

Wochenthema

Fahrdynamik

Viele Änderungen am Fahrzeug haben auch Änderungen der Fahrdynamik zur Folge. Das komplette Fahrverhalten des Fahrzeuges kann sich grundlegend ändern. Manche Tuner legen mehr Wert auf Optik als auf das Fahrverhalten, manchmal auch aus Unwissenheit. Zum besseren Verständnis sollen in dieser Woche ein paar grundlegende Fahrdynamische Größen näher beleuchtet werden.

Teil 1

Physikalische Grundlagen von Untersteuern und Übersteuern

Ein Reifen kann dabei nur eine bestimmte Kraftsumme aufnehmen. Diese setzt sich aus der Normalkraft, den Beschleunigungskräften und den Querkräften zusammen.

Normalkräfte sind Kräfte die von oben wirken. Hier ist in erster Linie das Gewicht zu nennen, das auf die jeweilige Achse wirkt. Die Beschleunigungskräfte sind alle Beschleunigungen, also Gas geben und bremsen. Querkräfte sind dann folglich die Kräfte, die quer zur Fahrtrichtung wirken. Diese entstehen bei Kurvenfahrt durch die Massenträgheit des Fahrzeuges und werden auch Fliehkräfte genannt.

Das ideale Fahrzeug verhält sich neutral. Weder das Heck noch die Front neigen dazu auszubrechen. Fährt das Fahrzeug durch eine Kurve, so haben die kurvenäußeren Räder gleich viel Grip, um das Fahrzeug durch die Kurve zu führen. Ist die Geschwindigkeit so hoch, dass die Reifen den Kontakt zur Fahrbahn nicht mehr halten können, indem die maximale Kraftsumme erreicht ist, fliegt das Fahrzeug im Ganzen aus der Kurve.

Teil 2

Übersteuern/Untersteuern

Was passiert aber, wenn entweder die Vorderachse oder die Hinterachse mehr Halt als ihr Gegenüber haben?

Fall 1: Die Vorderachse hat mehr Grip

Einfach gesagt bricht immer zuerst die Achse weg, die weniger Grip hat. Ist die Kräftesumme der Reifen an einer Achse erreicht, an der anderen jedoch noch nicht, verliert erstere die Bodenhaftung. Ist also an der Hinterachse zuerst die Kraftsumme erreicht, drücken die Fliehkräfte das Heck Richtung kurvenäußeres. Das Fahrzeug gelangt so in eine Drehbewegung. Umgangssprachlich dreht sich das Auto „um die eigene Achse“. Diese Aussage ist gar nicht mal so falsch, da sich das Fahrzeug um die Hochachse oder auch Gierachse dreht. Wenn man den Kurvenverlauf und dazu die Eindrehung des Fahrzeuges betrachtet, steuert das Fahrzeug zu stark in die Kurve, oder anders gesagt: es „Übersteuert“.

Fall 2: Die Hinterachse hat mehr Grip

Nun haben wir den Fall, dass an der Vorderachse die Kräftesumme früher erreicht wird. Die Hinterachse hält den Bodenkontakt, während die Vorderräder rutschen. Da ein Auto im Normalfall an der Vorderachse gelenkt wird, kann die Lenkbewegung durch fehlenden Bodenkontakt nicht mehr

umgesetzt werden. Das in Bewegung befindliche Fahrzeug lenkt zu wenig ein und steuert somit auch zu wenig in die Kurve. Es „Untersteuert“.

Teil 3

Spur

Wie ihr ja bereits lesen konntet, hat ein Reifen ein Maximum an Kräften, die er aufnehmen kann. Daher ist es wichtig, die auf den Reifen wirkenden Kräfte optimal zu verteilen. Bei Geradeausfahrt gibt es für gewöhnlich keine Querkräfte. Die Normalkraft kann zwar beeinflusst werden, allerdings bleibt sie, vereinfacht gesehen, in jedem Fahrzustand annähernd gleich. Also kann man sich ganz und gar auf die Beschleunigungskräfte konzentrieren.

Steht ein Rad bei Geradeausfahrt etwas schräg, also „eingelenkt“, entwickeln sich auf den Reifen Querkräfte. Somit stehen für die Kräfte beim Beschleunigen und Bremsen weniger Reserven zur Verfügung. Ziel ist daher ein 100%iger Geradeauslauf der Räder, damit der Reifen nur die Beschleunigungskräfte aufnehmen muss.

Als „Spur“ wird dabei das Maß zwischen den Felgenhörnern angesehen. Ist es vor der Achse kleiner als hinter der Achse (in Fahrtrichtung gesehen), spricht man von „Vorspur“. Ist das Maß hinter der Achse kleiner als davor, so spricht man von „Nachspur“.

Wofür benötigt man Vorspur und Nachspur? Beschleunigt man ein Fahrzeug mit Frontantrieb, drehen sich durch verschiedene physikalische Kräfte die Räder jeweils nach innen. Ist ein Fahrzeug im Stand auf „Spur 0“ (Maß zwischen den Felgenhörnern ist vor und nach der Achse gleich), stellt sich beim Beschleunigen eine Vorspur ein. Man hat also zu den Beschleunigungskräften noch Querkräfte. Wollen wir das? Natürlich nicht! Um den entgegenzuwirken stellt man das Fahrzeug im Stand auf Nachspur, damit sich beim Beschleunigen eine 0-Spur einstellt.

Ein wenig anders verhält es sich bei Fahrzeugen mit Heckantrieb. Da die angetriebene Achse hier nicht gelenkt und somit starr aufgehängt ist, können die Räder sich kaum bewegen. Die nun geschobenen Räder an der Vorderachse aber sehr wohl. Diese neigen dazu, sich mangels Antriebsmomenten am Rad auf Nachspur zu stellen. Der Geradeauslauf wird unruhig und der Vortrieb durch die entstehenden Querkräfte gebremst. Da auch das wieder nicht gewollt ist, stellt man die Spur bei einem Heckgetriebenen Fahrzeug auf Vorspur.

Teil 4

Sturz

Der Sturz ist die Neigung des Rades. Schauen wir uns das Rad von der Front aus Richtung Heck an. Zuerst stellt man sich eine senkrechte zur Fahrbahn nach oben vor. Diese verläuft mittig durch die untere Reifenfläche, welche die Fahrbahn berührt. Gleichzeitig denkt man sich eine Senkrechte durch die Mitte des Rades, also von Mitte Lauffläche unten zur Mitte der Lauffläche oben. Letztere ist die Radebene. Warum denken wir uns jetzt schon Linien durch Reifen?

Ganz einfach. Die Abweichung dieser Linien ist der Sturz. Weicht die Radebene oben nach außen von der senkrechten zur Fahrbahn ab, spricht man von positiven Sturz, bei Abweichung nach innen von negativen Sturz. Der Winkel zwischen diesen zwei Linien ist das Maß des Sturzes.

Was bewirken negativer und positiver Sturz? Ist am Rad ein Sturz eingestellt, stellt sich ein Kegelabrolleffekt ein. Legt man ein Kegel auf den Boden, rollt er immer im Kreis um die Spitze. Die Grundfläche ist dabei das Rad. Bei positiven Sturz will das Rad somit nach außen rollen. Dies bewirkt zwar leichtere Lenkkräfte, da das Rad nach außen giert, das Fahrzeug fährt sich dadurch jedoch wesentlich instabiler. Beide Räder drängen nach außen.

Bei negativem Sturz gieren die Räder nach innen, was eine wesentliche Stabilisierung des Fahrverhaltens zur Folge hat. Dies ist aber nur ein Vorteil. Im Rennsport werden die Räder der Vorderachse auf einen möglichst negativen Sturz eingestellt. Dies hat 2 Vorteile: bei Geradeausfahrt ist die Reifenaufstandsfläche geringer und somit auch der Rollwiderstand. Das Auto fährt leichter und schneller. In der Kurve drücken die Fliehkräfte das Fahrzeug nach außen. Dadurch sowie durch das Walkverhalten der Reifen stellt sich idealerweise ein neutraler Sturz ein. Die komplette Reifenlauffläche wird nutzbar und kann Kräfte aufnehmen. Es sind höhere und stabilere Kurvengeschwindigkeiten möglich. Ein negativer Sturz ist allerdings nur dann sinnvoll, wenn bei maximaler Kurvengeschwindigkeit der Reifen voll aufsteht. Steht das Rad zu weit nach innen, wird die volle Aufstandsfläche nicht erreicht und der negative Sturz erweist sich als Nachteil.

Teil 5

Spreizung

Eine weitere fahrdynamische Größe ist die Spreizung. Sie beschreibt den Winkel zwischen Lenkachse und einer Senkrechten zur Fahrbahn. Die Lenkachse verläuft durch den oberen und unteren Punkt der Radaufhängung. Die Senkrechte zur Fahrbahn beginnt in dem Punkt, wo die Lenkachse auf die Fahrbahn trifft.

Die Lenkachse heißt so, weil das Rad beim Lenken über diese Achse in die gewünschte Richtung gedreht wird. Je größer der Spreizwinkel, umso mehr gerät das Rad beim Einlenken in eine Schrägstellung. Sehr gut kann man dies beim 190er Mercedes beobachten. Schlägt man an diesem das Rad voll nach außen ein, bekommt es einen imposanten positiven Sturz. Dies bringt aber auch mit sich, dass dabei das Fahrzeug über das Rad angehoben wird. Im Umkehrschluss drängt das Fahrzeug durch die eigene Gewichtskraft dazu, die Räder wieder gerade zu stellen. Somit wird der Geradeauslauf erheblich verbessert.

In der Kurve wird die Spreizung aber ebenfalls genutzt. Übertrieben könnte man sagen, dass sich die Räder „in die Kurve legen“. Das kurveninnere Rad bekommt einen positiveren, das kurvenäußere Rad einen negativeren Sturz. Durch die entstehenden Querkräfte und das Walken der Reifen wird, sofern alles korrekt eingestellt ist, eine ideale Reifenaufstandsfläche und somit optimale Reifenhaftung erreicht.

Bildquelle: www.e46fanatics.de/wiki/images/f/f5/Image005.gif

Teil 6

Lenkrollhalbmesser

Bei der Spreizung habt ihr bereits den Begriff Lenkachse gehört. Diese ist beim Lenkrollhalbmesser ebenfalls im Fokus. Der Lenkrollhalbmesser beschreibt das Verhältnis der Lenkachse zur Mitte der Reifenaufstandsfläche. Unterschieden wird dabei zwischen positiven, neutralem und negativem Lenkrollhalbmesser.

Der Einfachheit halber widmen wir uns zuerst dem neutralen Lenkrollhalbmesser. Hier treffen Lenkachse und Reifenaufstandsfläche auf der identischen Stelle auf die Fahrbahn. Das Fahrverhalten bzw. Lenkverhalten ist neutral.

Die meisten Serienfahrzeuge weisen einen negativen Lenkrollhalbmesser auf. Das bedeutet, dass der Mittelpunkt der Reifenaufstandsfläche weiter innen liegt als der Begegnungspunkt der Lenkachse mit der Fahrbahn. Welchen Effekt hat dies? Hat beim Bremsen ein Rad mehr Haftung auf dem Boden als das andere, so drängt das Fahrzeug immer in die Richtung des Rades, das stärker gebremst wird. Gerät man mit dem rechten Vorderrad ins Bankett, so wird dieses stärker gebremst. Da die Lenkachse auf der Außenseite der Reifenmitte liegt, lenkt das Fahrzeug automatisch nach innen. Somit ist das Fahrzeug schnell wieder beherrschbar.

Beim positiven Lenkrollhalbmesser hingegen liegt die Lenkachse auf der Innenseite der Radaufstandsmitte. Gerät jetzt die rechte Seite aufs Bankett entsteht ein Drehmoment, dass das Rad nach außen lenken lässt. Der Effekt des Gegenlenkens wie beim negativen Lenkrollhalbmesser verwandelt sich hier in eine Verstärkung des Lenkens in die ungewünschte Richtung. Wie man sich denken kann, hat dieser Effekt nur Nachteile und ist daher nicht gewünscht. Man sollte daher darauf achten, dass der werkseitige negative Lenkrollhalbmesser maximal bis zum neutralen Lenkrollhalbmesser verändert werden sollte.

Einfachstes Beispiel: Distanzscheiben. Da hier aber noch mehr zu beachten ist, wird es dazu demnächst einen ausführlicheren Beitrag geben. Ihr dürft gespannt sein!

Bildquelle: http://kfzvermessung.de/s/cc_images/cache_2411802962.jpg?t=1328197413