

Modernste Fahrwerkstechnik und -regelung

Spreizung des Fahrwerks

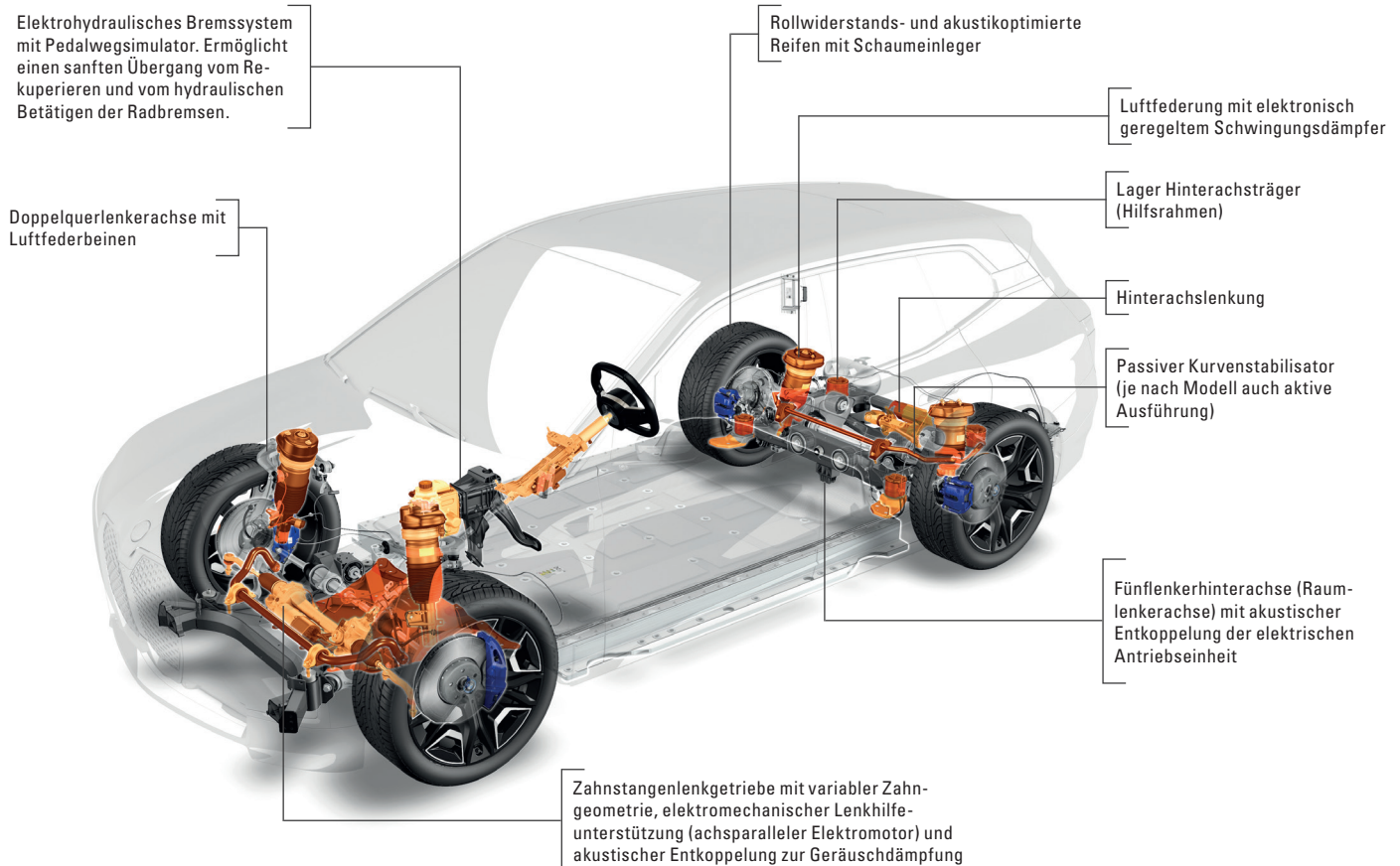
Moderne Fahrzeuge sind schwerer und grösser und erhöhen den Aufwand in der Entwicklung. Einstellungen sind gefordert, die hohen Fahrkomfort mit einer weichen Federungs- und Dämpfungsauslegung bieten, bis zu sportlichen und straffen Abstimmungen, die weniger Wankbewegungen bei Kurvenfahrt oder Nickbewegungen beim Bremsen und Beschleunigen zulassen. Ein Fahrwerksspagat mit technologischen Feinessen. **Andreas Senger**

Die Elektrifizierung der Fahrzeugantriebe – insbesondere mit batterieelektrischem Antrieb – lässt die Fahrzeugmasse merklich steigen. Die schweren Batterien sind bei der Skateboard-Anordnung zwar schwerpunkt-optimiert zwischen den Achsen platziert. Trotzdem weisen die BEV viel Speck auf und können in Form von grossen SUV locker über 2,7 Tonnen Leergewicht aufweisen.

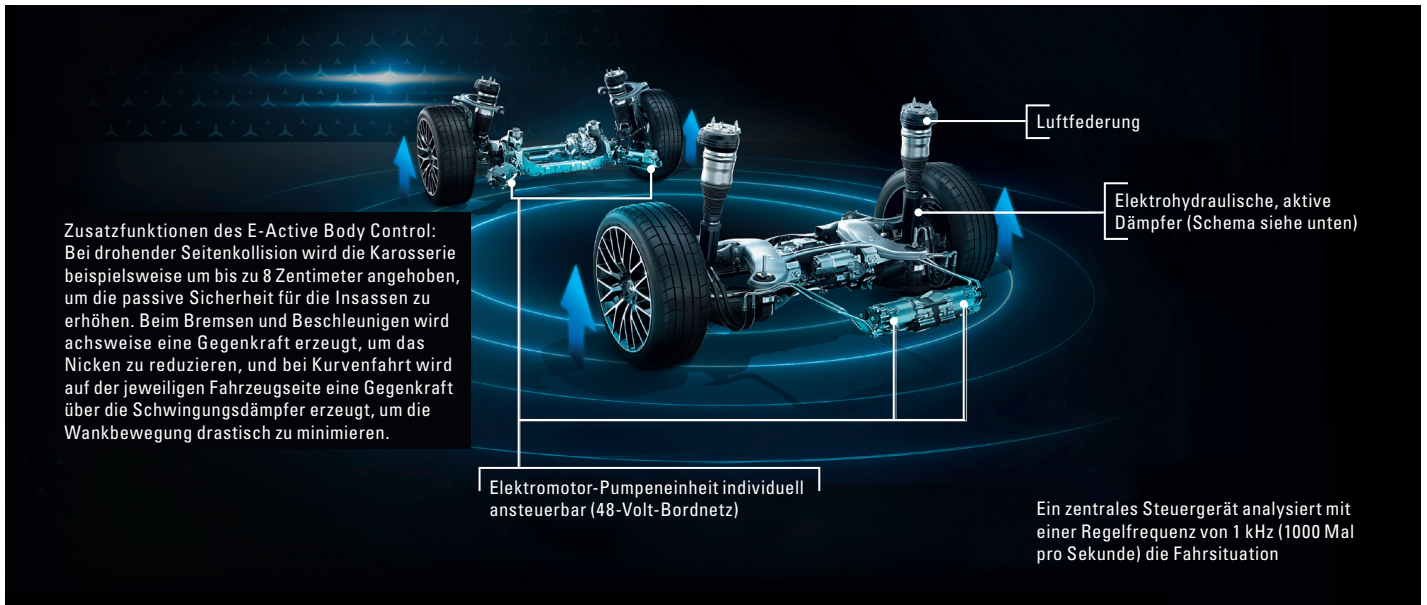
Je schwerer die Karosserie und je kleiner die ungefederte Masse, desto komfortabler ist grundsätzlich das Fahrverhalten. Beim Überfahren einer Unebenheit taucht das Rad, geführt von der Aufhängung, in den Radkasten ein. Die Schraubenfeder nimmt dabei

die kinetische Energie auf und speichert sie kurzzeitig als potenzielle Energie. Die Druckstufe eines konventionellen Schwingungsdämpfers ist entsprechend weicher ausgelegt als die Zugstufe. Beim Ausfedern wird das Rad wieder nach unten bewegt. Die Feder gibt die gespeicherte potenzielle Energie wieder ab und der Schwingungsdämpfer sorgt für einen Ausschwingvorgang. Die Bewegungsenergie wird im Schwingungsdämpfer in Wärme umgewandelt. Bei Stahlschraubenfedern, aber auch Luftfederungen ist der Schwingungsdämpfer entscheidend, um den Ausschwingvorgang zu kontrollieren. Beide Federsysteme weisen quasi keine Eigendämpfung auf.

Die schwere Karosserie wird bei der Aufwärtsbewegung des Rades durch die Massenträgheit nur schwerlich ebenfalls bewegt. Entsprechend sind schwere Autos ruhiger beim Überfahren einer Unebenheit. Leichtere Fahrzeuge neigen bei diesem Fahrmanöver viel eher zur Anregung der Karosserie und damit einem unkomfortableren Federungs-/Dämpfungsverhalten. Um den Spagat zwischen Komfort und Sportlichkeit zu gewährleisten, können die Fahrwerksentwickler heute auf innovative Systeme zurückgreifen, um den Kompromiss für den Kunden zu erfüllen.



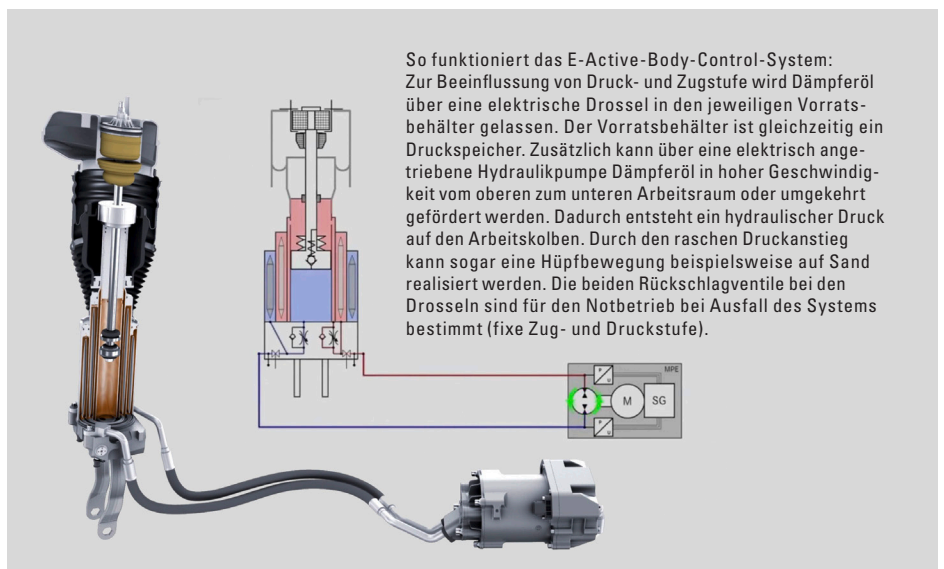
Am Beispiel des BEV BMW iX zeigt sich der Aufwand für die Automobilhersteller, den Spagat zwischen Fahrkomfort und sportlicher Abstimmung zu realisieren. Foto: BMW



Das E-Active-Body-Control-System von Mercedes-Benz ergänzt die Luftfederung durch aktive, hydraulische Schwingungsdämpfer, die Zusatzfunktionen bringen. Foto: Mercedes

Im Hauptbild ist ein typischer Vertreter der Oberklasse-SUV als BEV dargestellt. Dank Luftfahrwerk lässt sich die Fahrzeughöhe bedarfsgerecht anpassen. Bei Autobahntempo kann die Karosserie ein paar Zentimeter abgesenkt werden, um den Energieverbrauch zu reduzieren. Bei hoher Zuladung kann die Luftfederung mit zusätzlicher Luft wieder angehoben und damit die Höhe korrigiert werden. Um die Federrate und damit zwischen komfortabel oder sportlich umschalten zu können, weisen modernste Luftfahrwerke Federbalgkonstruktionen auf, die über mehrere Kammern verfügen. Elektromagnetisch lassen sich Zusatzkammern (meist zwei) zu- oder wegschalten und damit mehr oder weniger Luftvolumen realisieren. Die Federrate ist gestuft variabel von hart (wenig Volumen) bis weich (viel Gasvolumen).

Längst haben sich zudem elektronisch beeinflussbare Schwingungsdämpfer für Schrauben- oder Luftfederungen etabliert. Die sogenannten adaptiven Schwingungsdämpfer sind beispielsweise in der Lage, dank elektrisch einstellbaren Drosselventilen beim Bypass die Dämpferkraft der Druck- und Zugstufe anzupassen. Als Eingabegrößen dienen dem Steuergerät eine Vielzahl von Beschleuni-



Das aktive Schwingungsdämpfersystem E-Active-Body-Control ermöglicht bei jedem Rad die stufenlose Verstellung (dank elektrisch verstellbaren Drosselventilen) der Druck- und Zugstufe sowie dank Hydraulikspeichern auch das Anheben einer Fahrzeugseite bei einem drohenden Seitencrash, beim Wanken oder Nicken. Foto: Mercedes-Benz

gungs-, Gierraten- sowie Bewegungssensoren. Obwohl ein schweres Fahrzeug tendenziell komfortabler ist, nehmen beim Beschleunigen oder Kurvenfahren die Bewegungen um die x- und y-Achse zu. Die hochbeinigen SUV können bei Kurvenfahrt stark wanken oder beim Bremsen/Beschleunigen prägnant nicken. Mercedes-Benz hat eine lange Tradition

der Fahrwerksentwicklung. Das oben dargestellte E-Active Body Control ist der aktuellste Entwicklungsstand der Stuttgarter. Mit der Einführung der Stereokamera hinter der Frontscheibe, welche die Fahrbahnoberfläche scannt, konnte die Marke mit dem

Fortsetzung Seite 18

Stern bereits 2013 einen deutlichen Vorsprung realisieren. Erkennt die Frontkamera eine Unebenheit auf der Fahrbahn, kann das Steuergerät blitzschnell die Vorspannung der Plunger im ABC-Fahrwerk verändern und/oder die Dämpfercharakteristik beeinflussen. Das Active-Body-Control-Fahrwerk ABC stellt dank der hydraulisch verstellbaren oberen Schraubenfederaufnahme einen wichtigen Meilenstein dar.

Unterdessen hat sich Mercedes aber vom Plunger-Fahrwerk verabschiedet und die Beeinflussung über die Schwingungsdämpfer realisiert. Das E-Active-Body-Control-System erlaubt radindividuelle Anpassungen an die Druck- und Zugstufe sowie Zusatzsysteme. Statt einem Bypass in der Normallage des Schwingungsdämpfers werden zwei Hydraulik-

leitungen weggeführt. Der Schwingungsdämpfer ist als Einrohrschwingungsdämpfer ausgeführt. Der obere und untere Arbeitsraum sind je mit einem Ausspeicher (zweites und drittes Dämpferrohr mit integriertem Gasspeicher) verbunden. Über die elektrisch verstellbare Drossel können die Druck- und Zugstufenquerschnitte verändert und damit die Dämpfungskraft in beide Richtungen verändert werden. Diese Funktion weist einfachere Bypassdämpfer mit externem Proportionalventil oder Dämpfer mit magnetrheologischer Flüssigkeit auch auf.

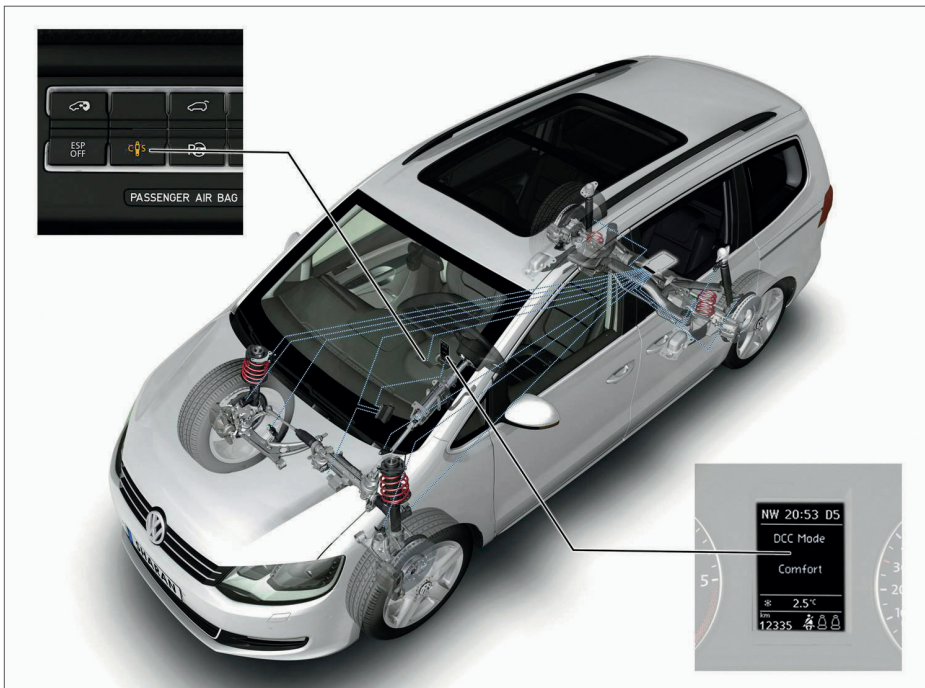
Der Unterschied ist bei diesem neuartigen System, dass über eine von einem 48-Volt-Motor angetriebene Hydraulikpumpe ein Druck entweder oberhalb oder unterhalb des Arbeitskolbens erzeugt werden kann. Dadurch lässt

sich eine Druck- oder Zugkraft erzeugen, die das Rad in den Radkasten bewegen oder ausfahren lassen. Das System ist so schnell, dass die Bewegung von rund 60 mm nach oben und unten als Hüpfbewegungen umgemünzt werden können, um beispielsweise ein auf Sand oder Schnee festgefahrenes Fahrzeug zu befreien und aus der Düne zu bewegen. Im Weiteren lassen sich so im Offroad-Modus einzelne Federbeine ein- oder ausfahren, um die Bodenhaftung für den Antrieb auch manuell herzustellen. Im Prinzip können durch die manuelle Einstellung zur Not auch Radwechsel bei Reifenpannen vorgenommen werden.

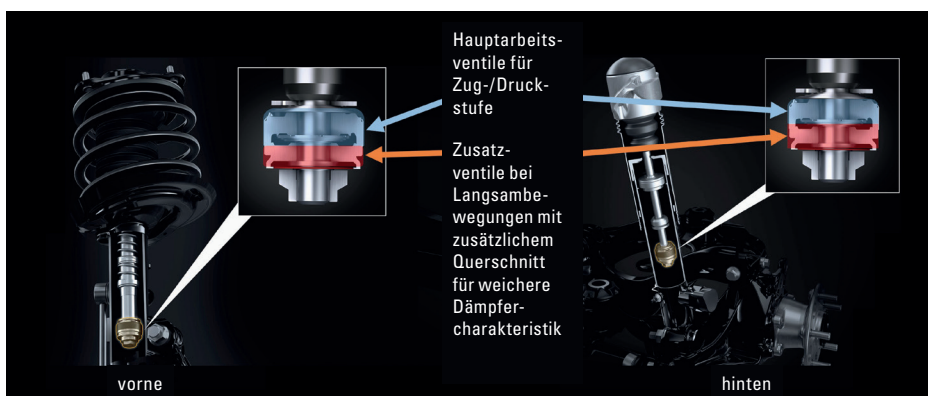
Auf der Strasse ist das System in der Lage, sämtliche Wank- und Nickbewegungen durch die Zusatzkräfte zu reduzieren. Bei Kurvenfahrt können die kurvenäusseren Federbeine so angesteuert werden, dass eine Zusatzkraft durch den Dämpfer die Karosserie waagrecht hält. Beim Beschleunigen und Bremsen sorgt die achsweise Ansteuerung für weniger Bewegung um die y-Achse. Sollte ein Seitencrash drohen, kann das Fahrzeug auf der Crashseite um bis zu acht Zentimeter angehoben werden, um die Insassen durch die passiven Sicherheitssysteme besser zu schützen.

Auch konventionelle Bypasssysteme, die sich einzig über eine elektromagnetische Drossel zur Anpassung der Druck- und Zugstufe verändern lassen, sind dank mechanisch, hydraulischen Systemen in der Lage, bei Langsambe-
 wegung direkt beim Arbeitskolben zusätzliche Bypässe zu öffnen und die Dämpfercharakteristik auf Modus weich zu schalten. Lexus setzt ein solches System ein.

Die Spreizung von Komfort und Sportlichkeit können Hersteller heute mit verschiedenen Systemen darstellen. Die Innovationskraft und die Verbindung von Mechanik, Hydraulik und Elektronik/Elektrik eröffnet immer neue Perspektiven. Für den Kunden sind, meist gegen Aufpreis oder bei teureren Modellen, High-Tech-Fahrwerkvarianten erhältlich, die auch schwere Fahrzeuge beinahe wie Rennwagen um die Kurve flitzen lassen. Die Physik wird nicht ausgehebelt, aber die Fahrdynamik auf ein neues Level gebracht. <



Auch Schraubenfeder-Fahrwerke lassen sich individuell dank Beeinflussung der Schwingungsdämpfercharakteristik mittels Steuergerät von komfortabel bis sportlich aus dem Fahrzeugcockpit abstimmen. Foto: Volkswagen



Ein Komfort-Fahrwerk zeichnet sich dadurch aus, dass bei langsamen Bewegungen der Räder die Druck- und Zugstufe weicher sind als bei schnelleren. Diese Charakteristik lässt sich auch hydraulisch/mechanisch umsetzen. Foto: Lexus

