

- 1968 – 1971 Kraftfahrzeugmechaniker Lehre
- 1971 – 1973 Fachoberschulreife
- 1974 – 1977 Studium Kraftfahrzeugtechnik / FH Köln
- 1977 – 1979 Technischer Betriebsleiter Daimler Benz / BMW Hartge
- 1979 – 1985 Fahrwerksentwicklungsingenieur Adam Opel AG
- 1986 – 1996 Leiter Versuch Fahrdynamik Audi Sport
- 1996 – 1998 Technischer Direktor Team Rosberg
- 1998- 1999 Technischer Direktor Team Joest
- 1999 – 2005 Geschäftsführer Techno Engineering GmbH
- 2005 – 2007 Vertriebsleiter TÜV-SÜD Automotive
- 2007 – 2009 Geschäftssegmentleiter Umwelt und Antriebstechnik TÜV-SÜD
- 2010 – 2012 Teamleiter Fahrwerksentwicklung Bertrandt GmbH
- 2012 – 2013 Oberingenieur Technische Universität Dresden / Prokurist AMFD
- 2013 – 2015 Niederlassungsleiter IPG Automotive GmbH
- 2015 – heute Inhaber „Dieter Scharpe unternehmen und Beraten“ /Partner MdynamiX AG



Ein frühes aber wegweisendes Jugendfoto!





11. ADAC Sauerland Bergpreis



Rundenrekord auf dem Nürburgring

Rüsselsheim

Fahrwerkssätze für:

Opel Corsa

Kadett

Monza

Ascona



Erfolge



Tourenwagen- Europameisterschaft
Langstreckenpokal



24 Stunden von Spa
24 Stundenrennen Nürburgring
Deutsche Rennsportmeisterschaft

Erfolge

Dieter Scharpe und der Deutsche Rallye-Meister Erwin Weber als Sieger auf dem Nürburgring



Ingolstadt



Erfolge

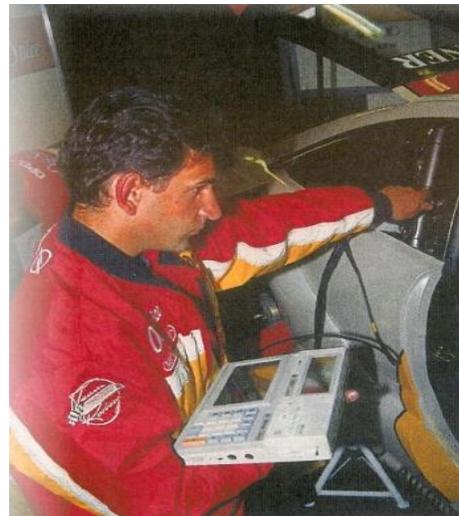


Europameisterschaft in der Interserie
Gewinn der Sportwagenmeisterschaft
(Interserie DIV. II 1988 Und 1989)



1995 Einsatz beim 24 Stunden Rennen
am Nürburgring.
Nach 12 Stunden 2. im Gesamtklassement
Endergebnis: 2. in der Klassenwertung

Neustadt a.d.W. – Team Rosberg



Andreas Tryphonos beim Auslesen von Daten
Andreas Tryphonos loading down data

Dieter Scharpe, der technische Leiter im Opel Team Rosberg, führt seine Arbeitsphilosophie stets in der Brieftasche mit. In akkurater Techniker-Handschrift notiert, sind es Sätze von Antoine de Saint-Exupéry: „Willst du ein Schiff bauen, so rufe nicht die Menschen zusammen, um Pläne zu machen, Arbeit zu verteilen, Werkzeug zu holen und Holz zu schlagen, sondern lehre sie die Sehnsucht nach dem endlosen Meer. Sie bauen das Schiff dann von alleine.“



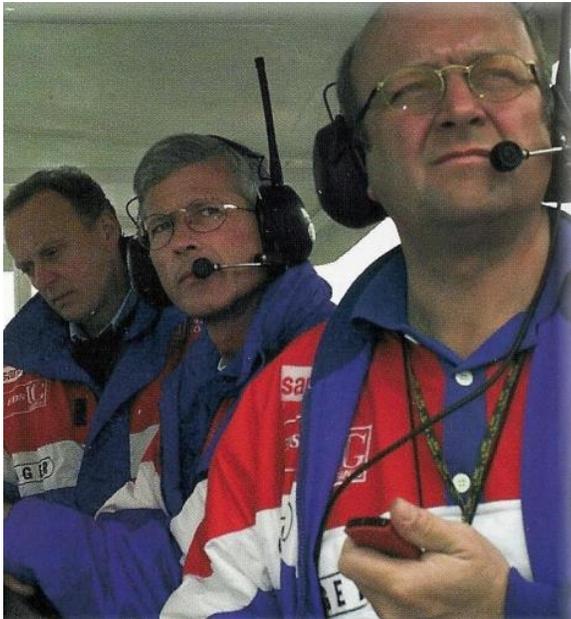
Dieter Scharpe, JJ Lehto

Harmonie im Viervierteltakt

ITC 1996



Erfolge



1997 Super Tourenwagen Championship auf Nissan Primera

Inhaltsverzeichnis

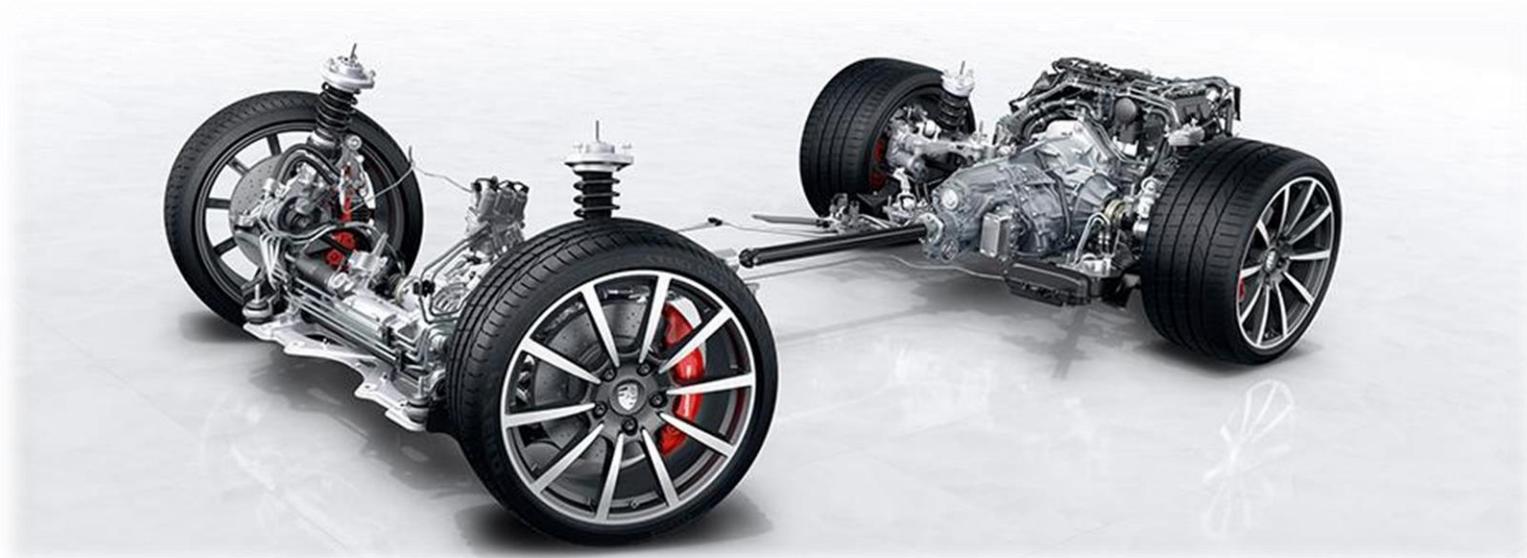
1. Einführung

2. Grundbegriffe

1. Spur
2. Sturz
3. Nachlauf
4. Rollzentrum
5. Schwerpunkt
6. Radlasten

3. Bauteile

1. Rad/Reifen
2. Stoßdämpfer/Feder
3. Stabilisator
4. Aufhängung/Radführung



4. Antriebskonzepte

1. Frontantrieb
2. Heckantrieb mit Frontmotor
3. Heckantrieb mit Mittelmotorantrieb
4. Allradantrieb

5. Fahrverhalten

6. Eigenschaften beim Fahrverhalten und ihre möglichen Ursachen

1. Untersteuern
2. Übersteuern
3. Wechselndes Über- Untersteuern
4. Übersteuern in die eine Richtung, Untersteuern in die Andere
5. Unruhiges Fahrverhalten auf der Geraden und beim Bremsen.

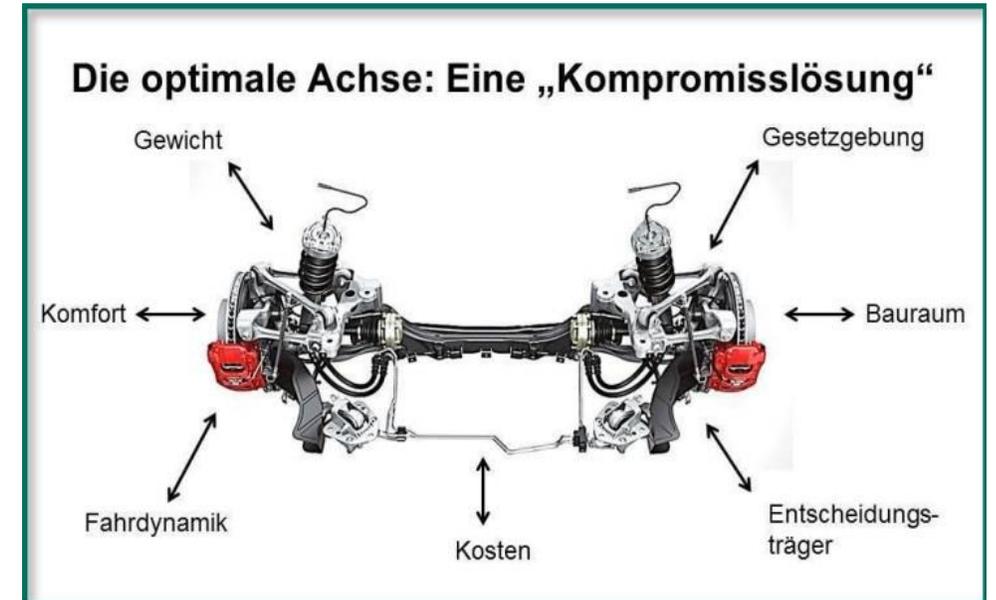
7. Zusammenfassung



Das Fahrwerk ist mit all seinen Elementen das Wichtigste Verbindungsglied zwischen Fahrzeug und Straße. Die Reduzierung des Unfallrisikos durch Verbesserung der aktiven Sicherheit ist eines der wichtigsten Ziele der Fahrzeugentwicklung. Das gute Fahrverhalten steht hierbei an der vordersten Stelle. Das Fahrverhalten wirft nun einige Fragen auf, die es im folgenden zu klären gilt. Warum verhalten sich Fahrzeuge unterschiedlich? Welchen Einfluss nehmen unterschiedliche Achs- und Antriebskonzepte? Was bewirken Bremsen und Reifen? Und welche unterschiedlichen Regelkreise, Auslegungen und Abstimmungen wählen die Hersteller und warum? Für den Fahrer ist das Fahrverhalten eine fahrzeugspezifische Eigenschaft. Er gibt einen Steuerbefehl an das Fahrzeug, - z. B. lenken, bremsen, beschleunigen, und der Fahrer merkt wie es sich verhält, während des Anfahrens, Geradeausfahrt, Kurvenfahrt, beim Bremsen und beim Lenken. Die Fähigkeit Reaktionen eines Fahrzeuges in Worte zu fassen und mittels Noten zu beschreiben ist die Grundvoraussetzung eines subjektiven Fahrzeugbeurteilers. Die drei Faktoren; Fahrer Fahrzeug und Umwelt sind für die Bewertung ausschlaggebend. Hierfür ergibt sich ein wichtiger Grundsatz, den man bei allen Auslegungen und Abstimmungen beachten muss. „Auf Aktionen des Fahrers folgen Reaktionen des Fahrzeugs, die auf den Fahrer einwirken und ihn zu neuen Reaktionen veranlassen, die er in Abhängigkeit von der Fahrbahnbeschaffenheit durchführt.“ Es werden nun im Einzelnen die wichtigsten Grundbegriffe erörtert, die Sie dann im praktischen Fahrversuch in der Fahrzeugbewertung wiederfinden werden.

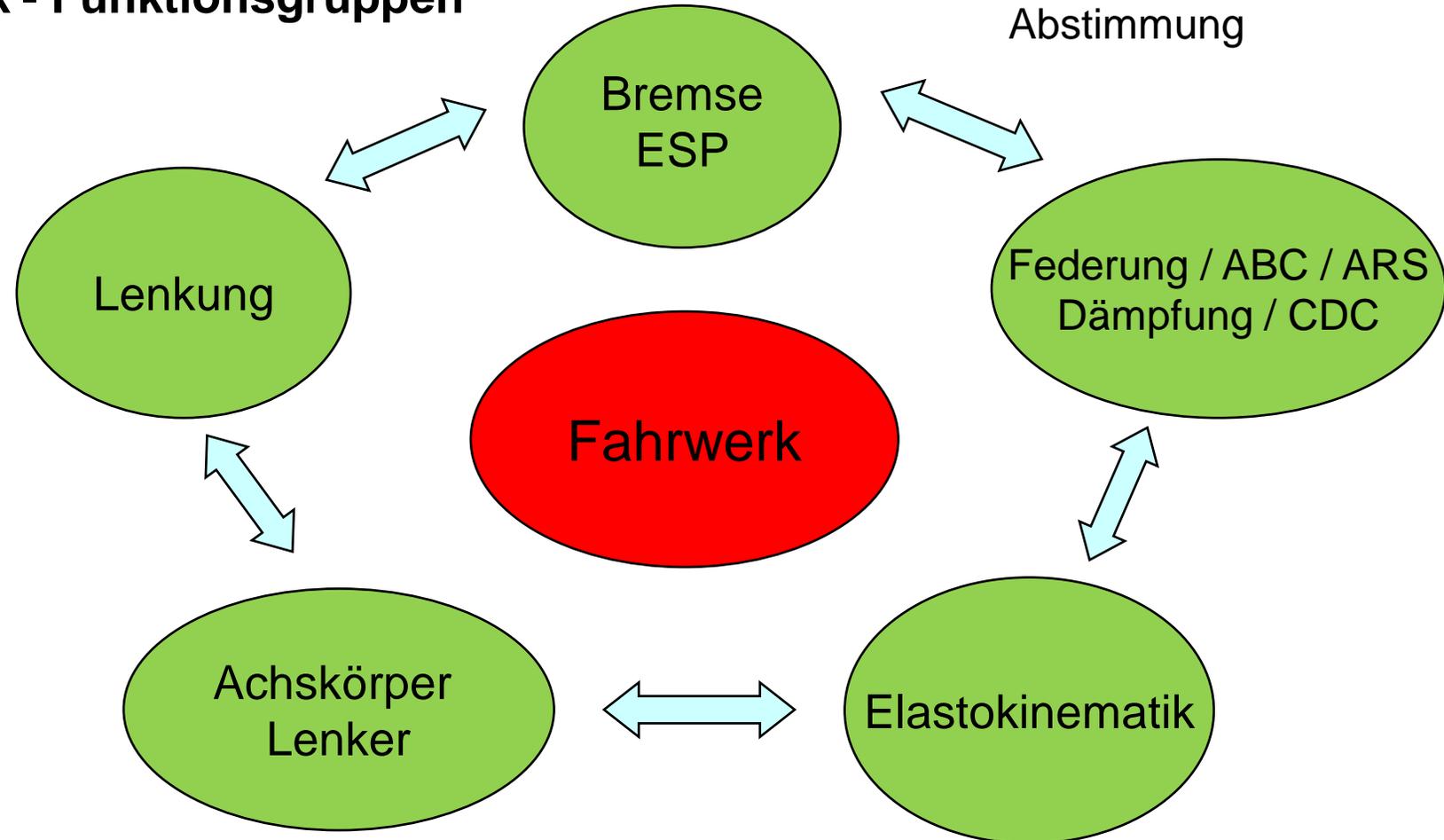
Es werden die Begriffe nicht in gegenseitiger Abhängigkeit erläutert, da sich hier eine hohe Komplexität ergibt, und das Verstehen der einzelnen Funktionen erschwert. Um jedoch die Funktionen von Fahrwerkskomponenten zu verstehen, muss man sich immer wieder fragen, hat diese Funktion einen Einfluss auf eine andere Eigenschaft?

Elektronische Fahrprogramme wie ESP (Elektronisches- Stabilitäts- Programm), ASR (Antriebs- Schlupf- Regelung) und natürlich ABS (Anti- Blockier- System) unterstützen die Fahrwerksdynamik heute entscheidend, bleiben im Folgenden aber außen vor. Sie sollten in einer Fahrzeugentwicklung auch als Sicherheitskomponente „aufgesetzt“ werden, und werden heute als Abstimmungstool hinzugezogen werden. Ihr Verhalten bzw. Auswirkung auf das Gesamtfahrzeug muss aber eingehend untersucht werden, um Störungen in Grenzsituationen zu unterbinden.



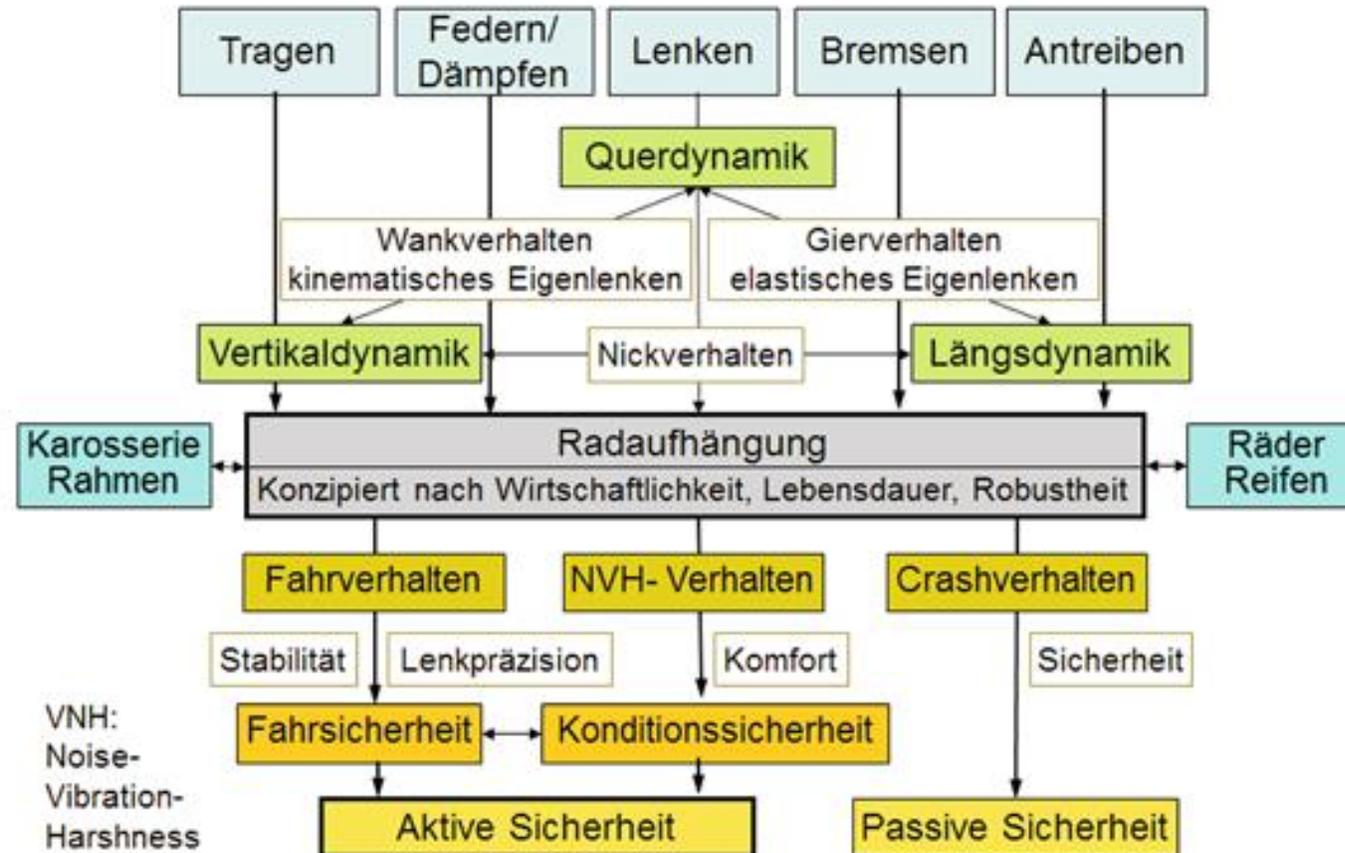
1. Einführung - Grundlagen Fahrwerk

Fahrwerk - Funktionsgruppen



1. Einführung - Grundlagen Fahrwerk

Fahrwerk - Funktionsgruppen

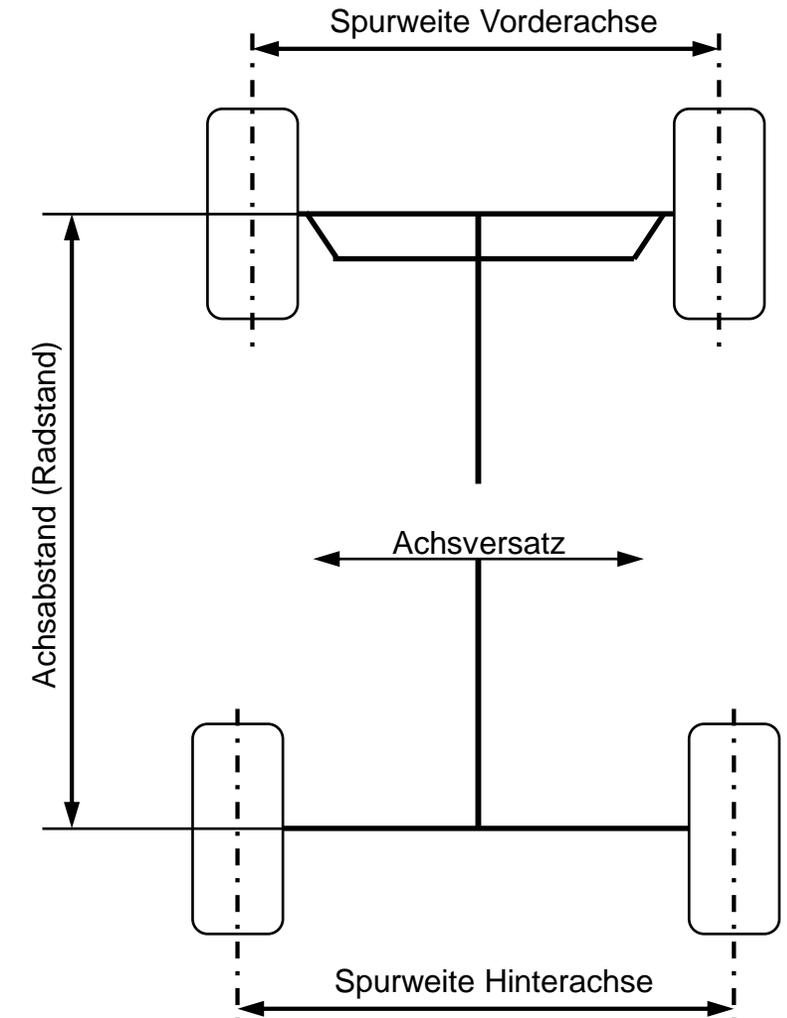


Quelle: Fahrwerkhandbuch

2.1. Man definiert hierbei *Vorspur* (+) als positiven und *Nachspur* (-) als negativen Spurwinkel. Die Anwendung hängt von der Kombination der Achs- und Antriebskonzepte ab. Bei Serienfahrzeugen liegt der Bereich der Spureinstellwerte bei $\pm 5^{\circ}$ - 15° . Ziel der Spureinstellung ist es, an der Vorderachse, sowohl beim Beschleunigen als auch beim Bremsen, was zusätzlich ein Einfedern oder Ausfedern bewirkt, nach Möglichkeit einen Spurwert 0, bzw. leichte Vorspur zu erreichen, was für eine höhere Spurstabilität sorgt. Durch den Spurwinkel wird zusammen mit der Spreizung (Die Schrägstellung der Schwenkachse quer zur Fahrzeuglängsachse gegenüber einer Senkrechten zur Fahrbahn) der Lenkrollhalbmesser beeinflusst, der dafür verantwortlich ist, beim Aus- und Einfedern eine Verstärkung des Vorspurwinkels zu bewirken und die Lenkkräfte gering zu halten. Möglich ist es auch, durch den Spurwinkel das Anlenkverhalten des Fahrzeuges zu beeinflussen. Die Grenzen sind jedoch ein erhöhter Reifenverschleiß. Bei zu großen Spurwinkeln neigt das Fahrzeug zu einem unruhigeren Geradeauslauf. Des Weiteren ist es möglich, dass sich aufgrund großer Spurwinkel eine deutliche Spurrillenempfindlichkeit einstellt. Um dieses Spurstabilisierende Verhalten zu erreichen, war es erforderlich den Lenkrollhalbmesser an angetriebenen Vorderachsen negativ auszulegen. Um dies zu erreichen, sind relativ hohe Spreizungswinkel erforderlich.

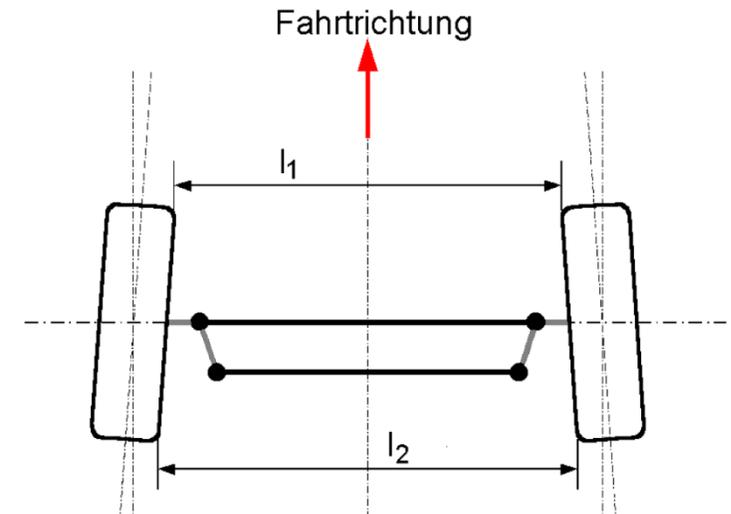
Spurweite

- Abstand der Räder gemessen in Reifenmitte. Eine größere Spurweite ermöglicht höhere Kurvengeschwindigkeiten. Die Spurweite ändert sich beim Einfedern je nach Achskonzept.
- Achsabstand
- Kleiner Achsabstand: wendig, geringere Spurtreue
- Großer Achsabstand: großer Wendekreis, hohe Spurtreue
- Achsversatz
- Abweichung der Mitte von Vorder- zu Hinterachse, Einfluss auf Geradeauslauf



Vorspur

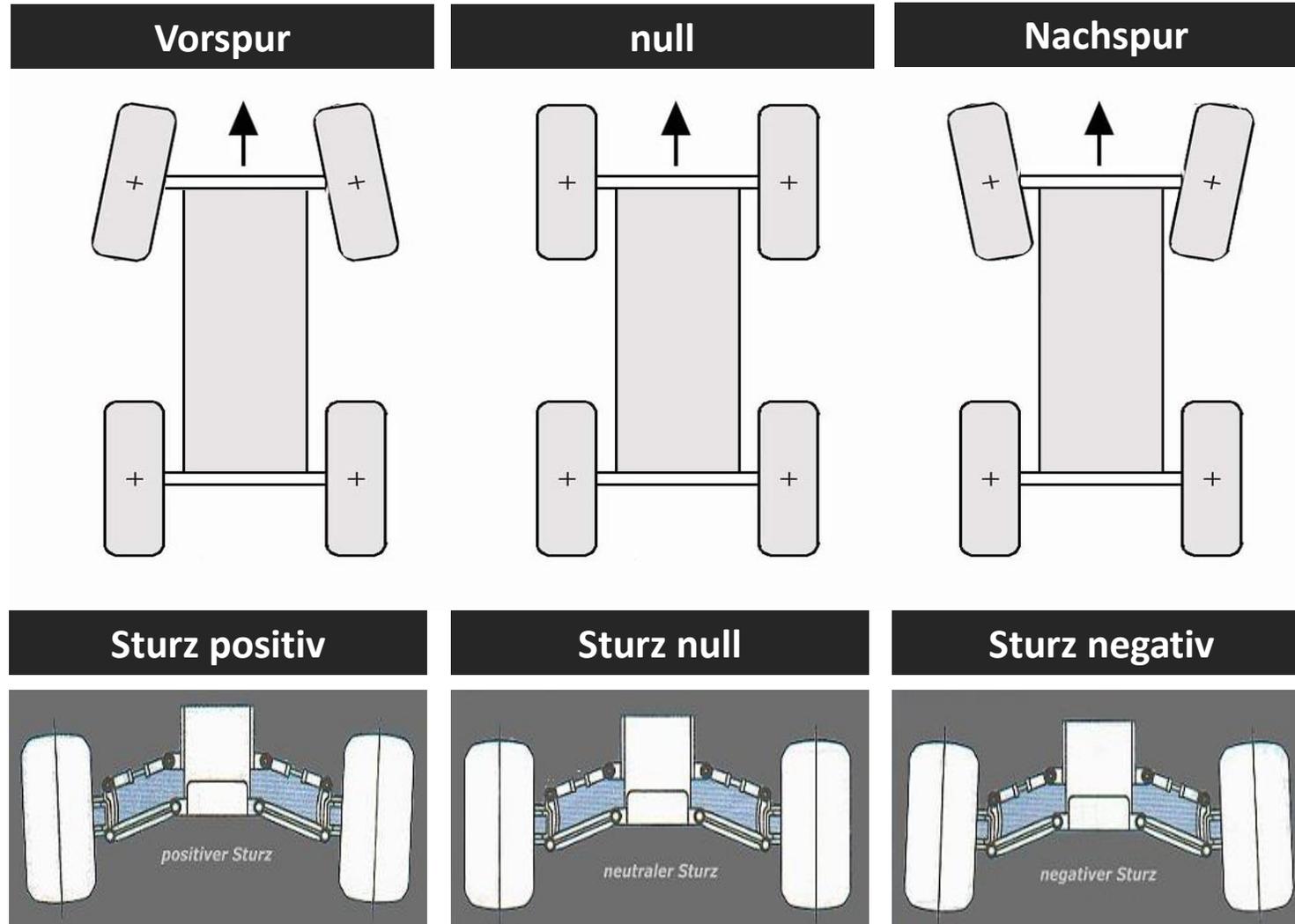
- Mehr Reifenverschleiß
- Leichtes Verspannen der Vorderachskomponenten, dadurch schnelle Reaktion auf Lenkimpulse
- Fahrzeuge mit Frontantrieb werden oft in Konstruktionslage auf Nachspur ausgelegt, bedingt durch die Antriebskraft stellt sich die Vorspur bei Beschleunigung ein
- Fahrzeuge mit Hinterradantrieb werden meist schon in Konstruktionslage auf Vorspur eingestellt, weil das Antriebsmoment keinen direkten Einfluss auf die gelenkten Räder hat.



Vorspur: $l_1 < l_2$

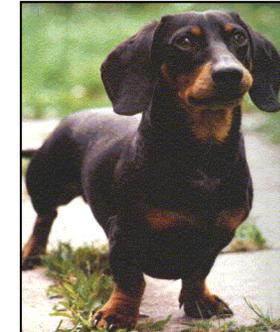
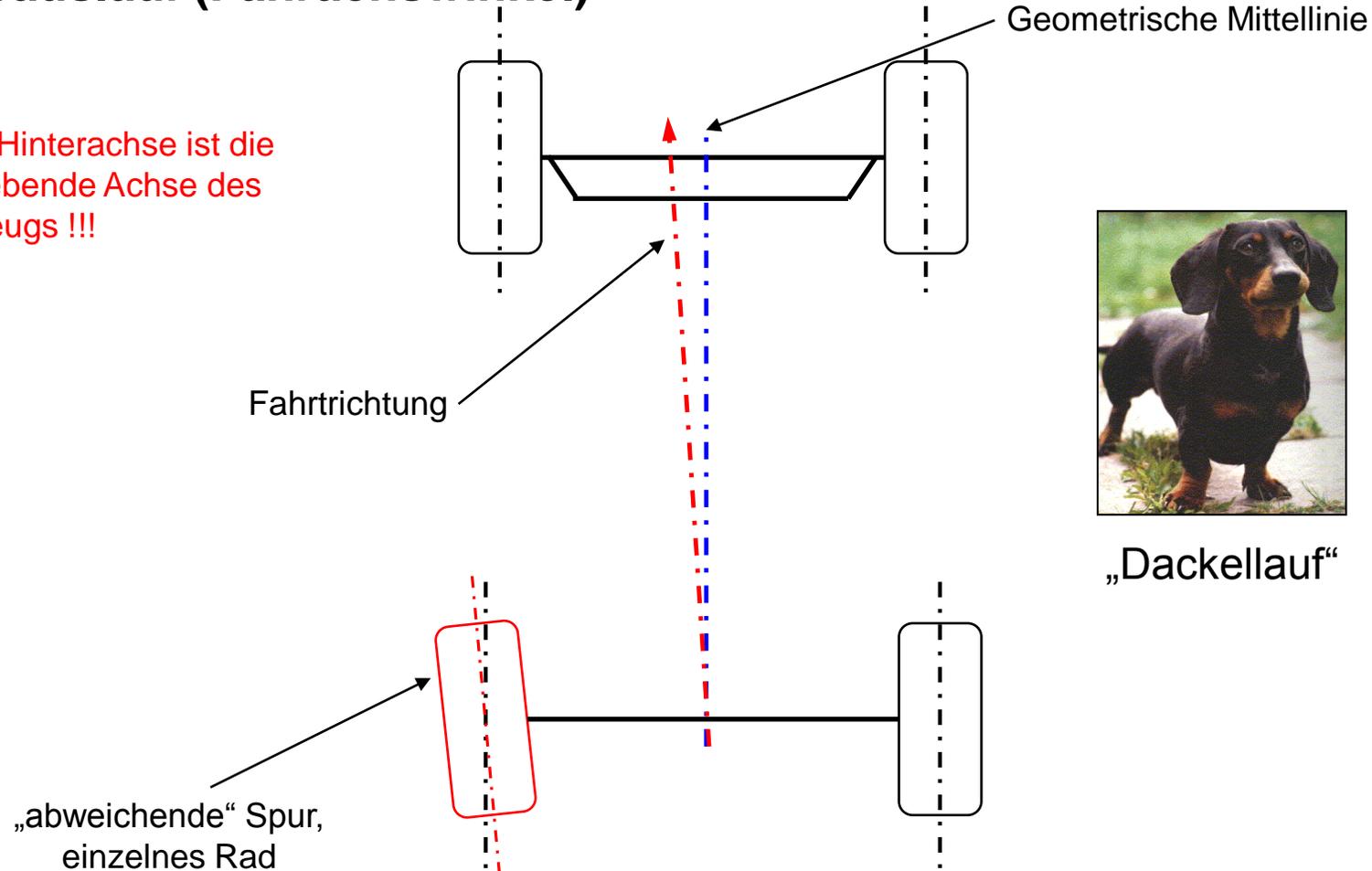
Nachspur: $l_1 > l_2$

2.1 Spur - Statische Einstellwerte



Geradeauslauf (Fahrachswinkel)

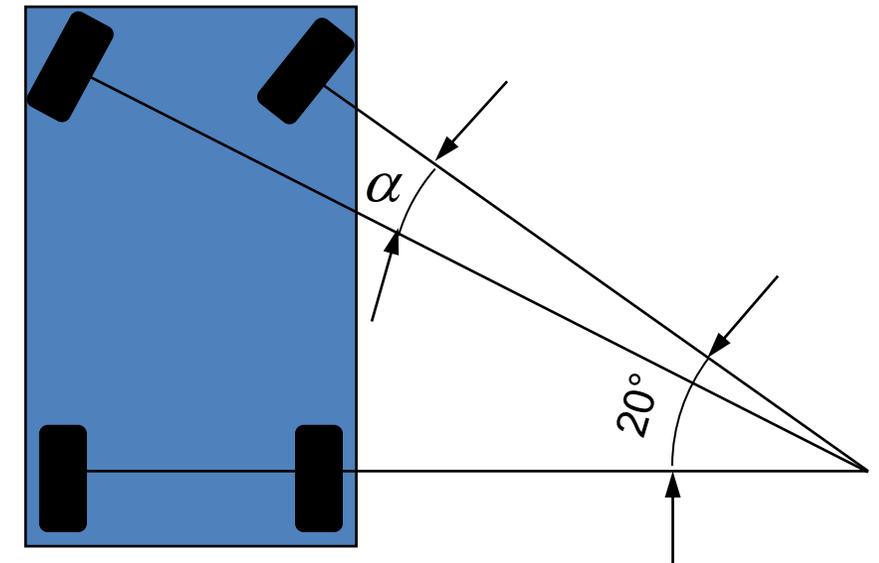
!!! Die Hinterachse ist die spurgebende Achse des Fahrzeugs !!!



„Dackellauf“

Spurdifferenzwinkel

Der Spurdifferenzwinkel erfasst die Winkelstellung des kurveninneren Rades zum kurvenäußeren Rad bei Kurvenfahrt. Die Messung erfolgt normgemäß bei einem beidseitigen (äußeren) Lenkeinschlag von 20° . Die Lenkungsgeometrie ist so konstruiert, dass sich die Winkelstellung der Vorderräder bei zunehmendem Lenkeinschlag ändert. Eine störungsfreie Kurvenfahrt ergibt sich nur, wenn in jeder Lenkradstellung alle vier Radachsen durch den Laufkreismittelpunkt verlaufen. Anderenfalls tritt in engen Kurven ein Radieren und Quietschen der Reifen auf. Der Spurdifferenzwinkel gibt Aufschluss über die Arbeitsweise des Lenktrapezes, bei korrekter Funktion müssen sich gleich große Werte bei Links- und Rechtseinschlag ergeben.

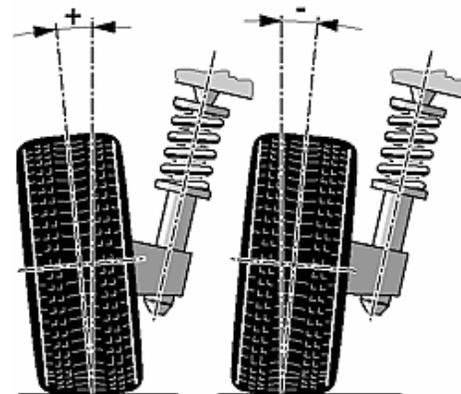


α Spurdifferenzwinkel (Ackermann)

2.2 Sturz: Der Sturz wird ebenfalls als positiv oder negativ angegeben. Mit Hinblick auf einen geringen Reifenverschleiß und Rollwiderstand wäre es ideal das Fahrzeug auf einen 0° Sturz auszulegen. Hier liegen die Vorteile einer Starrachse, bei welcher sich keine Sturzänderungen ergeben. Aus Gründen der besseren Seitenkraftaufnahme in Kurven und um hierdurch das Fahrverhalten zu verbessern wird heute meist ein *negativer Sturz* an den Fahrzeugen dargestellt. Hierbei wird erreicht, das sich aufgrund der sich ergebenden Querkraft das kurvenäußere Rad auf die gesamte Laufflächenbreite stellt und damit eine maximale Seitenführungskraft erreicht wird. Durch das Eintauchen oder Ausheben des Fahrzeugs ergibt sich eine Sturzänderung, die so ausfallen soll, das Sie maximale Traktion gewährleistet, bzw. über das Rollen des Aufbaus (= Sturzabnahme) eine Sturzzunahme gewährleisten soll.

Sturz

- Negativer Sturz
- Bessere Abstützung des Rades bei Kurvenfahrt
- Einseitiger Reifenverschleiß
- Mehr übertragbare Seitenkraft in Kurven
- Weniger Rückstellmoment bei Kurvenfahrt
- Achsen sind so auszulegen, dass sie bei Kurvenfahrt und rollendem Aufbau das kurvenäußere Rad in negativen Sturz geht



2.3 Nachlauf: Die Funktion des Nachlaufwinkels liegt darin, die Räder nach einem Lenkvorgang wieder in Geradeausstellung zu bringen (Lenkungsrücklauf) und auch für einen stabilen Geradeauslauf zu sorgen.

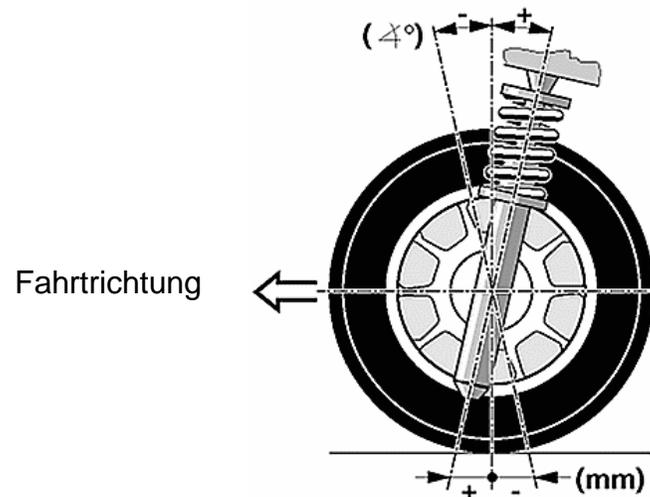
Zudem wirkt er in Verbindung mit dem Spreizungswinkel dazu den Sturzverlust über den Radeinschlag zu reduzieren.

Man unterscheidet zwischen *positiven Nachlaufwinkel* und *negativen Nachlaufwinkel*, der auch als *Vorlaufwinkel* bezeichnet wird. Bei modernen Fahrzeugen findet man einen positiven Nachlaufwinkel, der beim Einlenken für einen negativen Sturz sorgt (siehe Sturz). Für einen sicheren Geradeauslauf muss am Achsschenkel ein Rückstellmoment vorhanden sein, das die Radebene in die Rollrichtung dreht. Die Größe des Rückstellmomentes wird als Produkt aus Nachlauf und Seitenkraft gebildet.

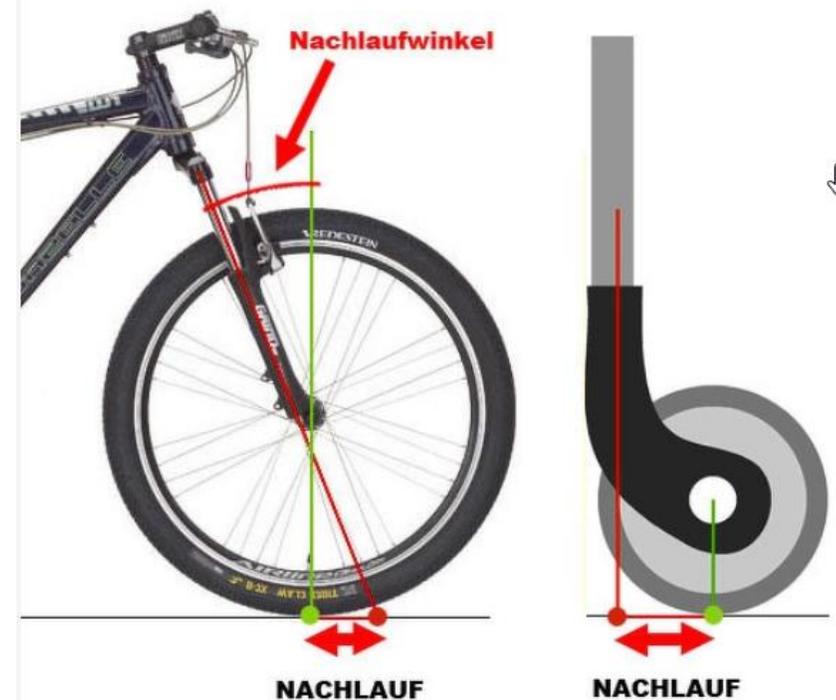
Bringt beispielsweise bei Nachlauf eine Bodenunebenheit oder eine Lenkbewegung die Räder aus der Geradeausstellung so stellt die seitliche Rollwiderstandskomponente über den Hebelarm (bzw. den gesamten Seitenkrafthebelarm) die Räder wieder in Geradeauslaufstellung.

Positiver Nachlauf

- Stabilisieren des Geradeauslaufs
- Einfluss auf die Rückstellkräfte nach
- Kurvenfahrt (in Korrelation mit Spreizung)
- Direkte Abhängigkeit zum Sturz bei
- Kurvenfahrt (kurvenäußeres Rad
- neg. Sturz, kurveninneres Rad pos. Sturz)



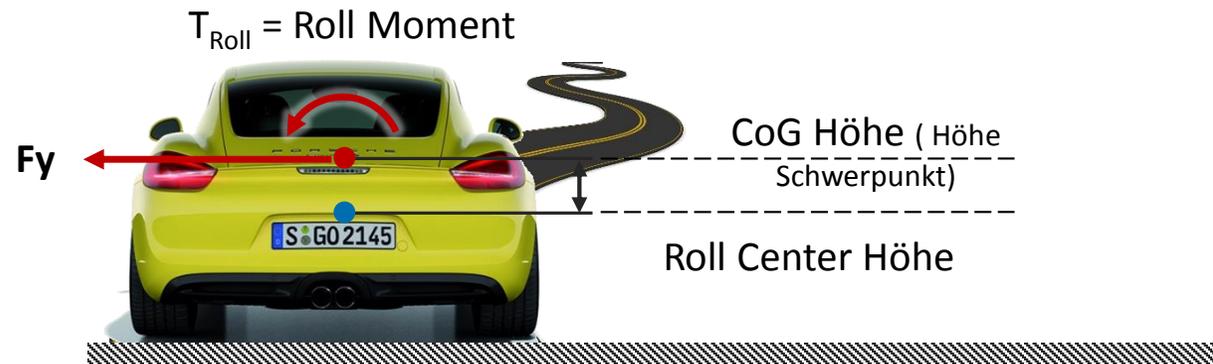
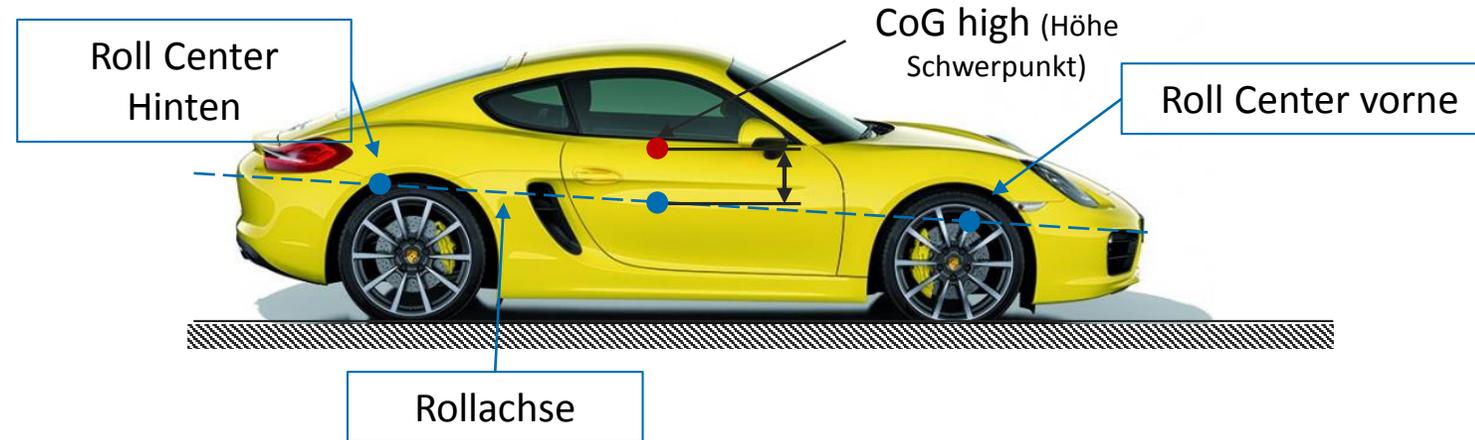
Auf Grund der Vielseitigkeit der Einflüsse auf die Lenkrückstellmomente ist der Nachlaufwinkel in Verbindung mit Nach- oder Vorlaufversatz, Sturz und Spreizung zu betrachten.



2.4 Rollzentrum - Notiz

2.4 Rollzentrum: Das *Momentanzentrum*, *Rollzentrum*, oder auch *Wankzentrum* genannt, ist der über der Achsmitte liegende Bewegungspol, bei dem man die Radaufhängung als Koppelgetriebe und die Radaufstandspunkte als Gelenkpunkte betrachtet. Das Wank- bzw. Rollzentrum ist der Punkt Mitte Wagen (von vorn), um den der Aufbau bei Angriff von Seitenkraft anfängt, sich zu neigen, und an dem außerdem die Seitenkraftabstützung zwischen Achse und Aufbau erfolgt, d.h. das sich der Fahrzeugaufbau in der Kurve neigt; er „rollt“. Einen indirekten Einfluss nimmt das Rollzentrum in Verbindung mit den dynamischen Radlasten auf den Reifen- Schräglaufwinkel. Ein hohes Rollzentrum bedeutet, ein hohes von dieser Achse abstützendes Moment gegen die Rollneigung und große Radlastdifferenzen. Wie in der Reifenkennlinie zu erkennen ist, bedeutet dies einen größeren Schräglauf und höhere Seitenkräfte. Mit der Lage der Rollzentren an Vorder- bzw. Hinterachse lässt sich das Über-, oder Untersteuerverhalten beeinflussen.

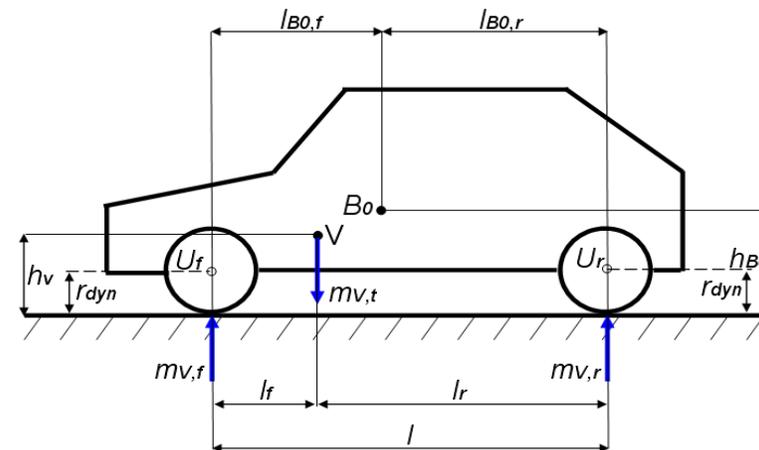
2.4 Rollzentrum



2.5 Schwerpunkt: Der Fahrzeugschwerpunkt ist der Punkt, in welchem man sich die gesamte Fahrzeugmasse inklusive Insassen und Zuladung konzentriert denken kann. Das Ziel der Fahrzeugkonstruktion ist in jedem Fall ein *niedriger Schwerpunkt*, wodurch das fahrdynamische Verhalten durch wenig Aufbau Rollen verbessert wird, und die Kurvenwilligkeit des Fahrzeugs und das Tauchen und Wanken, beim Beschleunigen und beim Bremsen reduziert wird. Beispielsweise zeigt der Porsche 911 (964,993,996) mit dem Konzept Heckmotor und Heckantrieb, welches rein physikalischer nicht mehr zeitgemäß ist, ein hervorragendes Beschleunigungs-, und Bremsverhalten. Nachteilig ist es, wenn der Schwerpunkt weit oben liegt, dann kann das Fahrzeug eher zum Pendeln neigen. Auch andere Fahreigenschaften, wie z. B. Bremstauchen oder Lastwechselreaktionen können sich verschlechtern. Auch das stärkere Aufbaurollen wirkt sich negativ auf die Fahrdynamik aus.

Fahrzeugschwerpunkt

Zur Berechnung des Bremsverhaltens und des Steigvermögens (max. überwindbare Steigung) eines Fahrzeugs wird die Lage des Fahrzeugschwerpunktes B_0 in x - y - z Richtung bezogen auf die Bodenebene, Mitte Vorderachse und seitlich zur Mitte Fahrzeug benötigt. Die Lage des Schwerpunktes ist von der Beladung abhängig, beim Einsteigen von Menschen bzw. beim Zuladen von Gepäck verlagert sich der für das Leerfahrzeug ermittelte Schwerpunkt nicht nur in Längsrichtung, sondern wandert auch geringfügig nach oben. Da ein Berechnen der Schwerpunktlage fast nicht möglich ist, wird die Ermittlung durch Wägung erreicht, was ausreichend genau ist.

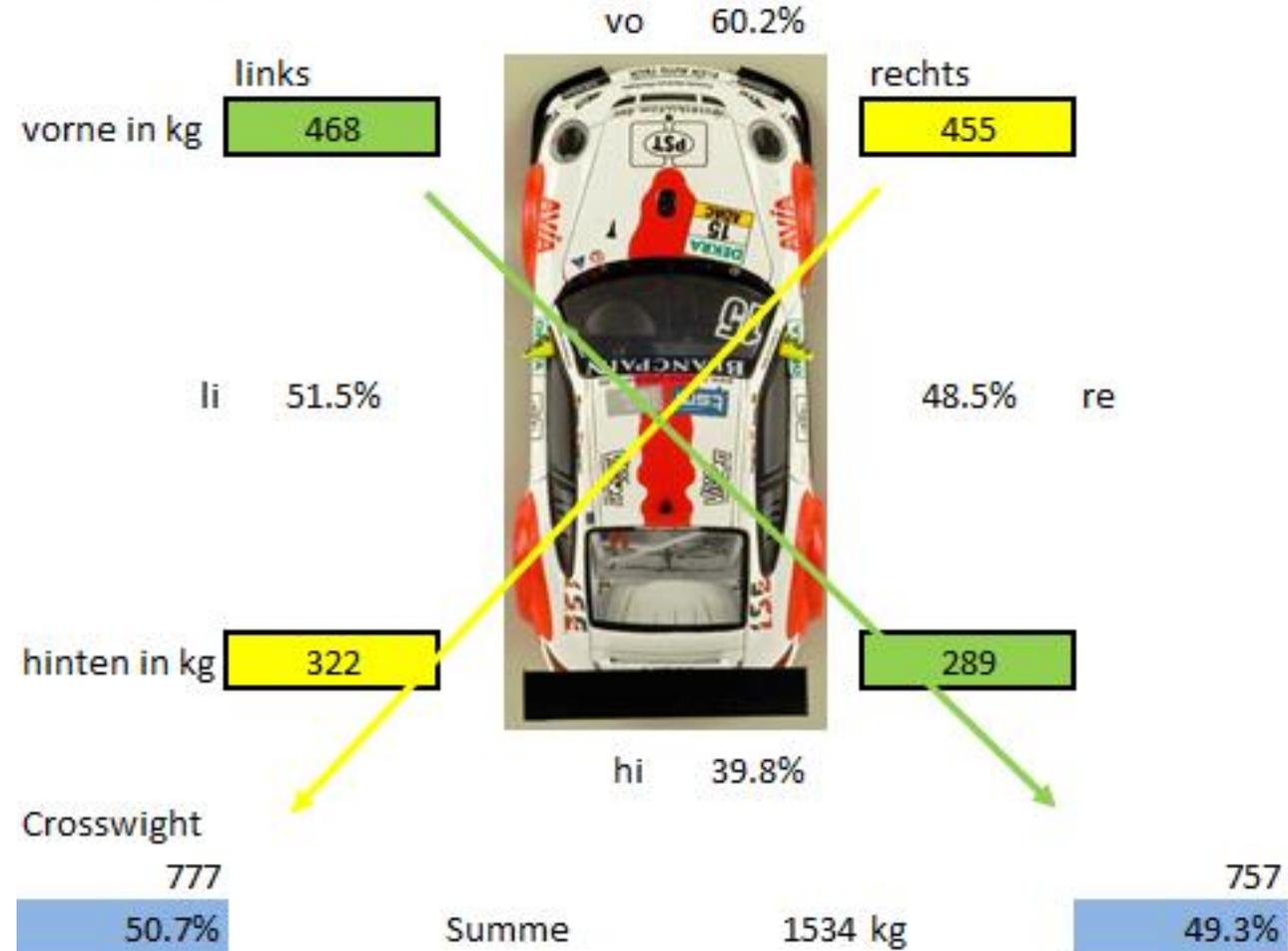


2.6 Radlasten: Jede einzelne Radlast ist dafür verantwortlich, dass sich das gesamte Fahrzeug in der *Balance* bzw. in einem achsbezogenen *Gleichgewicht* befindet. Im Optimalfall würde das heißen, dass sich das gesamte Fahrzeuggewicht gleichmäßig auf alle 4 Räder verteilt. Da sich in der Praxis jedoch mehrere unterschiedliche Beladungszustände ergeben, (voll besetzt, einzeln besetzt, Tank voll oder leer, Anhängerbetrieb und Kofferraum ebenfalls voll oder leer) wird nach einem Kompromiss für alle Beladungszustände gesucht. Einstellen, bzw. ausgleichen lassen sich die Radlasten durch unterschiedliche Vorspannung der Federn, wobei auf die gleichmäßige Fahrzeughöhe zu achten ist. Auch die dynamische Achs- bzw. Radlastverteilung beim Bremsen und Beschleunigen ist bei der Fahrzeugauslegung zu berücksichtigen.

(Anfahrverhalten, Wintertauglichkeit usw. werden immer wieder als Vor- und Nachteile diskutiert).

Radlasten

- Radlast:



3.1 Rad/Reifen: *Felgen* gehören zu den sogenannten ungefederten Massen (wie Bremsen, Radträger usw.) und nehmen zusammen mit den Reifen einen erheblichen Einfluss auf den Komfort, Sicherheit und Dynamik des Fahrverhaltens. Hierbei sind neben der Funktion, geringes Gewicht und hohe Steifigkeit wichtige Eigenschaften. Mit Hilfe der Kombination von *Reifen-* und *Felgengrößen* lässt sich das Fahrwerk spürbar beeinflussen. So erlaubt ein breites Rad (Felge in Zoll, Reifen in mm) durch eine breite Reifenaufstandsfläche hohe Seitenführungskräfte bei Kurvenfahrt und hohe Kräfte in Laufrichtung beim Beschleunigen und Bremsen aufzunehmen. Auch die Reifenmischung hat einen großen Einfluss auf die Kräfte zur Fahrbahn, ein höherer Reifenverschleiß wäre jedoch die Folge. Einen weiteren Einfluss nimmt das Verhältnis von Reifenhöhe zu Reifenbreite (Angabe in %). Hiermit lässt sich das Steuerverhalten weiter beeinflussen. So bedeutet ein niedriges Verhältnis H/B eine geringe Reifenflankenhöhe, was sich in einem direkteren, Einlenkverhalten bemerkbar macht. Diese sogenannten Niederquerschnittsreifen wurden zu Beginn der `80er Jahre salonfähig. Dagegen wirken Reifen mit einem höheren Verhältnis zusätzlich wie ein dämpfendes Element, was hauptsächlich der Komfortsteigerung und der Fahrsicherheit dient. Man kann sagen das sich mit den sogenannten „Sportreifen“ die physikalischen Grenzen, was höhere Kraftaufnahme bedeuten, nach oben verlegen lassen, gleichzeitig der Grenzbereich auch schmaler wird. Ein weiteres Unterscheidungsmerkmal ist neben ihrer Dimensionierung, deren Bauart. Diagonal und Radial. Bedeuten verschiedene Fadenwinkel zur Wulstverstärkungen und sind bzw. waren eine weitere „Spielmöglichkeit“ der Reifenentwickler.

Kurzgeschichte

1839: Der amerikanische Chemiker Charles Goodyear stellt Gummi-Schwefel-Gemische her und entdeckt durch Zufall die Vulkanisation (Patentanmeldung 1844).



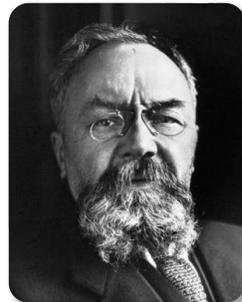
Goodyear



Dunlop

1888: Der schottische Tierarzt John Boyd Dunlop baut einen Luftreifen für das Dreirad seines Sohnes und meldet diesen als ersten Fahrradluftreifen zum Patent an.

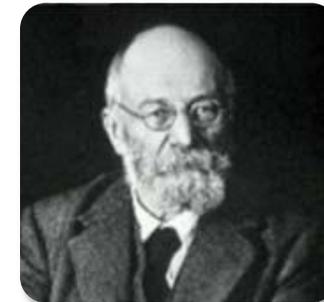
1895: Die französischen Industriellen Édouard und André Michelin bauen den ersten Luftreifen für ein Automobil (L'Eclair – der Blitz).



A. Michelin



Fahrzeugkonzepte und -systeme WS 2020/2021



É. Michelin

3.1 Reifen / Räder - Reifen Geschichte

Kurzgeschichte

1904: Die Firma **Continental** (gegründet 1871 in Hannover) baut die ersten **Profilreifen für Automobile**.

1943: **Continental** patentiert den **schlauchlosen Reifen**.



1946: Die Firma **Michelin** (gegründet 1889 in Clermont-Ferrand) patentiert den **Radial-Reifen**.

1960: Entdeckung des **Aquaplaning-Effektes**.

Anfang 1970er Jahre:
Produktion der ersten **Stahl-Gürtelreifen**.

1990er Jahre:

- Kieselsäure ersetzt teilweise Ruß (Nässeverhalten verbessert, Rollwiderstand reduziert).
- „Run-on-Flat“-Systeme.
- Leichtbaureifen (Masse und Rollwiderstand reduziert).



2001: **BioTRED**-Technologie – **Goodyear** ersetzt Ruß und Kieselsäure teilweise durch Maisstärke (Reduktion von Rollwiderstand, Verschleiß und Gewicht).
Fahrzeugkonzepte und -systeme WS 2020/2021

Anforderung an Reifen

Fahrdynamik/Sicherheit



- Hochgeschwindigkeitsfestigkeit.
- Betriebsfestigkeit.
- Kraftschluss (trocken, nass, Schnee, Eis).
- Geradeauslauf, Kurvenstabilität.
- Handling, Lenkpräzision.
- Masse.

Wirtschaftlichkeit



- Rollwiderstand.
- Anschaffungskosten.
- Verschleiß.
- Laufleistung.

Umweltverträglichkeit



- Partikelemission (Gummi).
- Energiebedarf bei der Herstellung.
- Ressourcenschonung.
- Wiederverwertung.

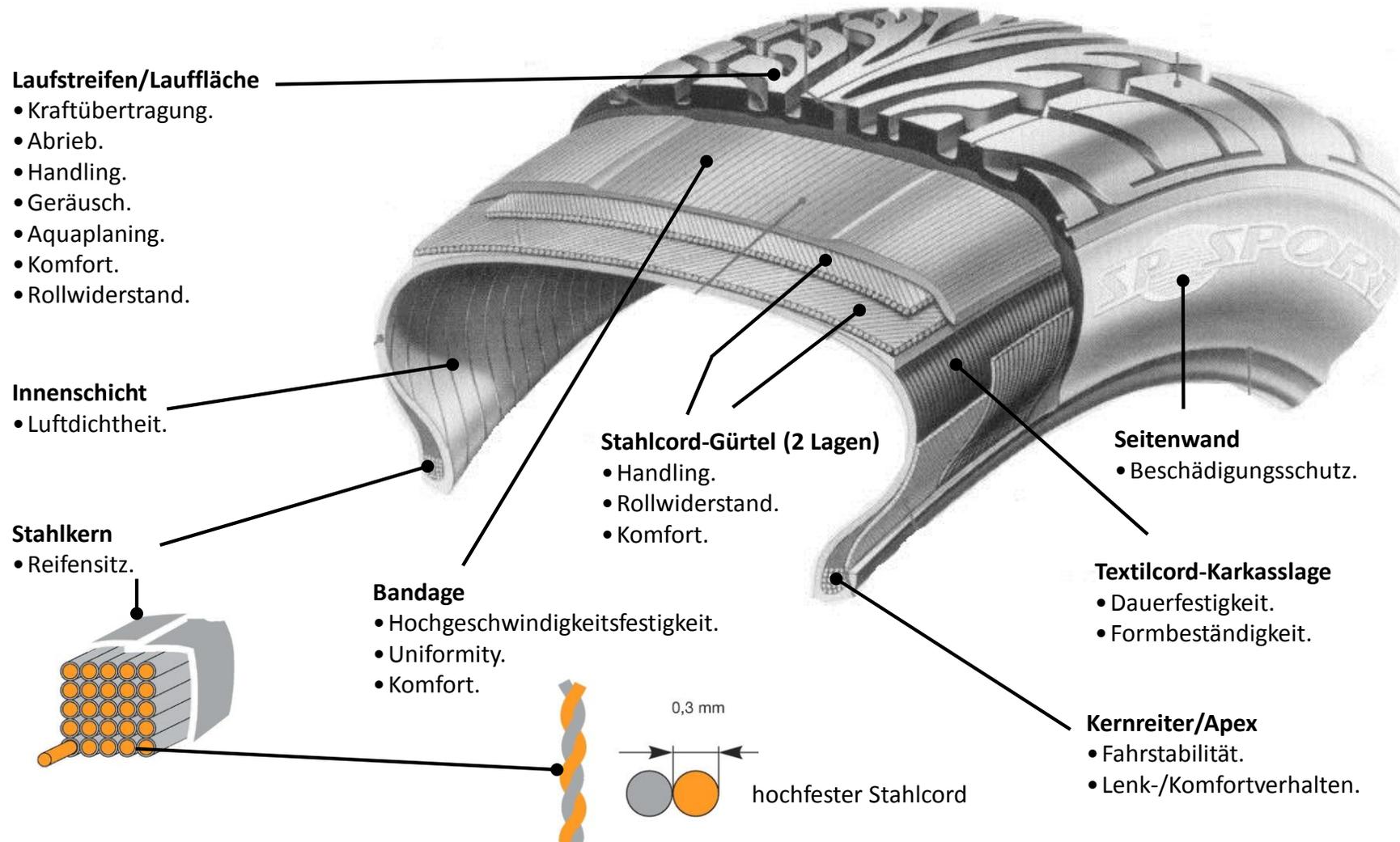
Komfort



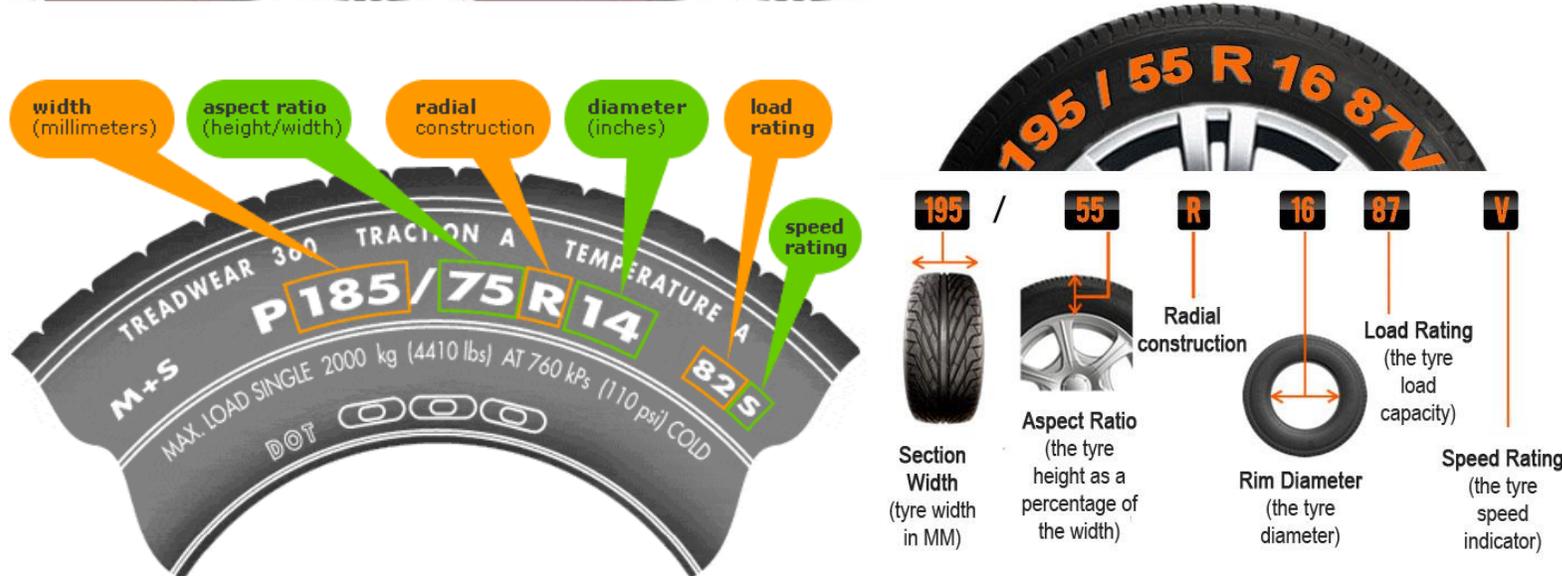
- Uniformity (Rundlauf).
- Abrollgeräusch.
- Abrollverhalten.
- Schwingungsverhalten.

Design

3.1 Reifen / Räder - Reifenaufbau



3.1 Reifen / Räder - Reifenkennzeichnung:



3.1 Reifen / Räder - Reifenkennzeichnung:

205/55 R 16 88 V

1" = 25,4 mm

Laufflächenbreite B

(B = 205 mm)

Querschnittsverhältnis H/B

(H = B x 0,55 ≈ 113 mm)

Reifenbauart

(R = Radialreifen)

Felgendurchmesser D

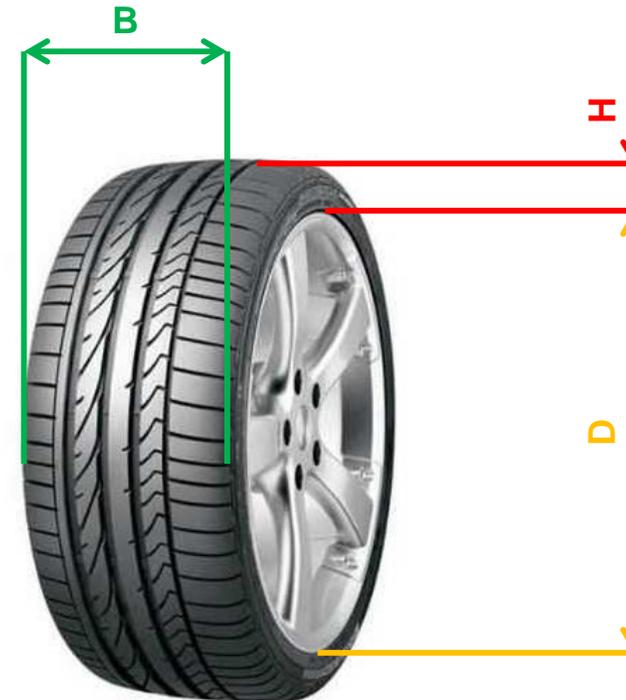
(D = 16" = 406,4 mm)

Tragfähigkeitsindex

(88 = 560 kg zul. Tragfähigkeit)

Geschwindigkeitsindex

(V = 240 km/h zul. Höchstgeschwindigkeit)



3.1 Reifen / Räder - Felgenkennzeichnung:

Radkennzeichnung

7,0 J x 16 H2 ET50

Maulweite A

(A = 7" = 177,8 mm)

Felgendurchmesser D

(D = 16" = 406,4 mm)

Form der Felgenhörner

(J-Form, Höhe = 17,3 mm)

Form und Anzahl der Humps

(H2 = Doppelhump)

Radbauart

(x = Tiefbettfelge)

Einpresstiefe der Radschüssel

(ET50 = 50 mm)

1" = 25,4 mm

3.1 Reifen / Räder - Reifentypen

Sommer



Winter



All Season



All Terrain



Slick
Intermediate



Slick
Rain



Slick
Super Soft



Slick
Soft



Slick
Medium



Slick
Hard



Der Stoßdämpfer, bzw. auch *Schwingungsdämpfer* genannt, ist eines der Bauteile am Fahrwerk welches am stärksten im „Einsatz“ ist. Gerade deshalb gehört den Stoßdämpfern bei der Entwicklung von Fahrzeugen eine erhöhte Aufmerksamkeit gewidmet, denn Sie sind ein wichtiges Abstimmungsbauteil. Um so erstaunlicher, dass vermutlich mehr Fahrzeuge mit abgenutzten Stoßdämpfern auf den Straßen unterwegs sind als Fahrzeuge mit abgefahrenen Reifen.

Im Fahrbetrieb sind Fahrzeuge ständig Schwingungsanregungen ausgesetzt. Um eine hohe Fahrsicherheit und auch guten Fahrkomfort zu gewährleisten, sind gut abgestimmte Stoßdämpfer erforderlich. Auch hier muss eine Kompromisslösung erarbeitet werden, die zum Ziel sowohl eine straffe Dämpfung – um das Springen der Räder, bzw. zu starkes Schwingen des Fahrzeugaufbaus zu verhindern und für möglichst guten Fahrbahnkontakt zu sorgen, aber auch bei weicher Dämpfung störende Beschleunigungen auf den Fahrzeugaufbau und die Insassen gering zu halten. Auch auf die Radlastschwankung hat der Dämpfer maßgeblichen Einfluss, wobei geringe Radlastschwankung ein Maß für gute Bodenhaftung ist. Die zu berechnende Größe ist hierbei die Schwingungszahl n , die sich mit Hilfe der Federkonstanten c und der Massenanteile m des Fahrzeugaufbaus berechnen lässt. Angestrebt werden in der Pkw Entwicklung Eigenfrequenzen von 1,2 -1,4 Hz (Die Eigenfrequenz des Magens beträgt 1 Hz, die der Augen 4 Hz, welche bei Auftreten zu Unwohlsein, bzw. Sehstörungen führen können). Das Auftreten von gekoppelten, bzw. sich überlagernden Schwingen ergibt eine weitere Problematik. So können sich, je nach Frequenzlage einzelne Schwingungen addieren, bzw. sich gegenseitig ausgleichen. Als negatives Beispiel im Fahrwerksbereich kann man die Resonanzschwingung beim Überfahren von sinusartigen Bodenwellen aufführen. So gibt sich hierbei eine kritische Geschwindigkeit, bei welcher keine Dämpfung mehr erfolgen kann und das Fahrzeug ungefedert über die Bodenwelle fahren würde

Federung und auch die Dämpfung sind bei einem Fahrzeug hauptverantwortlich für den Fahrkomfort, dynamischen Radlasten, Fahrverhalten und für die Wank- und Nickneigung der Fahrzeugkarosserie. Der Stoßdämpfer bestimmt beim Ein- als auch beim Ausfedern, über seine *Druck- und Zugstufe* die Dämpfungskräfte, wobei die Feder über Ihre Rate und Länge hauptsächlich den Einfederweg und das Einfederverhalten (hart/weich) bestimmt. Werden, wie in der Tuningbranche, was häufig durchgeführt wird, nur die Fahrwerksfedern gegen meist härtere und kürzere ausgetauscht so wird das Fahrverhalten und die Fahrsicherheit gegenüber der vom Hersteller erarbeiteten Lösung in der Regel verschlechtert. Liegt also das Interesse vor, das Fahrwerk eines Fahrzeuges sportlicher zu gestalten und ein Höchstmaß an Fahrsicherheit beizubehalten, so ist es dringend empfehlenswert, den Komplettaustausch von Federn und Dämpfern vorzunehmen. Bei den Federn an sich sind mehrere Arten zu unterscheiden: Stahlfedern (Blattfedern, Schraubenfedern, Drehstäbe – auch Torsionsfeder genannt), Luft- und Gasfedern, Kunststoff-(Blatt-)Federn und Gummifedern (Mini –Cooper). Welche Federnart zum Einsatz kommt hängt meist von der Höhe der Belastung, des zur Verfügung stehenden Bauraums und natürlich von der Wirtschaftlichkeit ab. Durchgesetzt hat sich die Schraubenfeder welche in Kombination mit dem Stoßdämpfer als Federbein und als Radführende Komponente (McPherson) Platz- und Kostensparend bei vielen Fahrzeugen eingesetzt werden.

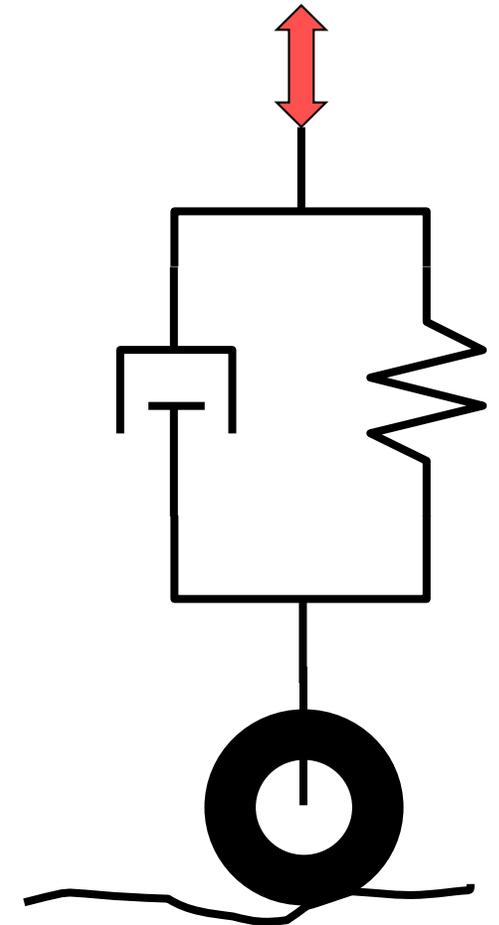
Aufgaben des Feder- Dämpfer-Systems

Die Federung und Dämpfung hat maßgeblichen Einfluss auf:

- die Fahrsicherheit (dyn. Radlastschwankungen)
- den Fahrkomfort (Beschleunigungen am Fahrzeug)
- die Beanspruchung von Fahrzeugbauteilen (Bauteilfestigkeit)
- Hierbei stehen Fahrsicherheit und Fahrkomfort im direkten Zielkonflikt zueinander.

Die Anforderungen an Federung und Dämpfung eines Fahrzeuges sind insbesondere:

- niedrige Eigenfrequenz (1...2 Hz, Vertikalschwingung des Aufbaus) durch weiche Federung
- kleine ungefederte Massen
- gleiche Federungseigenschaften bei unterschiedlicher Beladung

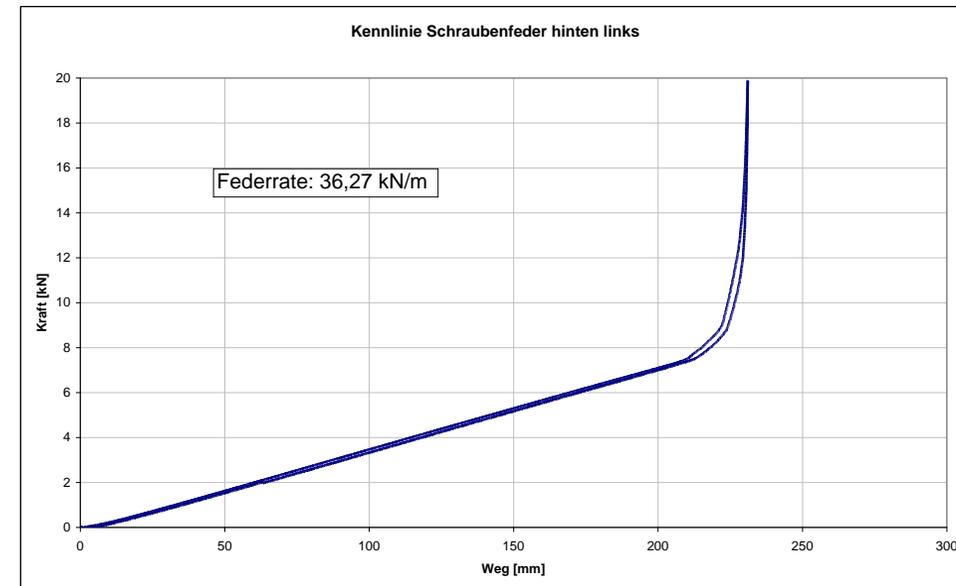


Historie zu Feder- Dämpfer-Systemen



- zu Beginn hauptsächlich Blattfedern (auch aus Holz, Kutschenbau)
- mit Einführung der Einzelradaufhängung setzten sich Schrauben- und Drehstabfedern immer mehr durch
- 1951 erstes hydropneumatisches Luftfedersystem (Citroen)
- in den 50er Jahren des 20. Jh. erste Luftfedersysteme im Pkw (Borgward)
- heute sind Luftfedersysteme bei Oberklasse-Pkw und Nfz Standard

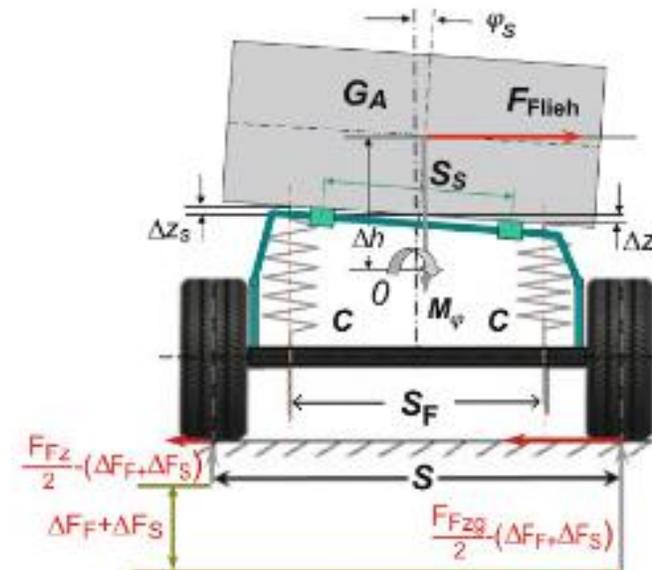
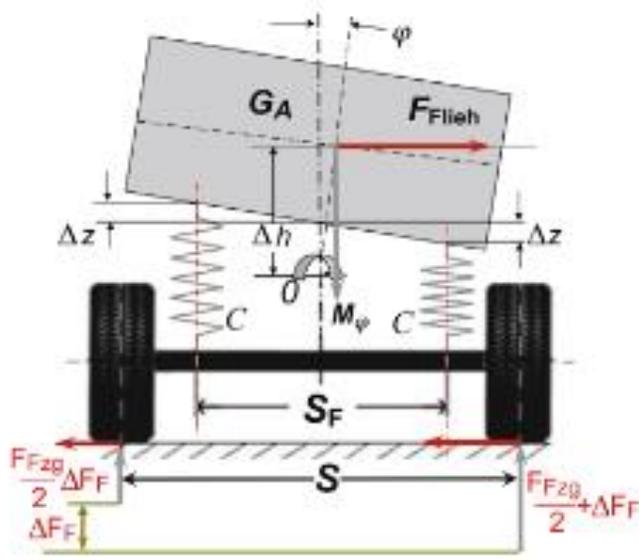
3.2 Stoßdämpfer / Feder



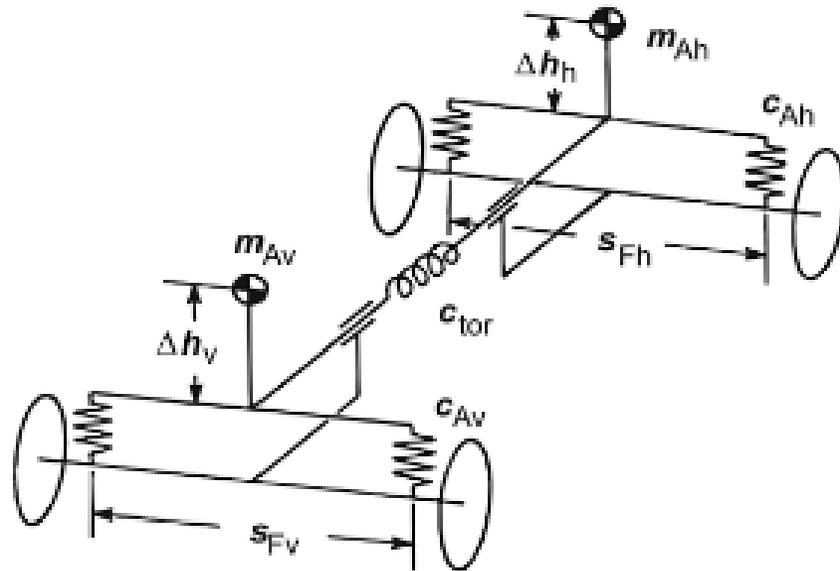
Der Stabilisator ist im eigentlichen Sinne eine Drehstab- oder auch Torsionsfeder, und soll die Wankneigung des Fahrzeugaufbaus bei Kurvenfahrten verringern und das Steuerverhalten beeinflussen, bzw. die Fahrsicherheit erhöhen. Federt das kurvenäußere Rad ein, so versucht der Stabilisator durch seine Torsionssteifigkeit sich gegen das Kurveninnere Rad abzustützen. Dies sorgt dann dafür, dass beim kurveninneren Rad die Radlast abnimmt und irgendwann das Rad abhebt. Je härter ein „Stabi“ also ist, desto weniger neigt sich der Fahrzeugaufbau, desto größer wird die Radlastverlagerung von Innen nach Außen.



Hinterer Stabilisator eines Porsche 911 (Typ 996)

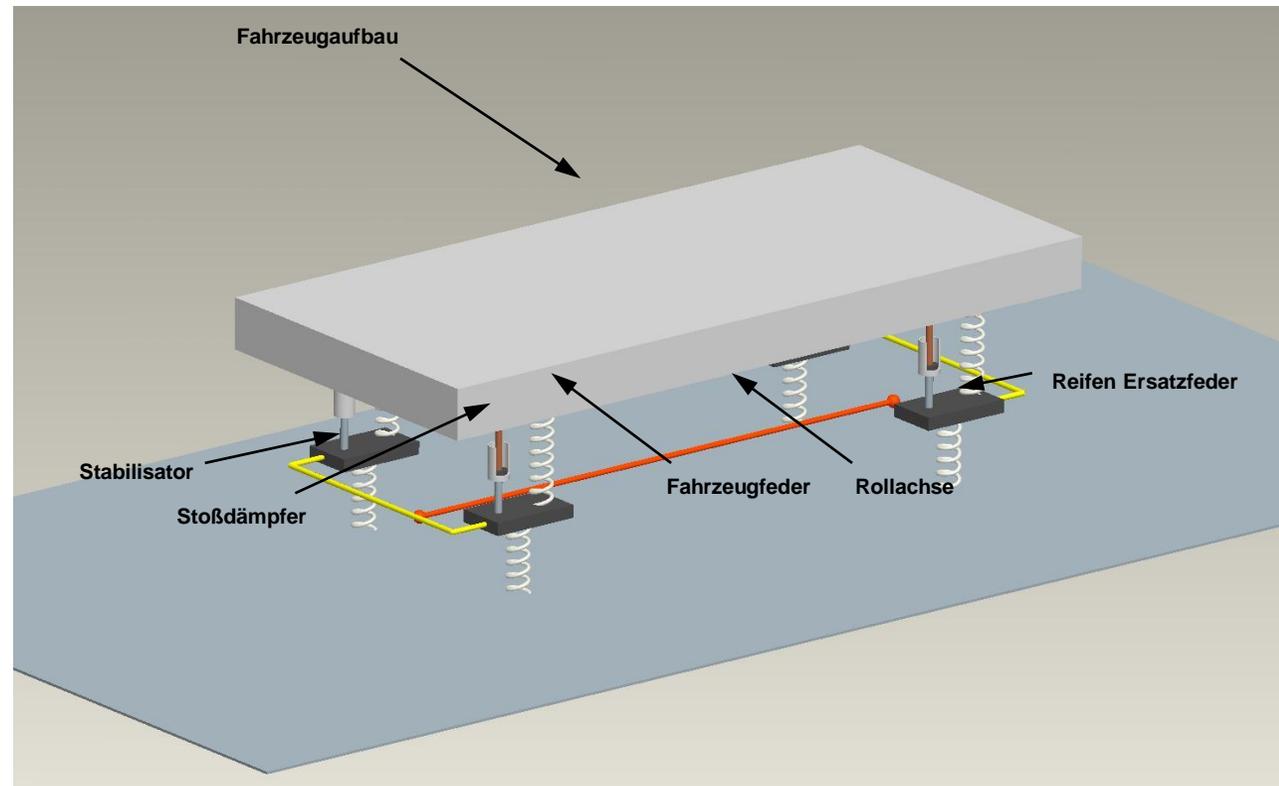


3.3 Stabilisator - Einfluss der Karosserie-Torsionssteifigkeit



3.3 Stabilisator

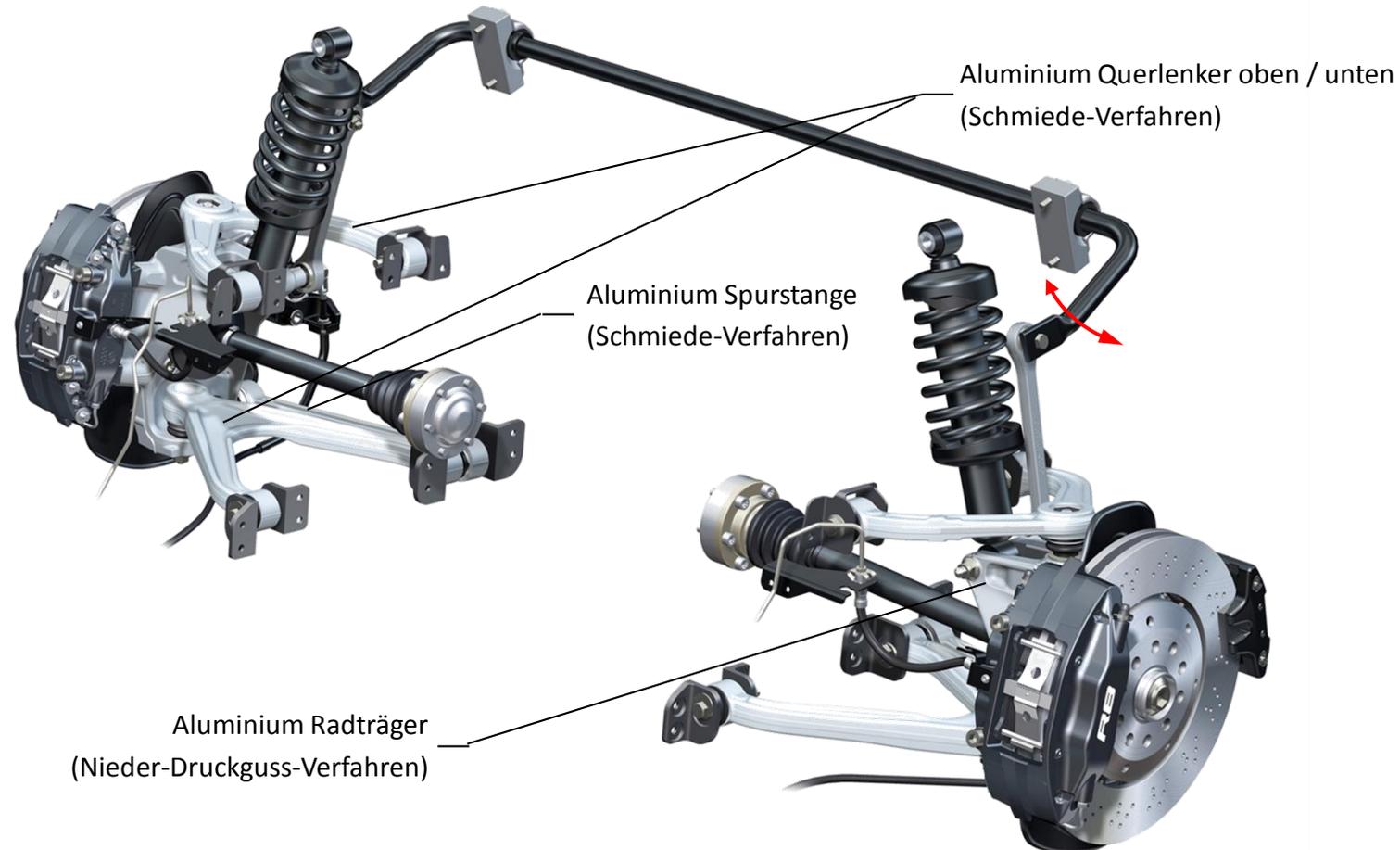
Schematisches Masse-Feder-Dämpfer System, Gesamtfahrzeug



3.3 Stabilisator - Federungssysteme

Varianten der Federung – Beispiel: Fahrwerk Audi R8

Hinterachse Audi R8
Audi R8 rear suspension



Durch die verschiedenen Achskonzepte, die heutzutage zum tragen kommen, ergeben sich zum Teil sehr aufwendige Konstruktionen, die einen erheblichen Mehraufwand an Bauteilen benötigen. So gehören zu den verwendeten und benötigten Bauteilen; Lenkung, Bremsen, Radnaben, meist mehrere Querlenker, Zugstreben, Lenkhebel, Traglenker, Hilfsrahmen und diverse Lagerungen. Als Achskonzepte kommen an der Vorderachse die Doppelquerlenker-Radaufhängung, Mehrlenkerachsen, radführende Federbeine und (nur noch in Einzelfällen) radführende Dämpferbeine zum Einsatz. An der Hinterachse können ebenfalls Doppelquerlenker-Radaufhängungen, Pendelachsen, Mehrlenkerachsen, Starrachsen, Raumlenerachsen verbaut werden

3.4 Aufhängung/Radführung - Anforderung

Festigkeit, Haltbarkeit

- Maximallasten
- reguläre Betriebsbelastungen

Fahrsicherheit, Fahrverhalten

- Darstellung definierter Fahrwerkskennwerte: Sturz, Spur, Nachlauf, Spreizung, Nachlaufstrecke, Lenkrollradius
- Gewährleistung der Radstellungsänderung im Betrieb bei Einfedern, Längs- u. Querkraft
- Festlegung v. Wankachse und Nickpol

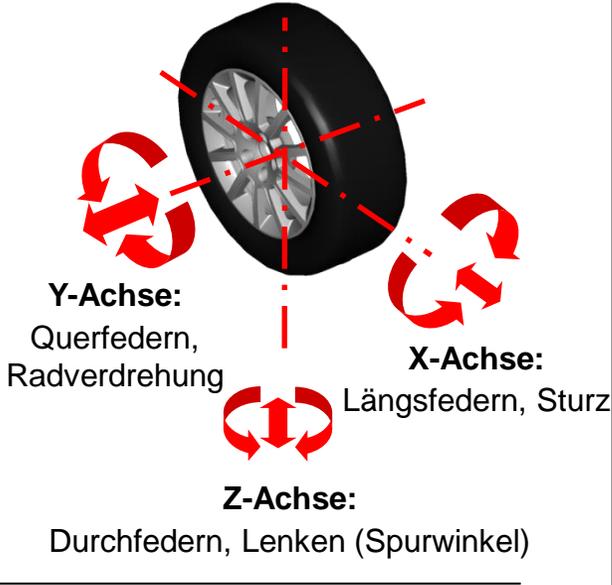
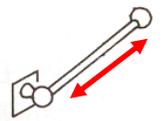
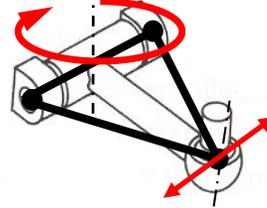
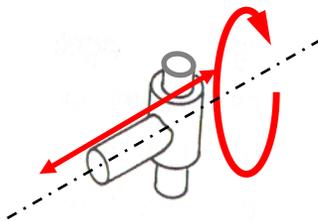
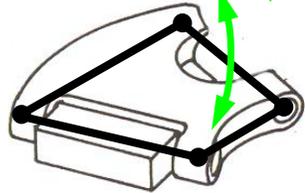
Komfort

- Federwege
- Abrollhärte
- Ansprechverhalten (geringe Reibung)
- geringe ungefederte Massen
- Bremsnick- und Anfahrtauchreduzierung

Wirtschaftlichkeit

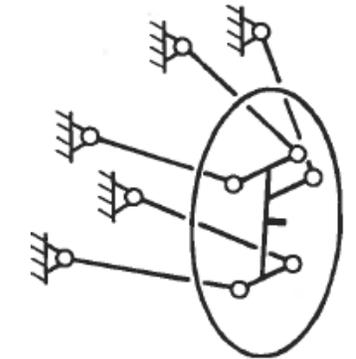
- Kosten
- Bauraum
- Gewicht
- Recycling

3.4 Aufhängung/Radführung - Varianten der Radaufhängung

<p>Rad mit 6 Freiheitsgrade (FG) 3 x translatorisch 3 x rotatorisch</p>  <p>Y-Achse: Querfedern, Radverdrehung</p> <p>X-Achse: Längsfedern, Sturz</p> <p>Z-Achse: Durchfedern, Lenken (Spurwinkel)</p> <p>IDEAL: 5 Einfachstreben mit Kugelköpfen „fesseln“ 5 Bewegungen → vertikale Einfederung bleibt frei</p>	<p>Strebe</p> 	<p>Fixierung von: 1FG</p>	<p>Beispiel: Einzellenker (Zug-Druck)</p>
	<p>Dreieckslenker</p> 	<p>2 FG</p>	<p>Dreiecks-Lenker in Vorderrad-aufhängungen</p>
	<p>Dreh – Schub - Gelenk</p> 	<p>2 FG</p>	<p>Vorderachs-aufhängung mit radführendem Federbein</p>
	<p>Trapezlenker (frei)</p> 	<p>4 FG</p>	<p>Untere Trapezlenker in Hinterrad-aufhängungen</p>

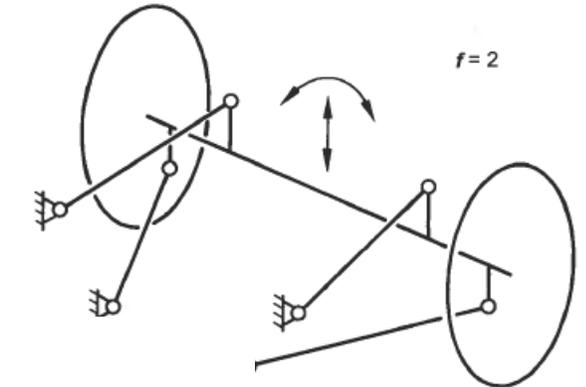
Einzelradaufhängung

- die Räder einer Achse können sich unabhängig voneinander bewegen
- pro Rad ein Freiheitsgrad in Einfederrichtung
- restliche 5 Freiheitsgrade werden Aufhängung bzw. Lenksystem aufgenommen



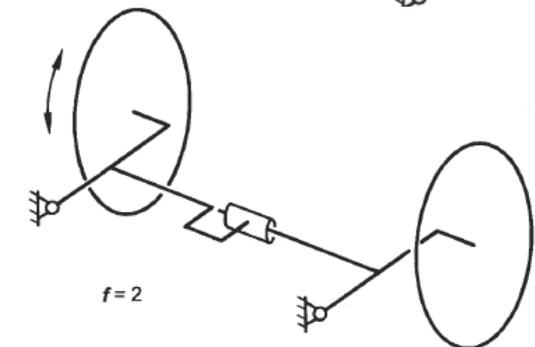
Starrachse

- Räder einer Achse fest miteinander gekoppelt
- unterschiedliche statische Ausgangswerte der Radstellung möglich
- für gleich- und wechselseitiges Einfedern 2 Freiheitsgrade erforderlich
- Aufhängung nimmt restliche 4 Freiheitsgrade auf



Verbundlenkerachse

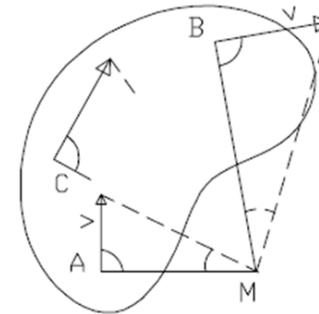
- Relativbewegung zw. den Rädern der Achse möglich
- keine unabhängige Bewegung, gegenseitige Beeinflussung



a) Drehung eines Körpers

- Punkte des Körpers drehen sich um Drehpunkt M
- Bewegungsrichtung senkrecht auf Radius zu M
- Geschwindigkeit proportional zum Abstand von M

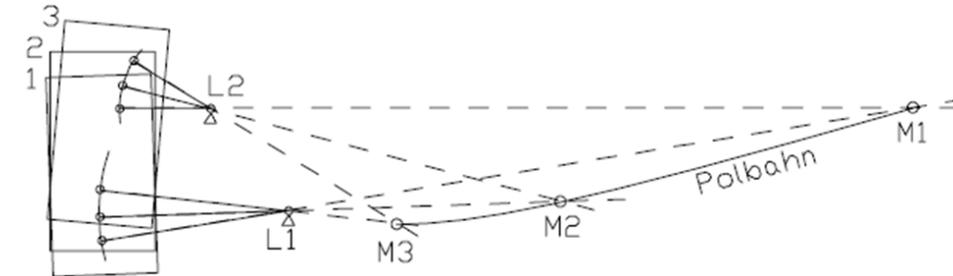
a)



b) Befestigung mit Lenkern (Streben)

- Befestigung mit Lenker zweifach gelenkig
- Bewegung eines Anbindungspunktes senkrecht zu seinem Lenker
- Bestimmung Momentanpol M mit der Bewegungsrichtung zweier Punkte in der Ebene
- Mit Bewegung des Körpers kann sich Pol M auf Polbahn bewegen

b)

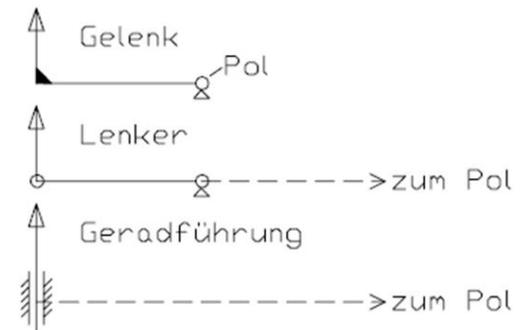


- Bei räumlichen Gebilden: Momentanachse

c) Führungselemente

- einseitig drehbares Gelenk: Drehpunkt ist Pol
- zweiseitig drehbarer Lenker: Pol auf Gerade durch Drehpunkte
- Geradführung: Pol auf senkrechter Geraden durch Führung

c)



4. Antriebskonzepte - Notiz



In der heutigen Fahrzeugkonstruktion kommen grundsätzlich 3 verschiedene Antriebskonzepte zur Anwendung, welche sich nur durch die Lage Ihres Motors im einzelnen unterscheiden. Front- und Heckantrieb, als auch Allradantrieb. Alle 3 Konzepte haben unterschiedliche Zielsetzungen und Ansprüche. Jedes Prinzip hat seine Vor- und Nachteile. Welches jedoch zum Einsatz kommt hängt nicht zuletzt von wirtschaftlichen Gesichtspunkten und Marketing Vorgaben ab.

Mit einem längs- oder querliegender Motor, hat der Vorderradantrieb zahlreiche **Vorteile**, die ihn zum Verbreitetsten Antriebskonzept machen:

- Hohe Fahrsicherheit, besonders auf rutschigem Untergrund: Der Wagen wird gezogen und nicht geschoben.
- Tendenz zum untersteuerndem Kurvenverhalten, was im allgemeinen leichter zu kontrollieren ist.
- Geringe Seitenwindempfindlichkeit.
- Last auf den gelenkten und angetriebenen Rädern
- Großer Innenraum auch ohne störenden Kadarntunnel
- Kostensparend aufgrund geringerer Bauteilzahl, bzw. einfacher Montageverfahren
- Kurzer Kraftfluss, weil Motor und Getriebe eine Einheit bilden.
- Einfache Hinterachs konstruktionen möglich.

Die **Nachteile** sind:

- bei voller Beladung schlechteres Anfahrvermögen auf rutschigem Untergrund.
- Bauraum begrenzt Motorlänge. (z.B. 5-Zylinder Audi)
- Wendekreis durch den begrenzten Beugungswinkel (50°) der Gelenkwellen eingeschränkt.
- Bei weicher Lagerung, regen Bodenunebenheiten das Antriebsaggregat zu Eigenschwingungen an (Stuckern).
- Durch begrenzten Bauraum schwierige Anordnung der Lenkung.
- Durch die hohe Achslast sind große Lenkübersetzungen und Lenkunterstützungen notwendig.
- Hohe Lenkkräfte machen keine hohen Nachlaufwinkel möglich.

Der Motor befindet sich hierbei entweder im Heck und wird als reiner Heckmotor hinter der Hinterachse montiert, oder als Mittelmotor vor der Hinterachse. Zum Einsatz kommt der Heckantrieb auch in Verbindung mit einem Frontmotor. War zu Beginn der Fahrzeugkonstruktion der Heckantrieb wegen seiner Robustheit und Reparaturfreundlichkeit sehr verbreitet, so rückte er gegenüber dem Frontmotor wegen wirtschaftlicher und bauraumtechnischer Gründe in den Hintergrund. Die Hersteller, die heute weiterhin am Heckantrieb festhalten, sind sowohl im oberen Preissegment angesiedelt und haben es aufgrund Ihrer Erfahrung erreicht, die Vorteile dieses Konzeptes positiv einzusetzen

Die Nachteile des Hinterachsantriebs bei Pkw sind:

- mäßiger Geradeauslauf (Nachlaufwinkel von bis zu 8° werden werksseitig vorgesehen).
- hohe Seitenwindempfindlichkeit
- indifferentes Kurvenverhalten im Grenzbereich beim Mittelmotor. (es ist nicht immer eindeutig ob der Wagen zum Unter- oder Übersteuern neigt)
- Übersteuerverhalten beim Heckmotor.
- bei glattem Untergrund unwilliges Lenkverhalten aufgrund geringer Vorderachslast.
- ungünstige Reifenauslastung (hohe Hinterachslast, Gewicht und Antrieb)

Hingegen bietet der **Hinterachs Antrieb mit Heckmotor** folgende **Vorteile**:

- sehr agiles Fahrverhalten aufgrund des geringen Gier Trägheitsmomentes. (Drehfreudigkeit um die Fahrzeughochachse)
- gute Traktion beim Anfahren und bei Steigungen, fast unabhängig vom Beladungszustand.
- kurzer Kraftfluß, weil Motor, Schalt- und Ausgleichsgetriebe eine Einheit bilden.
- aufgrund geringer vorderer Achslast leichgängige Lenkung.
- Günstige Bremslastverteilung. Die dynamische Achslast verteilt sich auf die „leichte“ Vorderachse.
-

Die Nachteile des **Hinterachs Antriebs mit Mittelmotor** bei Pkw sind:

- mäßiger Geradeauslauf (Nachlaufwinkel von bis zu 8° werden werksseitig vorgesehen).
- hohe Seitenwindempfindlichkeit
- indifferentes Kurvenverhalten im Grenzbereich beim Mittelmotor. (es ist nicht immer eindeutig ob der Wagen zum Unter- oder Übersteuern neigt)
- bei glattem Untergrund unwilliges Lenkverhalten aufgrund geringer Vorderachslast.
- ungünstige Reifenauslastung (hohe Hinterachslast, Gewicht und Antrieb)

Zu unterscheiden ist hierbei, ob sich um einen permanenten Allradantrieb handelt, bei dem also ständig alle Räder angetrieben werden oder ob es sich um einen zuschaltbaren Allradantrieb handelt.

Wobei beim Zuschaltbaren entweder der Fahrer nach eigenem Ermessen oder die Fahrzeugelektronik nach Bedarf diesen hinzuschaltet oder sogar gezielt steuert. Von den 3 aufgeführten Antriebskonzepten bietet der Allradantrieb sicherlich die höchste Fahrsicherheit.

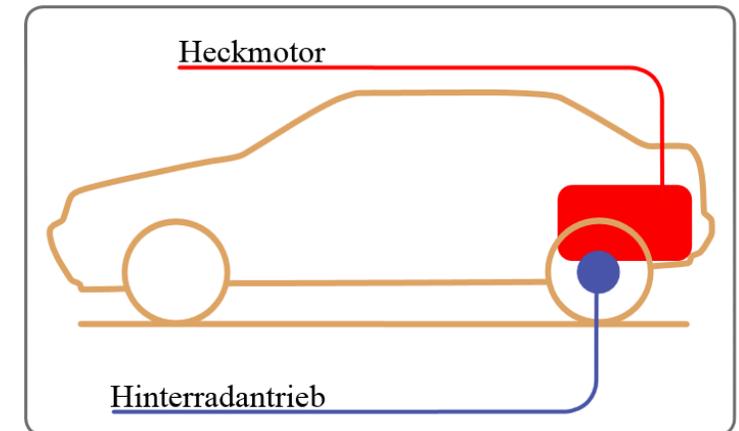
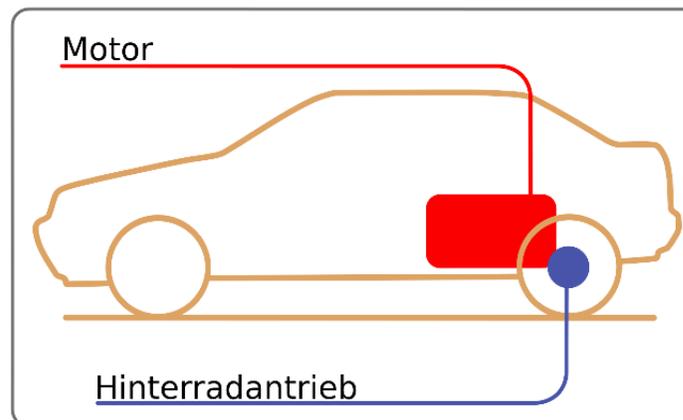
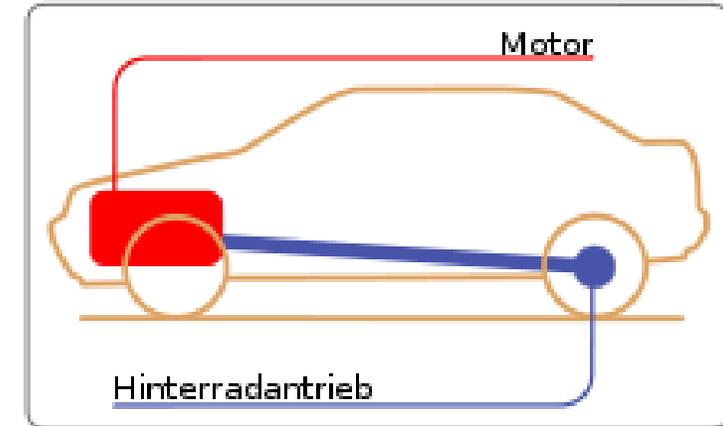
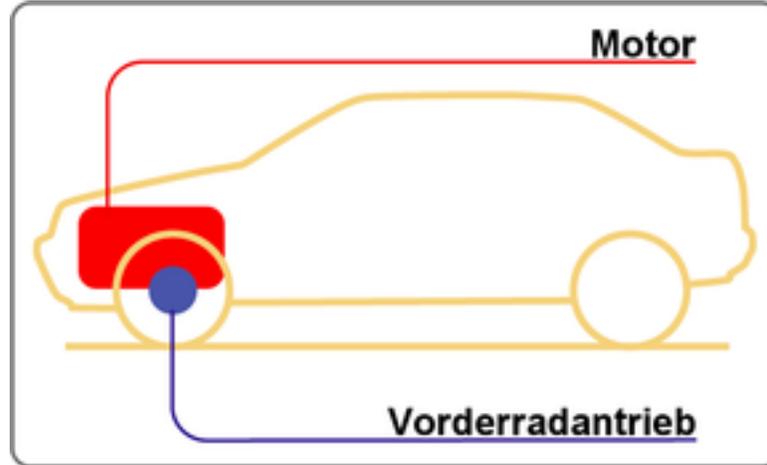
Diese ergibt sich aus den folgenden **Vorteilen:**

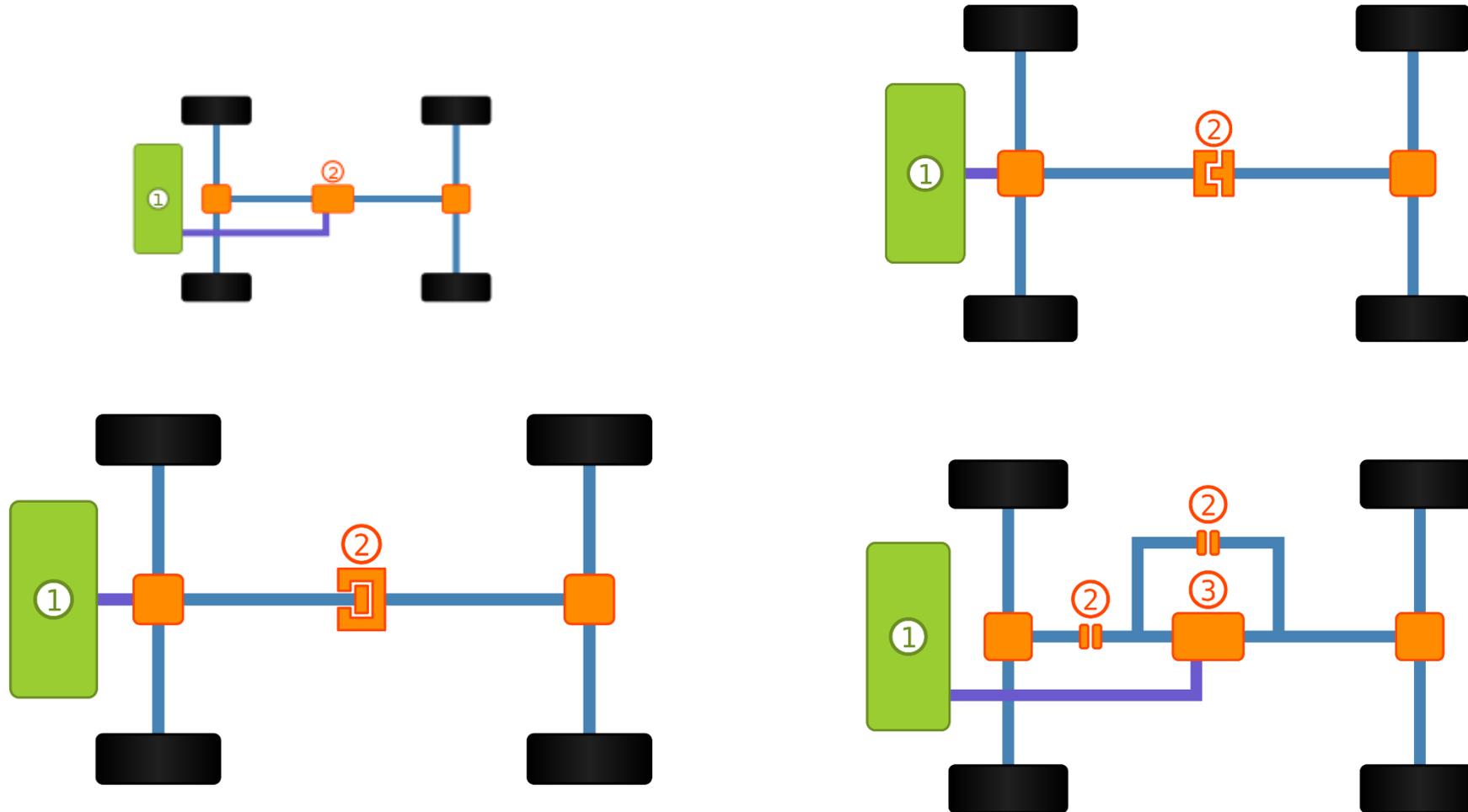
- die bei allen Fahrbahnzuständen, vor allem bei Nässe und Schnee, bessere Traktion.
- geringe Seitenwindempfindlichkeit.
- Besseres und spurstabiles Beschleunigungsverhalten vor allen in unteren Gängen bei hoher Motorleistung.
- Stabilitätsreserven beim Überfahren von Schneematsch und Schneespuren.
- Höhere Sicherheit bei Aquaplaning
- Verminderte Lastwechselreaktionen
- Gleichmäßiger Reifenverschleiß.
- Deutlich weniger Schlupf und dadurch geringerer Reifenverschleiß

Die sich ergebenden **Nachteile** sind systemabhängig und meist wirtschaftlicher Art:

- höhere Anschaffungskosten aufgrund höherer Teilevielfalt.
- Ein höheres Leergewicht des Fahrzeugs.
- Verringerte Höchstgeschwindigkeit durch mehr Schlepplast.
- Kraftstoffmehrverbrauch von 2%-5%

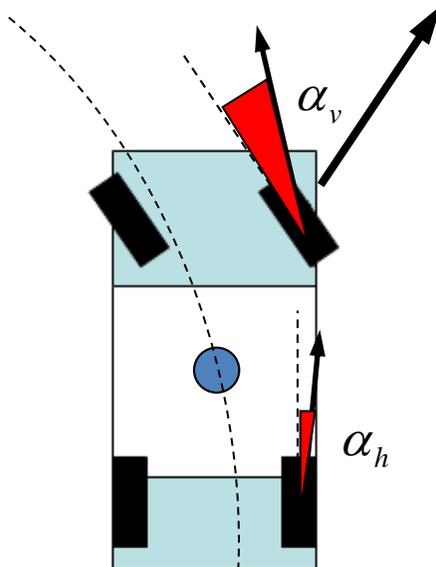
4. Antriebsarten





Es gibt mehrere entscheidende Faktoren die erheblichen Einfluss auf das Fahrverhalten nehmen. Hierzu gehören die Art der Beladung und die sich dadurch ergebende veränderte Schwerpunkts Lage und die Veränderung des Massenträgheitsmomentes. Die Wanksteifigkeit, die Achskinematik, die Elastokinematik und die Lenkelastizität beeinflussen das Fahrverhalten ebenso deutlich. Art des Antriebkonzeptes und die Wirkungsweise der Differentialsperre(n) spielen auch eine wichtige Rolle. Im normalen Fahrbetrieb machen sich die Stärken eines Fahrwerks meist nur als angenehmes Verhalten mit einem sichern Gefühl bemerkbar. Deutlich werden die Stärken eines Fahrwerks, aber vor allem seine Schwächen erst im physikalischen Grenzbereich. So können in unterschiedlichen Fahrsituationen, beispielsweise beim Bremsen und Beschleunigen auf der Geraden oder in Kurven oder bei der Kurvenfahrt unterschiedliche Extremsituationen auftreten. Bei der Fahrzeugerprobung werden die einzelnen Verhaltensweisen eines Fahrzeuges mit standardisierten Fahrmanövern ermittelt. (VDM/ ISO – Test) und bei umfangreichen Fahrten subjektiv beurteilt und abgestimmt.

Übersteuern / Untersteuern Definition nach Olley



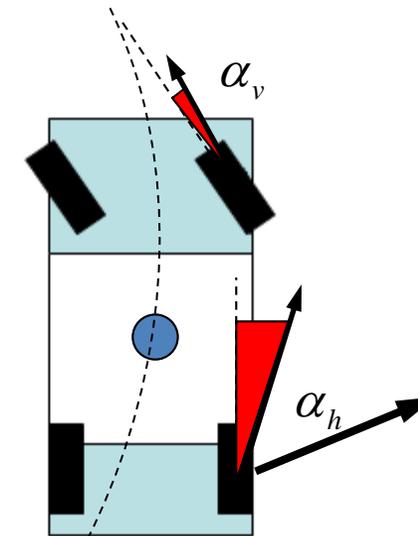
Untersteuern

- Untersteuern (understeer)
- Neutral (neutralsteer)
- Übersteuern (oversteer)

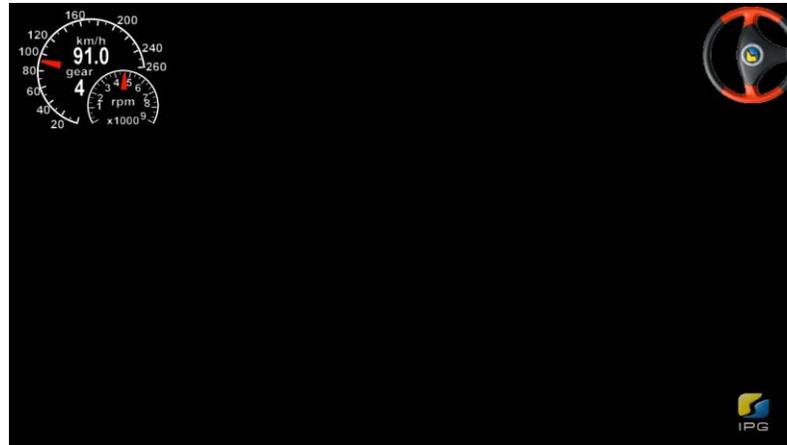
$$\alpha_v > \alpha_h$$

$$\alpha_v = \alpha_h$$

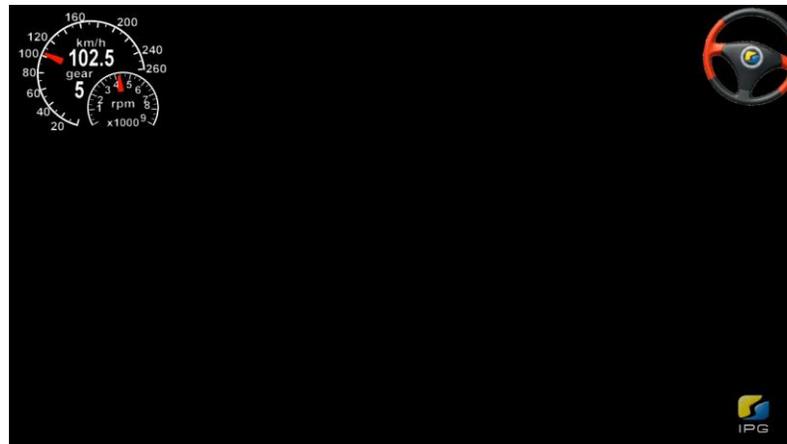
$$\alpha_v < \alpha_h$$



Übersteuern



Untersteuern



Übersteuern

Fehler beim Fahrverhalten und ihre möglichen Ursachen:

Untersteuern während der Kurvenfahrt tritt in den meisten Fällen da auf, wo der Fahrzeugschwerpunkt weit vorn liegt, d.h. die größte Last liegt auf der Vorderachse. Steigt also während der Kurvenfahrt die Radlast so weit an, dass sie gegenüber der Seitenführungskraft der vorderen Reifen zunimmt, so verlieren die Vorderräder Ihre Haftung und das Fahrzeug schiebt über die Vorderachse. Es untersteuert. Folgende Ursachen können hierfür der Grund sein, wodurch sich dann auch entgegenwirksame Maßnahmen ergeben:

- Achslastunterschied
- Unterschiedliche Rollratenverteilung
- Vorderer Stabilisator zu hart oder hinterer zu weich.
- Vordere Feder zu hart oder hintere zu weich.
- Vorderer Stoßdämpfer zu hart oder hinterer zu weich.(was sich nur im Einlenkmoment bemerkbar macht)
- Zu geringer negativer Sturz an der Vorderachse.
- Reifenluftdruckunterschied Vorderachse/Hinterachse.
- Abhängigkeit von der aerodynamischen Balance, die von der Fahrgeschwindigkeit beeinflusst wird, z. B. zu geringer Abtrieb an der Vorderachse, bzw. zu viel an der Hinterachse.

6.2 Übersteuern - Notiz

Übersteuern während der Kurvenfahrt tritt in der Regel da auf, wo der Fahrzeugschwerpunkt im hinteren Teil liegt. Wirkt also während der Kurvenfahrt das hohe Gewicht immer mehr, so wirkt auch hier die Querkraft der Seitenführungskraft entgegen und die hinteren Reifen verlieren die Haftung. Das Fahrzeug bricht hinten aus. Es übersteuert. Mögliche Ursachen hierfür können sein:

- Hinterer Stabilisator zu hart oder vorderer zu weich eingestellt.
- Hintere Federn zu hart oder zu weich.
- Unterschiedliche Rollratenverteilung.
- Hintere Stossdämpfer zu hart oder vorderer zu weich.(gilt nur im Übergangsbereich)
- Geringer negativer Sturz an der Hinterachse.
- Reifenluftdruck an der Hinterachse zu niedrig.
-

6.3 Wechselndes Über- Untersteuern:

- zu viel Spiel an Anlenkpunkten.
- zu viel Nachlauf an der Vorderachse.
- vorderen Stossdämpfer zu hart.
- Hinteren Stoßdämpfergummis (Bump-stops; die das Durchschlagen der Dämpfer verhindern sollen) zu lang.

6.4 Übersteuern in Linkskurven, Untersteuern in Rechtskurven bzw. entgegengesetzt:

- Unterschiedliche Radlasten (Corner Weights)
- Fahrzeugaufbau verzogen, oder verspannt an den Anlenkpunkten.
- Unterschiedliche Reifen. (Abrollumfang)
- Unterschiedliche Achseinstellungen.

6.5 Unruhiges Fahrverhalten auf der Geraden und beim Bremsen:

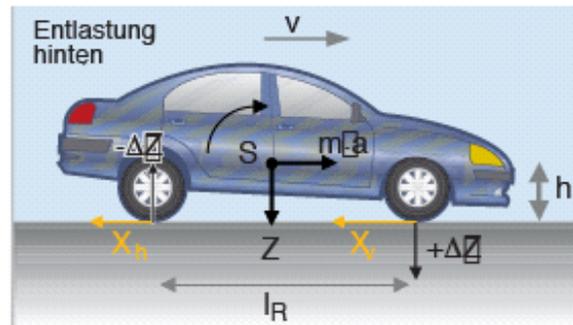
- Vorspuränderung beim Ein- und Ausfedern (Bump Steer, unterschiedliche Vorspuränderung beim Einfedern kann ein Einlenken hervorrufen.
- Stabilisatoren statisch vorgespannt.(nicht spannungsfrei montiert)
- Ungleiche Radlasten
- Unterschiedliche Reifenluftdrücke.
- Nachlauf links und rechts ungleich.
- Ungleich arbeitende Bremsanlage.

■ GEWICHTSVERLAGERUNG IN LÄNGSRICHTUNG

Nehmen wir an, die Schwerpunkthöhe eines Fahrzeugs ist bekannt und die Reibungskraft X greift beim Bremsen an der Schnittstelle Reifen/Straße an.

Das entstehende Bremsmoment verursacht eine hohe **dynamische Achslastverschiebung** von hinten nach vorn, so dass kurzfristig vorne eine Überlast ($+\Delta Z$), hinten eine Unterlast ($-\Delta Z$) entsteht. So scheint die Vorderachse schwerer, die Hinterachse leichter als im ungebremsten Fall. Ohne ABS kann dies dazu führen, dass die entlasteten Hinterräder vor den Vorderrädern blockieren, was sich in punkto Fahrstabilität sehr ungünstig auswirken und zum Schleudern führen kann.

 Bremskraftregler verhindern dieses instabile Überbremsen der Hinterräder und erfüllen so das Fahrstabilitätskriterium.



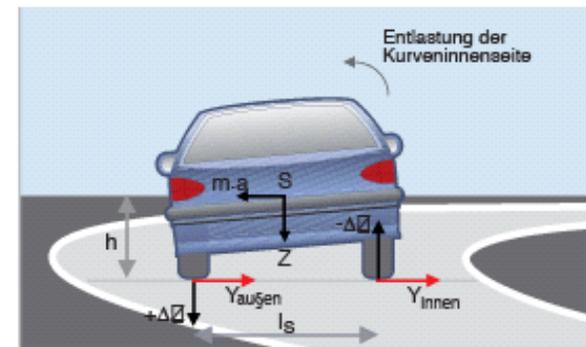
X = Längsreibungskraft vorne (X_v) und hinten (X_h), in N
 S = Schwerpunkt des Fahrzeugs,
 m = Masse des Fahrzeugs, in kg
 a = Beschleunigung in Längsrichtung, in m/s^2
 Z = Gewichtskraft (= Summe der 4 Radlasten), in N
 h = Schwerpunkthöhe über der Straße, in m
 l_R = Radstand des Fahrzeugs, in m

■ GEWICHTSVERLAGERUNG ZUR SEITE

Nehmen wir an, die Schwerpunkthöhe eines Fahrzeugs ist bekannt und die seitliche Reibungskraft Y greift in der Kurve an den Schnittstellen Reifen/Straße an. Das entstehende **Rollmoment** verursacht eine **dynamische Achslastverschiebung** von der Kurvenaußen- auf die -innenseite, so dass fliehkraftbedingt innenseitig eine Überlast ($+\Delta Z$), an der Außenseite eine Unterlast ($-\Delta Z$) entsteht. Die Summe der unterschiedlichen vier Seitenkräfte fällt geringer aus als für den hypothetischen Fall gleichmäßiger Kraftverteilung.

Seitliche Gewichtsverlagerung führt somit zur Abnahme des Querhaftungspotenzials.

 Um diesen unerwünschten Effekt zu reduzieren, kann der Konstrukteur z.B. die Spur verbreitern oder die Schwerpunkthöhe verringern.

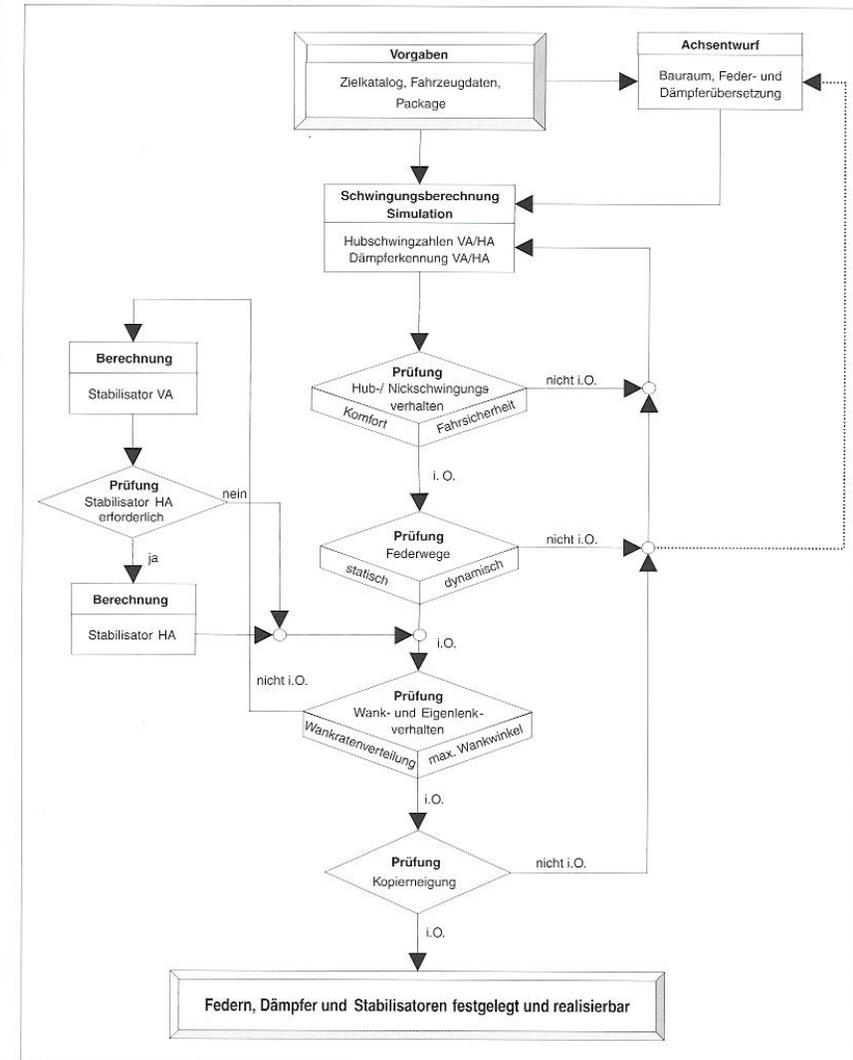


Y = Quer-Reibungskraft vorne (Y_v) und hinten (Y_h), in N
 S = Schwerpunkt des Fahrzeugs,
 m = Masse des Fahrzeugs, in kg
 a = Beschleunigung in Querrichtung, in m/s^2
 Z = Gewichtskraft (= Summe der 4 Radlasten), in N
 h = Schwerpunkthöhe über der Straße, in m
 l_S = Spurweite des Fahrzeugs, in m

Straßentests sind immer noch ein sehr hoher Aufwand.



Prozessbild eines Abstimmungsvorganges bei der Auslegung des Feder-Dämpfersystems



Zusammenfassend lässt sich nun sicherlich erkennen welche Schwierigkeiten sich bei der Fahrwerkskonstruktion ergeben. Wobei hier erwähnt sei, dass es sich nur um einen Überblick der Fahrwerkstechnik handelt. Grundsätzlich kann man feststellen das es sich meist um eine Kompromisslösung zwischen Fahrsicherheit, Fahrdynamik und Fahrkomfort handelt. Dem Konstrukteur bieten sich heutzutage eine Vielzahl von Möglichkeiten, den Ansprüchen der Kunden gerecht zu werden. Man muss sich bei der Entwicklung bewusst sein, wenn man einen Parameter, z.B. den Sturz, positiv einsetzen möchte, das er negativen Einfluss auf das Spurverhalten des Fahrzeugs nehmen kann.

Aufgrund der Entwicklung im Bereich Werkstofftechnologie und moderner Fertigungsverfahren ergeben sich weiter positive Möglichkeiten. Die heutigen Fahrwerke haben bereits ein sehr hohes Niveau an Sicherheit und Komfort erreicht, welche zusätzlich von elektronischen Systemen in Gefahrensituationen unterstützt werden. Wenn man sich jedoch an der Fahrdynamik, beispielsweise der Kurvengeschwindigkeit orientiert, so können wir auch an aktuellen Fahrzeugen feststellen, das die Elektronik eingreift obwohl man den Eindruck hat, dass man schneller fahren könnte. So könnte man behaupten die Elektronik wird wirksam, sobald sich mechanische Defizite am Fahrwerk bemerkbar machen. Wie hier die einzelnen Funktionsweisen ablaufen bedarf weiterer umfangreicher Erklärungen. Und in dieser Problemstellung ergibt sich für den Fahrzeugingenieur weiteres Entwicklungspotential und wird hoffentlich nicht dazu führen, „schlechte“ Fahrwerke mit gut funktionierender Elektronik das Laufen beizubringen.

Wenn man etwas falsch macht !



Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit

