeuge (BEV und Plug-in-Hybride) werden gekauft und die Autos nehmen in allen Kategorien grundsätzlich in den Aussenabmessungen zu. Damit ergeben sich physikalisch zwei Herausforderungen für die Automobilhersteller und -zulieferer: Die Fahrzeugmasse nimmt zu und durch längere Radstände nimmt die Manövrierbarkeit und die Agilität eher ab.

Unter dem Strich sind für beide Herausforderungen Lösungen in Serie bald erhältlich: Modernste Lenksysteme helfen, die Fahrzeugmasse bei Kurvenfahrt oder Ausweichmanöver zu kaschieren (Überlagerungs- und Hinterachslenkung) und Fahrzeuge agiler werden zu lassen (Antriebsdrehmomentverteilung). Zusatzsysteme wie aktive Wank-

stabilisatoren, adaptive Federungssysteme (Mehrkammerluftfahrwerke), variable Dämpfersysteme (bypassgesteuert oder veränderbare Dämpferölviskosität) sorgen zusätzlich dafür, den Komfort zu erhöhen, bei Kurvenfahrt das Wanken massiv zu minimieren und beim Bremsen und Anfahren die Nickbewegung zu verkleinern.

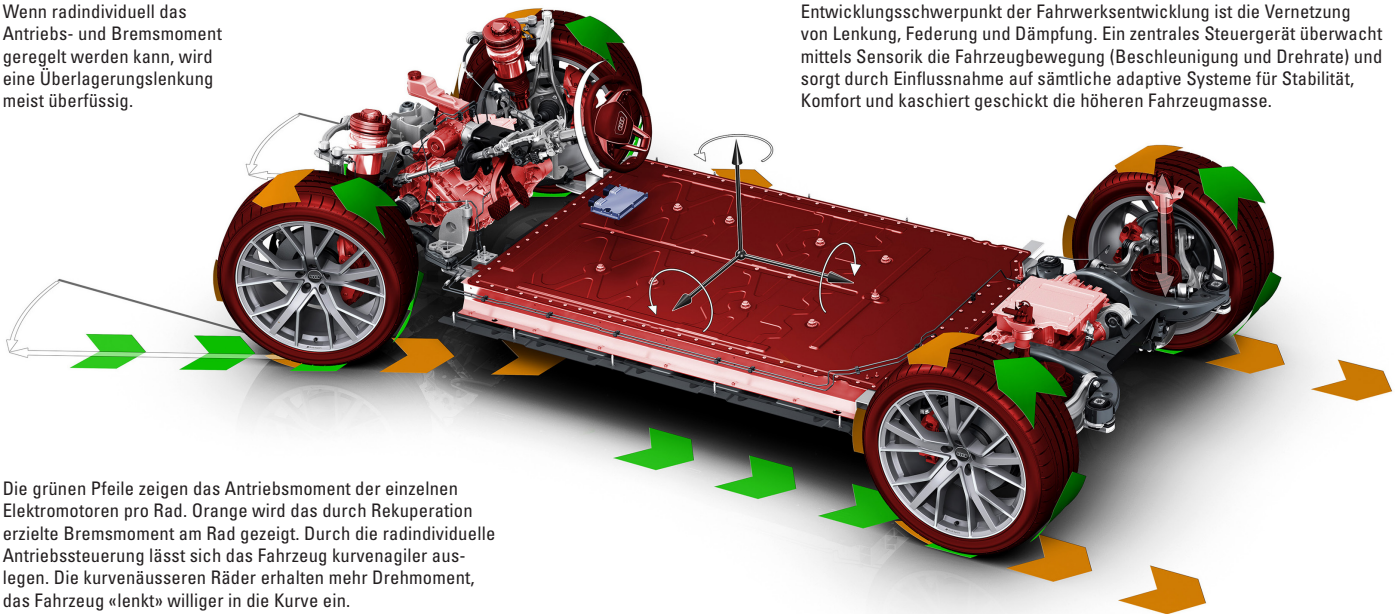
Das Über- und Untersteuern haben Fahrzeuge seit der Einführung des elektronischen Stabilitätssystem ESP im Griff. Droht das Fahrzeug aufgrund seines Eigenlenkverhaltens den gewünschten Kurvenradius zu verlassen, sorgt ein gezielter, radindividueller Bremseneingriff für die Stabilisierung und eine Kurskorrektur. Die Bewegungsenergie (kinetisch) wird dabei in Wärmeenergie (Bremseneingriff) umgewandelt, Im Zuge der

Effizienzsteigerung des Antriebs und höherem Komfort mit sanfteren Regeleingriffen ist die Radbremsung eher suboptimal. Fakt ist: Je schwerer ein Fahrzeug, desto grösser die Fliehkraft bei Kurvenfahrt und desto mehr nehmen der Schräglaufwinkel und damit der Schlupf an den Reifen zu. Die Wahrscheinlichkeit von Regeleingriffen steigt proportional zur Masse und sportlicher Fahrweise.

Je mehr Korrekturen via Lenkung, Antriebsmomentenregelung und Fahrwerksysteme vorgenommen werden können, desto dynamischer lässt sich ein Fahrzeug um die Kurven bewegen. Auch rasche Lenkeingriffe durch Ausweichmanöver enden somit glimpflich und insbesondere auf Autobahnen nicht in den Leitplanken. Bei der

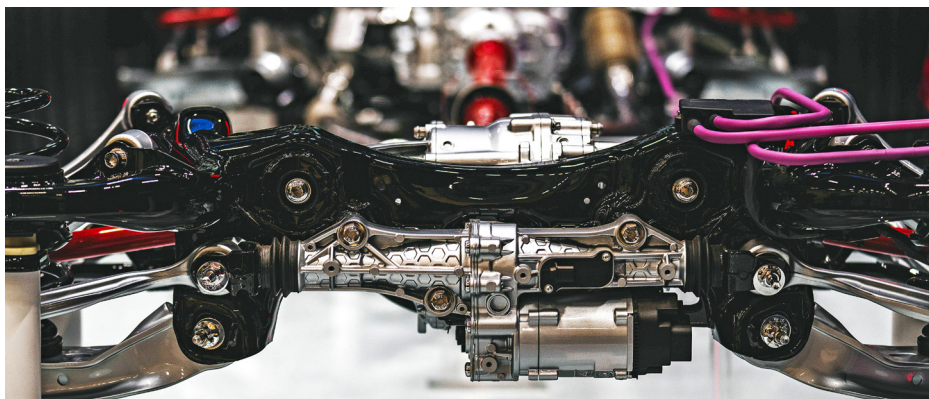
Wenn radindividuell das Antriebs- und Bremsmoment geregelt werden kann, wird eine Überlagerungslenkung meist überflüssig.

Entwicklungsschwerpunkt der Fahrwerksentwicklung ist die Vernetzung von Lenkung, Federung und Dämpfung. Ein zentrales Steuergerät überwacht mittels Sensorik die Fahrzeugbewegung (Beschleunigung und Drehrate) und sorgt durch Einflussnahme auf sämtliche adaptive Systeme für Stabilität, Komfort und kaschiert geschickt die höheren Fahrzeugmasse.



Die grünen Pfeile zeigen das Antriebsmoment der einzelnen Elektromotoren pro Rad. Orange wird das durch Rekuperation erzielte Bremsmoment am Rad gezeigt. Durch die radindividuelle Antriebssteuerung lässt sich das Fahrzeug kurvenagiler auslegen. Die kurvenäusseren Räder erhalten mehr Drehmoment, das Fahrzeug «lenkt» williger in die Kurve ein.

Der Traum jedes Antriebsentwicklers ist, nicht nur achsweise lenken zu können, sondern auch radindividuelle Antriebsmomente zu realisieren. Während dies bei konventionellen Antriebssystemen sehr aufwändig ist, eröffnen sich mit Elektroantrieb neue Möglichkeiten: Ein Rad kann angetrieben oder auch rekuperierend gebremst werden. Foto: Audi



Die Hinterachslenkungen sind insbesondere für Fahrzeuge mit langem Radstand und grosser Masse erfolgversprechend: Dank dem gegensinnigen Einlenken bei geringen Geschwindigkeiten wird das Fahrzeug agiler (virtuelle Radstandsverkürzung) und bei hohen Tempi sorgt das Mitlenken (gleichsinniger Lenkeinschlag) für eine Stabilisierung des Fahrzeugs und damit für eine höhere, aktive Sicherheit. Foto: Audi

Lenkung werden grundsätzlich zwei neuere Möglichkeiten vermehrt ausgeschöpft: Die Überlagerungslenkung erlaubt, zum Lenkwinkel des Fahrers via Elektromotor einen zusätzlichen Lenkwinkel einzubringen. Entweder werden die beiden Lenkwinkel addiert (mehr Radeinschlag) oder subtrahiert (weniger Radeinschlag). Wird der Lenkwinkel addiert, werden Fahrzeuge mit langem Radstand und damit grossem Wendekreis wendiger. Einparkmanöver oder

enge Kurven erfordern weniger Lenkwinkel am Lenkrad. Die Lenkung wird direkter. Im Gegenzug können diese Überlagerungslenkungen bei hohen Tempi wie auf Autobahnen das Fahrzeug beim Spurwechsel durch Radeinschlagsreduktion bei abrupten Manövern sanfter Einlenken lassen. Die Kräfte am Reifen können auf die Fahrbahn übertragen werden. Das Fahrzeug bleibt stabil. Die Hinterachslenkung wurde bis hin mit moderaten Zusatzlenkwinkeln aus-

geführt. Waren bei bisherigen Systemen nur rund 3 Grad Zusatzwinkel möglich, können aktuelle Konstruktionen bis zu 10 Grad Zusatzwinkel mittels elektromotorischer Aktuatorik einbringen. Damit wird das Manövrieren zusätzlich unterstützt (gegenseitiges Einlenken) und der Radstand virtuell verkürzt. Bei hohen Geschwindigkeiten sorgt gleichsinniges Einlenken der Hinterachse für eine Stabilisierung der Hinterachse und damit einer höheren, aktiven Sicherheit.

Der nächste Schritt ist die Vernetzung aller Systeme, die das Fahrzeug in den drei Achsen beeinflussen können. Ein zentraler Fahrwerksrechner soll die Lenkung, Federung/Dämpfung und die Antriebsregelung zusammenbringen. Insbesondere bei E-Antrieb mit radindividueller Antriebsmomentregelung ergibt sich dadurch ein enormes Potenzial, die schweren BEV trotz physikalischem Handicap Masse sportlich auszulegen. Auch kann durch Rekuperation an einzelnen Rädern die Kurvenwilligkeit optimiert und die ESP-Eingriffe reduziert werden. <

MIDLAND, GEPRÄGT DURCH ÜBER 140 JAHRE ERFAHRUNG. MIDLAND.CH

