

*www.Need4Speed.at*

---

*Faszination Geschwindigkeit hat einen Namen*



## ***Need4Speed – Fahrwerksfibel***

*(Stand 24. Oktober 2005)*

*© Agentur Need4Speed – Autor Steve*

---

***Motorsport Incentives & Special Event***

***Agentur Need4Speed – Ihr Ansprechpartner für Incentives & Special Events im Bereich Motorsport.***

## Vorwort

Dieses Schriftstück ist all jenen gewidmet, die sich intensiver mit dem Fahrwerk ihres Autos beschäftigen oder selbst Hand anlegen wollen, ohne all die Fehler zu machen die mir unterlaufen sind. Ganz besonders aber gilt meine Widmung meiner Freundin Susi, die seit Jahren meine Motorradverrücktheit und meinen Autowahn erträgt und den Machern und Betreibern von [www.Need4Speed.at](http://www.Need4Speed.at), die so wie ich ein großes Faible für italienische Autos haben.

Ich behandle hier nur Fahrwerke mit Stoßdämpfern und Schraubenfedern gängiger Bauart, keine reinrassigen Rennstreckenfahrwerke oder Konstruktionen mit Drehstabfedern, Blattfedern und dergleichen, obwohl im Text auch diese hin und wieder vorkommen können. Weiters enthält dieses Werk auch meine persönlichen Eindrücke, meist in humoristischer Form, wer sich beleidigt fühlt den bitte ich um Nachsicht.

Mein Ziel ist es zu helfen, eine optimale Abstimmung zu finden, mit oder gänzlich ohne Komfort. Vieles, wenn auch nicht alles was Ihr hier lest habe ich persönlich ausprobiert und es sind auch einige Tricks – manche bekannter, manche weniger – enthalten. Mein ‚Werk‘ erhebt keinen Anspruch auf Vollständigkeit. Ich hatte auch nicht, in keiner wie immer gearteten Form, für Fehler, Schäden oder andere unangenehme Ereignisse die bei irgendwelchen Versuchen entstehen, die diesem Schriftstück zu Grunde liegen. Außerdem verweigere ich die neue Rechtschreibreform, weil sie dümmlich, arrogant und verwirrend ist.

Sollte hier jemand Fehler oder unrichtige Angaben finden bitte ich umgehend um Nachricht an die Webmaster von Need4Speed.at. Es können auch mir Fehler unterlaufen und ich bin für jeden Hinweis und jeden Tipp zur Verbesserung dankbar.

## Häufig im Vorfeld gemachte Fehler

Leider werden, wenn der Entschluss zur Verbesserung des Fahrwerkes und der Straßenlage erst einmal gefallen ist, viele Fehler schon am Anfang gemacht. Ein Fahrwerk eines Automobilherstellers, ist immer oder meistens ein Kompromiss aus guter Fahrbarkeit, optimaler Straßenlage und Komfort. Manche Hersteller legen schwerpunktmäßig ihr Augenmerk auf Komfort, manche auf Sportlichkeit. Ein Fahrwerk das alle und jeden zufrieden stellt gibt es nicht. Ich gehe nun davon aus, dass wir von einem Serienfahrwerk oder Sportfahrwerk sprechen, dieses optimieren und dabei Einbußen im Komfort in Kauf nehmen.

**Fehler 1:** je tiefer, je besser. Diese Ansicht ist falsch! Tiefer bedeutet abgesenkten Schwerpunkt, was sich positiv auf die erreichbaren Kurvengeschwindigkeiten auswirkt und auf der anderen Seite reduzierte Bodenfreiheit, die schon so manchen Frontspoiler an der nächsten Gehsteigkante sein bodennahes Leben kostete. Noch schlimmer wenn man auf Österreichs gefürchteten Schwellen seine Ölwanne in den Asphalt rammt. Nur ‚tief‘ ist aber leider (meistens) zu wenig. Die Optik alleine sollte bei Fahrwerksumbauten nie im Vordergrund stehen.

**Fehler 2:** harte, kurze Federn' in Verbindung mit Seriendämpfern. Die gewünschte ‚Tieferlegung‘ mag zwar erreicht werden, die Nachteile überwiegen oft deutlich. Mag auf ebenen Straßen noch alles recht gut funktionieren ist spätestens auf schlechtem Untergrund klar, dass ‚da was nicht stimmt‘. Zuerst einmal wissen die Wenigsten, dass durch den Einbau der kurzen Federn, die Stossdämpferkolbenstangen um den Betrag weiter in die Dämpfer gedrückt werden, um den die Federn kürzer als die Originalfedern sind. Bei 40mm kürzeren Federn bedeutet das, dass die Stoßdämpfer bereits um 40mm zusammengedrückt sind, so als wäre man bereits über eine sanfte Bodenwelle gefahren. Wer jetzt noch progressive Dämpfer (Dämpfkraft nimmt zu, je weiter die Kolbenstange in den Dämpfer gleitet) hat, fährt selbst bei völlig entspannten Federn im zu harten Dämpfungsbereich.

Der Wahrheit entsprechend sei aber erwähnt, dass es durchaus Kombinationen gibt die wirklich zufriedenstellend funktionieren. Das sind aber meist die Ausnahmen.

**Fehler 3:** Harte Dämpfer in Verbindung mit Serienfedern. Immer noch besser als unter ‚Fehler 2‘, trotzdem nur selten wirklich mit gutem Erfolg, da meist zu harte Dämpfer gewählt werden. Oft die berühmten gelben Konidämpfer, deren Einsatz eigentlich für harte Federn gedacht ist. Mit Serienfedern sind die roten Konis in 8 von 10 Fällen die bessere Wahl.

**Fehler 4:** Der Schlimmste von allen und in der jugendlichen Straßenheizerszene durchaus verbreitet, ist es die Serienfedern abzuschneiden, um eine entsprechende Tieferlegung zu erzielen. Das sind lebensgefährliche Aktionen, viele dieser so ‚getunten‘ Autos kriegen nach der ersten schnell gefahrenen Kuppe ihre Federn nicht mehr in die Federteller. Beim völligen Ausfedern ist die Feder zu kurz, rutscht aus dem oberen Federteller und klemmt dann zwischen den Federaufnahmen. Bei den nächsten Bodenwellen gibt es dann unschöne Geräusche wenn die Feder wieder in die richtige Lage zurückschnalzt. Wer so etwas macht darf bewusst als ein ‚wenig verwirrt‘ bezeichnet werden.

Im Zusammenhang mit den oben genannten Fehlern möchte ich folgend eine Aussage wiedergeben die ein renommierter Fahrwerkshersteller im Zusammenhang mit zu tiefen Fahrzeugen machte. Warum ? Weil es so erfrischend wahr ist:

„Das Problem beim Tieferlegen ist allerdings, dass beim Serienauto durch die vorhandenen Federwege Grenzen gesetzt sind. Wer schon im Stand auf den Endanschlügen aufsitzt, und nicht wenige sogenannte Tieferlegungen führen dazu, hat während der Fahrt keine Federwege mehr. Fahrzeuge die mehr hoppeln als fahren, verlieren bereits bei leichten Unebenheiten Traktion. Diese Fahrzeuge können weder voll beladen werden, noch dynamische Stöße (Schocklasten) abfedern. Die fehlende Traktion bedeutet im Klartext, dass das Fahrzeug unsicherer zu fahren ist, die Räder neigen beim Anfahren zum schnelleren Durchdrehen und in der Kurve fehlt die dort dringend benötigte Traktion, so dass die Kurvengeschwindigkeit deutlich herabgesetzt werden muss um nicht aus der Kurve zu fliegen. Des weiteren bedeutet ein Aufliegen der Endanschlüge, dass die Kräfte schlecht gefedert und nahezu vollständig an die Karosserie weitergegeben werden und es daher zu teilweise erheblichem Verschleiß an den Achsanbauteilen und der Radaufhängungen kommt.“

### **Auswahl des richtigen Materials**

Wenn nun klar ist, was man möchte – sportliche Härte oder lediglich ein wenig härtere Dämpfung, eventuell ein wirklich ‚schnelles‘ Fahrwerk ohne Komfort – sollte man sich für das richtige Material entscheiden, wobei es nicht immer ein Komplettfahrwerk sein muss. Es gibt z.B. Federhersteller, die für nahezu jeden Dämpfer die richtige Feder anbieten. Als durchaus positives Beispiel sei hier die Fa. Eibach genannt, die eine eigene Entwicklungsabteilung besitzt und deren Federn generell von höchster Qualität sind. Solche Federn lassen sich mit allen möglichen Dämpfermarken kombinieren (z.B. Conti, Bilstein, usw.). Dem Federhersteller muss man eventuell außer den Fahrzeugdaten auch noch den Dämpferhersteller (bei Sportdämpfern) und den Einsatzzweck mitteilen um die optimalen Federn zu bekommen. Solcherart ‚abgestimmte‘ Fahrwerke können gelegentlich auch deutlich besser funktionieren als Komplettfahrwerke bei denen die Feder/Dämpferkombination vorgegeben ist. Aber auch Komplettfahrwerke namhafter Hersteller funktionieren meist sehr gut. Wieder als Beispiel seien hier die Firmen Bilstein, Spax, H&R, KW Automotive, und Penske genannt, wobei letztere bei uns in Europa so gut wie nicht zu bekommen sind. Dann, aus der Rennszene kommend, gibt es noch die sogenannten Gewindefahrwerke (für die KW Automotive wohl eine der ersten Adressen in Europa ist), mit einer oder zwei Federn pro Dämpfer und natürlich auch in speziellen Ausführungen mit Zugstufeneinstellung und Druckstufeneinstellung.

### **Grundsätzliche Funktion einer Feder/Dämpfer-Einheit (Federbein)**

Eigentlich, von wenigen Ausnahmen abgesehen, arbeiten pro Rad bei (fast) jedem PKW eine Feder und ein Stoßdämpfer zusammen, wobei es egal ist ob Feder und Dämpfer als eine Einheit miteinander verschraubt sind oder ob Feder und Dämpfer voneinander getrennt montiert sind (z.B. Lancia 037 an der Hinterachse oder Alfa-Romeo GT Junior). Jeder kennt die sogenannten McPherson-Federbeine und sie sind auch die am häufigsten verwendete Kombination. Was macht nun eigentlich ein Stoßdämpfer? Klar, Stöße dämpfen.

Na ja, nicht so ganz richtig. Stellt euch einmal ein Auto vor dem wir alle Stoßdämpfer ausbauen und nur die Federn lassen. Danach begeben wir uns auf eine imaginäre Straße. Was passiert? Das Fahrzeug in unserem Beispiel wird springen wie der sprichwörtliche Geißbock und absolut unfahrbar. Daraus lässt sich ableiten, dass die Stoßdämpfer den falschen Namen tragen, denn eigentlich dämpfen sie Schwingungen. Karosserieschwingungen um genau zu sein. Jeder der schon einmal einen Stoßdämpfer in der Hand gehabt hat, wird bemerkt haben, dass sich die Kolbenstange mit Kraft in den Dämpfer hineindrücken lässt (Dämpfkraft). Auch das Herausziehen der Kolbenstange aus dem Dämpfer erfordert einiges an Kraft. Was bedeutet das nun genau. Der Dämpfer dämpft sozusagen in beide Richtungen. Aus dem Beispiel mit Hineindrücken und Herausziehen der Kolbenstange lässt sich schon ableiten wie die beiden Dämpfungsstufen heißen: Druckstufe und Zugstufe. Die Druckstufe verhindert also zu schnelles Einfedern und die Zugstufe zu schnelles Ausfedern. Wird das Federbein zusammengedrückt, zum Beispiel wenn das Rad einfedert, wirken die Federkraft und die zum Zusammendrücken des Dämpfers notwendige Kraft gemeinsam der Einfederbewegung entgegen. Federt nun das Rad wieder aus, dann entspannt sich die vorher zusammengedrückte Feder. Und jetzt kommt der Knackpunkt: genau dieser Ausfederbewegung wirkt jetzt die Zugstufe entgegen, sonst würde das Rad blitzartig wieder ausfedern. Die Zugstufe dämpft also auch die Ausfederbewegung. Weiter oben haben wir ja schon bemerkt, dass die Kolbenstange sich nur mit Kraft aus dem Dämpfer ziehen lässt. Klingt kompliziert, ist kompliziert. Aber nicht allzu sehr.

Die Federbeine dämpfen also Schwingungen, Schocklasten (dynamische Stöße) und das in beide Richtungen (Einfedern/Ausfedern), um zu gewährleisten, dass das Fahrzeug unter möglichst allen Fahrzuständen und Untergrundbeschaffenheiten optimal auf der ‚Straße liegt‘. Weiters beeinflussen die Federbeine nachhaltig die Traktion und in bestimmtem Maße auch Änderungen der Fahrwerksgeometrie.

### **Tieferlegungsfedern oder Komplettfahrwerk, Gewindefahrwerk**

Sogenannte „Tieferlegungsfedern“ werden hauptsächlich aus optischen Gründen eingebaut. Gutes oder verbessertes Fahrverhalten kommt dabei den Wenigsten in den Sinn. Wenn schon Tieferlegungsfedern, dann bitte nur von wirklich namhaften Herstellern. Keine Billigprodukte kaufen! Die Federn von z.B. Eibach bieten den besten Kompromiss aus Optik und Funktion. Auch die relativ billigen, italienischen Enzo-Federn oder die OMP-Tieferlegungssätze funktionieren – zumindest bei italienischen Autos – teilweise recht ordentlich.

Nur tief und hart ist vielleicht auf ebener Strecke sinnvoll, auf schlechten Straßen mag sich manch einer einbilden, dass er nun schneller unterwegs ist als vorher. Dieser Eindruck entsteht durch die deutlich verringerte Seitenneigung und wiegt einen unter Umständen in falscher Sicherheit. Mit einem Serienfahrwerk entsteht deutlich mehr Seitenneigung bei hohen Kurvengeschwindigkeiten, was von vielen als unangenehm empfunden wird, aber deswegen alleine ist man nicht unbedingt langsamer unterwegs als mit kurzen Federn. Aber, der Grenzbereich ist deutlich breiter. Mit kurzen Federn sind schon viele blitzartig in die Botanik geflogen.

Bei Komplettfahrwerken kann man zumindest davon ausgehen, dass Dämpferlänge, Federlänge, Federkraft und Druck/Zugstufe aufeinander abgestimmt sind. Rauspringende Federn sind damit jedenfalls nicht zu erwarten. Ob es sich um Öldämpfer, Gasdruckdämpfer oder eine Kombination aus beidem handelt ist nicht wirklich von Bedeutung solange wir von Straßenfahrwerken und grundsätzlichen Funktionen sprechen, wobei Gasdruckdämpfer auf jeden Fall durch sehr konstante Dämpferleistung glänzen und gegen Hitze nicht so empfindlich sind wie reine Hydraulikdämpfer, die ohnedies schon selten werden. Meist ist es eine Kombination aus Hydraulik und Gasdämpfung. Für ein gutes Komplettfahrwerk ist auf jeden Fall deutlich mehr zu berappen als für 4 Federn. Aber das Geld ist gut angelegt. Manche dieser Fahrwerke – der Name ist ja eigentlich falsch, denn ‚das Fahrwerk‘ besteht aus vielen Komponenten und nicht lediglich aus Dämpfer/Feder-Kombinationen – sind zusätzlich mit verstellbaren Stoßdämpfern ausgerüstet (z.B. Koni, KWA, etc.). Bei verstellbaren Dämpfern lassen sich meist via Stellschrauben oder drehbarer Kolbenstange die Druck- oder Zugstufen einstellen. Oft steht nur eine Verstellart (so gut wie immer die Zugstufe) zur Verfügung. Erst bei teureren Systemen lassen sich beide Stufen verstellen. Darauf muss man also achten wenn man die Dinger kauft. Zusätzlich gibt es noch verschiedene Arten von einstellbaren Federn. Zum einen Systeme wo sich die Federvorspannung und damit in geringerem Umfang auch die Fahrzeughöhe variieren lässt und zum anderen die im Moment sehr in Mode gekommenen Gewindefahrwerke, bei denen pro Federbein gleich zwei verstellbare Federn (übereinander) vorhanden sein können. Wobei eine der beiden Federn (je nach Bauart mal die Obere, mal die Untere) im Fachjargon als ‚Helper‘ bezeichnet wird. Was nichts anderes als Hilfsfeder bedeutet. Die Hilfsfeder, die sich über einen Adapter- oder Zentrierring an der Hauptfeder abstützt, hat dabei die Aufgabe die Hauptfeder immer unter Vorspannung zu halten. Durch das Zusammenwirken der beiden Federn entsteht außerdem eine progressive Federrate. Würde man wesentlich kürzere Federn einbauen, um extreme Tieferlegung zu erreichen, dann hätte diese kurze Feder zu wenig Vorspannung wenn das betreffende Rad ganz ausfedert und würde herauspringen (siehe weiter oben unter **Fehler 4**). Ein höchst unangenehmer und ausgesprochen gefährlicher Effekt. Genau das wird beim Gewindefahrwerk durch den Helper verhindert. Als Faustregel kann man sich merken, dass bei voll ausgefedertem Rad (Wagenheber oder Hebebühne) sich die Feder zwischen oberem und unterem Federteller ausreichend abstützen muss und sich von Hand nur mit einiger Kraft verdrehen lassen darf.

Noch ein Wort zu den einstellbaren Zug- und Druckstufen. Viele Dämpfer lassen sich erst verstellen nachdem man sie ausgebaut hat. Das wird wohl außer einem wirklichen Fanatiker keiner auf sich nehmen. Darauf sollte man also auch achten wenn man die Dämpfer (oder das Komplett-Kit) kauft.

## Abstimmung/Grundeinstellung

Je mehr Einstellungen geändert werden können, desto schwieriger gestaltet sich die Abstimmung. Besonders bei teuren Gewindefahrwerken oder Rennfahrwerken mit zweifacher Dämpfungsregulierung (Low-Speed, Hi-Speed), externen Druckbehältern, bis zu 4 Federn pro Dämpfer und speziellen Domplatten mit zigfachen Einstellmöglichkeiten.

Wer sich ein komplettes Set an Dämpfern/Federn ohne zusätzliche Verstellmöglichkeiten zugelegt hat, hat den Vorteil dass er an der Einstellung nicht viel herumprobieren muss. Gut wenn nach dem Einbau das Fahrverhalten so ist, wie man sich das vorgestellt hat. Leider ist dem meistens nicht so und dann hat man keine Möglichkeiten per Einstellschraubchen korrigieren zu können. Es gibt aber jede Menge Tricks, mit denen man auch sehr viel erreichen kann. Auch dann wenn man keine Verstellmöglichkeiten hat. Viele problematische Fahrwerke waren nach ein wenig probieren ‚transformiert‘. Zu den Tricks kommen wir später noch.

Zum Abstimmen gibt es eine Regel: nicht fragen sondern probieren. Wer 10 ‚Fachleute‘ (auch selbsternannte) fragt bekommt 10 verschiedene Antworten. Das soll jetzt nicht heißen, dass alle Deppen sind. Keineswegs. Nur gerade beim Abstimmen kommt es sehr stark auf subjektive Eindrücke an. Was für einen weich ist, kann für den anderen schon hart sein. Ergo dessen hilft nur probieren. Bevor man im Fahrbetrieb testet muss die Grundeinstellung vorgenommen werden (natürlich nur bei Fahrwerken wo es was zu verstellen gibt). Wichtig ist, dass nach dem Fahrwerksumbau die Radgeometrie vom Fachmann ordentlich eingestellt wurde. Und zwar auf die Werkseinstellung, zumindest vorerst einmal. Sollte es vom Dämpfer- oder Fahrwerkshersteller keine Empfehlung für die Grundeinstellung geben, geht man bei Zug- und Druckstufe von Mittelwerten aus. Bevor man losfährt um Abzustimmen, sollte man also schon alle Einstellungen auf diese Mittelwerte oder eben auf die vom Hersteller empfohlenen oder voreingestellten Zug/Druckstufeneinstellungen einjustieren. Sinnvoll ist es, wenn der Hersteller Angaben macht, diese auch zu überprüfen. Nicht erst einmal hat der Werksmitarbeiter gepennt und zwei unterschiedliche Einstellungen an zwei vorderen (oder hinteren) Dämpfern eingestellt. So was macht dann beim Abstimmen richtig ‚Spaß‘.

Meist sind die Dämpfungsstufen stufenlos oder mit einrastenden Stellschrauben justierbar. Bei einrastenden Stellschrauben spricht man beim Einstellen von ‚Klicks‘. Wenn also eine Angabe lautet: ‚7 Klicks offen‘, dann bedeutet das, dass die Stellschraube zuerst ganz ‚zu‘ gedreht wurde und aus dieser Position in die siebente Einrastung gedreht wird. Der Name ‚Klicks‘ kommt übrigens daher, dass bei vielen Stellmechanismen dieser Art beim Drehen der Einstellschrauben jedes Mal ein Klicken hörbar ist, wenn die Schraube einrastet.

Niemals dürfen die Einstellschrauben oder Rädchen über ihre Endanschläge gedreht werden, daher ist hier Vorsicht angebracht. Wer trotzdem weiterdreht ruiniert den Dämpfer.

Nicht so einfach ist es bei der Federvorspannung einen Mittelwert zu finden. Die Federspannung lässt sich mittels Verdrehbaren Nutringen oder ähnlichen technischen Helferlein einstellen. Dazu braucht man (meistens) Spezialwerkzeug (2 Hakenschlüssel). Auf jeden Fall darf die minimale Federvorspannung nie unterschritten werden. Technisch ist das ohne weiteres möglich, da viele Federbeine mit verstellbaren Federtellern so ausgelegt sind, dass verschieden lange Federn verwendet werden können.

Bevor die Federspannung eingestellt wird, werden vorhandene Zug- oder Druckstufenverstellungen auf ganz ‚offen‘ bzw. auf ganz ‚weich‘ gestellt und das Fahrzeug ein paar mal ordentlich niedergedrückt (man kann auch vorsichtig ein paar Meter fahren). Warum niederdrücken oder gar fahren? Na ja, wer sein Auto schon einmal mittels Wagenheber aufgehoben hat und es anschließend nicht wirklich vom Heber donnern ließ, dem wird vielleicht aufgefallen sein, dass der Wagen nachher irgendwie ‚komisch‘ dasteht. Nämlich zu hoch. Meistens ist dieser Effekt nach längstens 50 Metern Fahrt wieder weg. Ist ja auch logisch, die Dämpfer werden eigentlich sehr selten ganz auseinandergezogen und die Federn wirklich ganz entspannt. Das passiert eben nur wenn man das Auto aufbockt. Daher bleibt dieser Effekt besonders dann, wenn man den Wagen sehr vorsichtig vom Wagenheber lässt. Ist das erledigt, dann kann man sich an die Federvorspannung wagen.

Federvorspannung einstellen 1 (Fahrwerke mit einer Feder pro Federbein, einfaches Gewindefahrwerk): Fahrzeug so weit anheben, bis das betreffende Rad vom Boden abhebt, also ganz ausfedert. Lässt sich nun die Feder ganz leicht von Hand drehen oder kommt gar ganz frei, dann muss der Federteller (so gut wie immer der untere) so weit nach oben gedreht werden, dass die Feder satt zwischen oberem und unterem Federteller sitzt. Dazu reicht es aus, den unteren Federteller gefühlvoll an die Feder anzulegen und dann gemäß Herstellerangaben weiter zu drehen. Meistens wird die Länge der vorgespannten Feder angegeben. Gibt es keine Angabe vom Hersteller, muss man probieren. Glück hat, wer vom Hersteller bereits vorgespannte Federn erhalten hat. Die voreingestellte Federspannung ist mit Sicherheit ein sehr guter Ausgangspunkt zum Feineinstellen und sollte vorerst nicht verändert werden. Wer zu wenig vorspannt, also praktisch die weichste Einstellung wählt, riskiert das Karosserie und Reifen miteinander Kontakt aufnehmen. Bei der weichsten Einstellung (geringsten Vorspannung = größte Tieferlegung) sollte sich die Feder bei angehobenem Rad nicht oder nur mit Kraft von Hand drehen lassen (wie bereits weiter oben erwähnt). Tipp: je weiter man die Feder vorspannt, desto schwerer lassen sich die Einstellringe drehen. Um nicht gleich die Farbe von den neuen Federn abzuschaben, hilft es den Einstellring, das Gewinde und die Feder mit WD-40 oder einem ähnlichen Schmiermittel gut einzusprühen. Zur Not helfen auch ein paar Tropfen Motoröl. Werden Federteller verstellt müssen unbedingt vorher die Gewinde, die ja außenliegend und ungeschützt sind, gereinigt werden, was am besten mit einer feinen Drahtbürste und Rostlöser geht. Im Ernstfall kann man ganz leicht mit dreckigen Gewinden das Federbein irreparabel beschädigen.

Federvorspannung einstellen 2 (Gewindefahrwerke m. zwei Federn): Grundsätzlich ist das Prinzip gleich wie unter Federvorspannung einstellen 1, lediglich das hier gleichzeitig die Fahrzeughöhe wesentlich stärker verändert werden kann. Ohne Herstellerangaben ist es etwas schwieriger, aber es geht auch wenn man weiß womit man beginnt. Idealer Weise stellt man die Grundwerte vor dem Einbau der Federbeine ins Auto ein. Auch hier gilt wieder das ausreichend Federvorspannung eingestellt wird, wobei die Helperfeder (meistens die kürzere mit dünnerem Draht gewickelte Feder, egal ob sie über oder unterhalb der Hauptfeder sitzt) hier soviel Vorspannung haben muss das auch die Hauptfeder schön sitzt. Dies wird auch beim Gewindefahrwerk mit dem verstellbaren Federteller gemacht. Wenn der Federteller weit nach unten gedreht wird (maximale Tieferlegung), würde bei Fahrwerken mit einer Feder diese irgendwann freikommen. Bei Gewindefahrwerken mit zwei Federn hält der Helper die Hauptfeder auch dann noch unter Spannung wenn bei Fahrwerken mit einer Feder die Feder schon freikommen würde.

Die beiden Federn stützen sich übrigens gegeneinander über einen beweglichen Zentrierring bzw. Adapterring ab. Natürlich kann man auch hier übertreiben und die Federn zu locker einstellen. Der Hauptunterschied ist lediglich, dass mit Gewindefahrwerken mit zwei Federn extreme Tieferlegungen möglich sind. Die Einstellung der Fahrzeughöhe sollte nach mehreren Probefahrten erfolgen. Und zwar so, dass ausreichender Freigang der Räder gewährleistet ist. Ist genug Platz vorhanden um die Karosserie weiter abzusenken kann man sich langsam der maximalen Tieferlegung nähern. Schläuer ist es allerdings vom Maximum etwas entfernt zu bleiben, falls sich die Federn setzen. Die Karosserie kann man später immer noch weiter absenken. Allerdings muss nach jeder Änderung der Federvorspannung bzw. der Fahrzeughöhe die Dämpfereinstellung komplett neu vorgenommen werden. Müsste inzwischen klar sein oder? Weniger Federvorspannung bedeutet auch Änderungen an der Zugstufe und an der Druckstufe. erinnert euch die Feder drückt gegen die Kraft der Zugstufe (beim Ausfedern) und beim Einfedern mit weicherer Feder (also weniger Federvorspannung) spielt natürlich wieder die Druckstufe eine Rolle. Aber das wisst ihr ja schon ☺ .

Ist die Federvorspannung (egal ob Fahrwerke mit zwei oder einer Feder) aller vier Federbeine einmal grob eingestellt, dann sollte zwischen den beiden vorderen und den beiden hinteren Federn jeweils eine Vergleichsmessung gemacht werden. Stimmen die Werte (Federlängen) überein, dann sollte man vorsichtig ein Stück fahren (Achtung, noch sind eventuell vorhandene Druck/Zugstufeneinsteller ganz offen !!!) und danach einmal optisch prüfen wie das Fahrzeug da steht. Sind keine Unterschiede erkennbar, dann mittels Maßband vom Boden zu den Kotflügelkanten messen und die Werte vergleichen. Bei Straßenverwendung sind unterschiede von maximal 5mm zwischen links und rechts akzeptabel. Bei größeren Unterschieden muss die Federvorspannung entsprechend korrigiert werden. Noch ein Wort zur Federvorspannung. Profis stellen die Federvorspannung nach folgenden Gesichtspunkten ein. Erstens, wird vor dem Einbau der Federbeine gemessen wie weit sich die Kolbenstange in den Dämpfer drücken lässt. Dieser Wert oder aber die Herstellerangabe über den maximalen ‚Federweg‘ wird notiert. Dann werden die Federbeine eingebaut. Durch das Fahrzeuggewicht werden die Federbeine bereits ein Stück zusammengedrückt. Dieses Stück des Federweges geht im Fahrbetrieb beim Einfedern verloren und wird daher ‚Negativfederweg‘ genannt. Profis stellen diesen Negativfederweg in Prozent des Gesamtfederweges (gemessen oder laut Hersteller, siehe oben) ein und haben dafür ihre bestimmten Werte die zwischen 10 und 30 Prozent des Gesamtfederweges liegen. Allerdings haben Leute die so einstellen meistens einen Haufen Erfahrungswerte (meist aus dem Rennsport). Einfacher gesagt: je mehr die Feder vorgespannt ist, desto weniger wird der Dämpfer vom Fahrzeuggewicht im Stand zusammengedrückt. Ein weiteres Kriterium ist, hauptsächlich für Typisierungsprüfungen, der Restfederweg. Dieser wird meist penibel überprüft, sofern man überhaupt das neue Fahrwerk typisieren lässt.

Zur Ermittlung der Restfederwege wird das Fahrzeug bis zu den zulässigen Achslasten beladen und der hierbei erreichte Einfederweg aufgenommen. Anschließend werden die zulässigen Achslasten um 30% überladen. Es muss je nach Fahrzeug ein zusätzlicher Restfederweg übrig bleiben (meist zwischen 15 und 25mm). Auf das Prüfergebnis hat nur die Feder Auswirkungen, die Dämpfer selbst haben darauf keinen Einfluss. Um ehrlich zu sein, und das soll jetzt keine Aufforderung zu Handlungen gegen das geltende österr. Recht sein, lässt kaum jemand seine Fahrwerksumbauten typisieren. Daher entfällt diese Prüfung meistens.

Auf jeden Fall sollte nach Umbauten auch bei gröberen Unebenheiten nichts durchschlagen. Wobei, und auch das ist tatsächlich so, dass ab und zu schon mal vorkommt, besonders wenn größte Fahrbahnunebenheiten kurz aufeinander folgen. Meiner Meinung nach kann das toleriert werden. Noch ein Wort zu den Typisierungsstellen. Leider ist es so, dass man von Typisierungsstelle zu Typisierungsstelle unterschiedlich auf Umbauten aller Art reagiert. Das Gesetz, unzureichend, teilweise dümmlich und vollkommen unverständlich, wird ausgelegt so wie es den Herren gerade passt. Dass der ganze Prozess einen Haufen Geld kostet und die Herren von diesem Geld leben, das vergessen sie leider oft. Darum kümmert sich hier in Österreich kein Mensch um ‚erlaubt‘ oder ‚nicht erlaubt‘.

### **WICHTIG !!! UNBEDINGT LESEN !!!**

Durch das Tieferlegen, kann es bei vielen Fahrzeugen zu einem Überbremsen der Hinterachse kommen. Wer diesem Effekt keine Beachtung schenkt wird böse Abfliegen. Das passiert bei fast allen Fahrzeugen die einen mechanisch von der Hinterachse angesteuerten Bremslastausgleich bzw. ein Bremskraftregelventil haben. Die Einstellung ist von Fahrzeug zu Fahrzeug verschieden und ich möchte zum Justieren keine Anleitung geben. Ich empfehle wärmstens im Zweifelsfalle eine Vertragswerkstatt zu befragen oder gleich die Einstellung vornehmen zu lassen. Sollte die Hinterachse überbremsen, dann gibt es aus dem Motorsportzubehör entsprechende Teile für Fahrzeuge bei denen das Serienteil nicht eingestellt werden kann. Ob die Hinterachse überbremst lässt sich leicht kontrollieren. Bei einer Vollbremsung sollten zuerst oder nur die Vorderräder blockieren. Wer seine Reifen nicht ruinieren will kann diesen Test auch auf Schotterstraßen machen (ABS stilllegen!!). Auf jeden Fall ist es sinnvoll vor der Vollbremsung einen Blick in den Rückspiegel zu machen. Die Bremsen müssen unbedingt und hundertpro funktionieren. Wer wissentlich mit überbremsender Hinterachse fährt ist ein Idiot und riskiert tödlich abzufliegen! Nach dem Test das ABS wieder in Betrieb nehmen!!!

Weiters haben viele der neuen – von mir verächtlich Deppenautos genannten – Fahrzeuge Fahrwerkshilfen wie ESP usw., die das Fahrverhalten im Grenzbereich durch Eingriffe in die Elektronik verändern. Das geht über einzeln gebremste Räder bis hin zur automatischen Zurücknahme des Zündzeitpunktes oder der Drosselklappe. Ich persönlich mag das gar nicht, aber es wird sich bei den meisten neuen Autos nicht verhindern lassen und es dient immerhin der Verkehrssicherheit. Ich frage mich ja nur was jemand der so Autofahren gelernt hat macht, wenn er sich einmal mit einem alten Golf in der zweiten schnellen Ecke verschätzt. Aber egal. Diese elektronischen Fahrlehrer müssen beim Abstimmen deaktiviert werden soweit das möglich ist. Erst nach beendeter Feinabstimmung wieder einschalten und dann alle Fahrversuche wiederholen!!!

So nun ein paar Begriffsbestimmungen, zwecks Auflockerung. Nein im Ernst, nicht jeder wird mit all dem Fachchinesisch zurechtkommen. Bevor wir ‚unser Fahrwerk‘ Feinabstimmen ist es sinnvoll zu wissen was die einzelnen Begriffe bedeuten.

## **Federweg**

Als Federweg bezeichnet man den im Fahrbetrieb genutzten Bereich, den das Fahrzeug einfedern kann, jenen Weg zwischen oberem Federteller und dem, auf dem Stoßdämpfer/Federbein montierten Anschlagenelement. Die Federwege können je nach Ausführung und Ausstattung unterschiedlich sein. In Fahrzeugen mit McPherson Federbeinen ist der Federweg meist um die 70-100mm an der Vorderachse und an der Hinterachse bis zu 130mm.

## **McPherson Federbein**

Eine komplette Einheit aus Dämpfer, Feder, Federteller und oberem Federbeinlager, die sehr kompakt ist und schnell ein- und ausgebaut (nicht zerlegt!) werden kann und heute Standard ist.

## **Sportstoßdämpfer**

Als Sportstoßdämpfer bezeichnet man Stoßdämpfer mit geänderten, meistens härteren Dämpfungskennlinien und/oder verkürztem Ausfederweg. Hierbei wird der Hub der Kolbenstange verkürzt, um den Tieferlegungsfedern in der Federbeineinheit Vorspannung zu geben. Diese Änderung sorgt nicht für zusätzliche Tieferlegung und sollte maximal in dem Maße der Tieferlegung erfolgen. Zu kurze Dämpfer sorgen für zu geringen Ausfederweg und führen zu verschlechtertem Fahrverhalten. Die Abstimmung der Dämpfer sollte unter Berücksichtigung der Achslasten und Federraten der zum Einsatz kommenden Tieferlegungsfedern erfolgen. Falsche Anwendung z. B. in der Zugstufe zu straff eingestellte Dämpfer, können Probleme beim Ausfedern und eine Verschlechterung des Fahrverhaltens verursachen.

## **Gewindefahrwerk**

Gewindefahrwerke sind Kombinationen aus Tieferlegungsfedern und speziellen Stoßdämpfern, die in Federbeinen mit Außengewinde eine stufenlos einstellbare Tieferlegung garantieren. In den verkürzten Federbeinen arbeiten speziell konstruierte, verkürzte Dämpfer mit entsprechender Abstimmung und Hubverkürzung. Mit verstellbaren Federtellern können die Tieferlegungsfedern und dadurch das Fahrzeug in der Höhe stufenlos eingestellt und abgestimmt werden. Es gibt Gewindefahrwerke mit zwei Federn pro Federbein oder einer Feder pro Federbein.

## **Restfederweg**

Ist jener Federweg der nach einer 30 prozentigen Überlastung der höchst zulässigen Achslast übrig bleiben muss (laut TÜV!).

## **Zusatzfeder oder ‚Helper‘ (Gewindefahrwerk m. zwei Federn)**

Die Zusatzfedern halten die Hauptfedern unter allen Fahrbedingungen unter ständiger Vorspannung. Dadurch wird eine progressive Gesamtfederrate erreicht. Je nach Stoßdämpferbauart kann die Zusatzfeder über oder unter der Hauptfeder montiert werden. Hierbei ist es notwendig, immer den vom Hersteller vorgeschriebenen Zentrierring zwischen Haupt und Zusatzfeder zu verwenden. Die Verwendung der Zusatzfeder hat außerdem den Vorteil, dass am Dämpfer der Hub der Kolbenstange wenig oder gar nicht verändert werden muss.

## **Setzen**

Federn können sich setzen, in manchen Fällen bis zu 20mm. Dies passiert wenn neue Federn eingebaut und vorgespannt werden. Das kann dazu führen, dass innerhalb weniger tausend Kilometer, sich die Karosserie ‚selbsttätig‘ absenkt und Räder plötzlich in den Radhäusern oder an den Kotflügeln streifen.

## **Blocken**

Manche Federerzeuger blocken ihre Federn. Dabei werden die Federn nach dem Fertigungsprozess maschinell belastet um dem Endverbraucher gewährleisten zu können, dass sich die ‚geblockten‘ Feder nach dem Einbau nicht mehr setzen (siehe oben).

## **Dämpfer**

Das Wirkungsprinzip aller hydraulischen Stoßdämpfer ist die Umsetzung von kinetischer Energie (Bewegung) in thermische Energie (Wärme). Um dies zu erreichen wird das Öl in dem Dämpfergehäuse durch enge Ausgleichsräume und Ventilsysteme gepresst, wodurch hydraulischer Widerstand gebildet wird. Ein Teleskopstoßdämpfer kann eingedrückt und ausgezogen werden (Druckstufe und Zugstufe).

## **Einrohrdämpfer**

Der Teleskopdämpfer sorgt für Fahrkomfort und Fahrsicherheit. Durch den Widerstand, den ein Verdrängerkolben in einem mit Öl gefüllten Zylinder überwinden muss, wird unerwünschte Bewegungsenergie des Aufbaus und der Achse durch hydraulische Verluste in Wärme umgewandelt. Zwei grundlegende Systeme von Teleskopdämpfern stehen heute zur Verfügung. Bei beiden wird ein Ausgleichsraum für das beim Einfahren der Kolbenstange verdrängte Öl benötigt. Beim Einrohrdämpfer übernimmt dies eine durch einen beweglichen Kolben vom Ölraum getrennte Kammer, die mit Stickstoffgas bis 25 bar Druck gefüllt ist. Beim Zweirohrdämpfer erfüllt ein zweites koaxial um den Arbeitsraum angeordnetes Rohr diese Funktion.

Teleskopdämpfer werden im Fahrzeug zwischen ungefederter Masse (Achsen, Räder) und der gefederten Masse (Fahrzeugaufbau) parallel zur Federung geschaltet. So verhindern sie ein Aufschaukeln und ein zu langes Nachschwingen des Fahrzeugaufbaus. Gleichzeitig können die Dämpfer die von der Fahrbahn angeregten Schwingungen des Rades und der Achse rasch zum Abklingen bringen, um die Haftung der Räder auf der Straße in allen Fahrsituationen zu gewährleisten.

Beide Faktoren sind für den Fahrkomfort und die Fahrsicherheit eines Kraftfahrzeuges von entscheidender Bedeutung.

### **Zugstufe**

Die Zugstufe im Stoßdämpfer hat die Aufgabe die Fahrzeugfeder in ihrem Entspannungsvorgang (Schwingung) zu dämpfen. Die große Kunst der Fahrwerksabstimmung ist es, hier das genau richtige Verhältnis zwischen Federkraft (wegabhängig) und der Zugstufenkennung (geschwindigkeitsabhängig) für das jeweilige Fahrzeug und den Sparteinsatz zu finden.

### **Druckstufe**

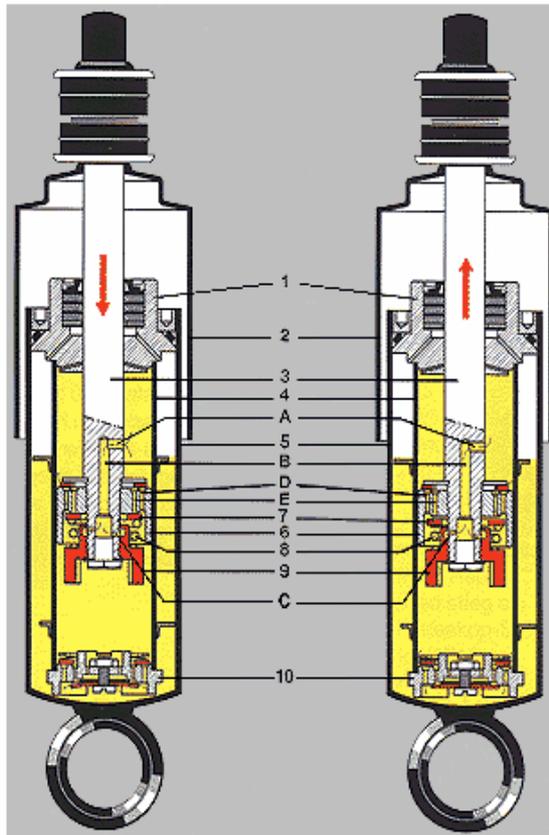
Sie hat die Aufgabe, die Einfedergeschwindigkeit zu dämpfen und den Stabilisator zu unterstützen bzw. bei fehlendem Stabilisator diese Funktion zu übernehmen.

### **Druckstufe beim Einfedern (siehe Zeichnung unten)**

Beim Druckhub bewegt sich der Kolben (6) im Zylinder (4) nach unten. Ein Teil des Öls unterhalb des Kolbens fließt durch die Bohrungen A, B, C und D in den größer gewordenen Raum oberhalb des Kolbens. Der Öldruck ist dann unterhalb und oberhalb des Kolbens gleich groß. Die dem eintauchenden Kolbenstangenvolumen entsprechende Menge Öl wird über das Bodenventil dabei in den Ausgleichsraum gedrückt.

### **Zugstufe beim Ausfedern (siehe Zeichnung unten)**

Beim Zughub bewegt sich der Kolben (6) im Zylinder (4) nach oben. So wird auf das Öl oberhalb des Kolbens ein Druck ausgeübt, wodurch dieses durch die Bohrungen A, B, C und E in den Raum unterhalb des Kolbens strömt und so die Dämpfungsstärke in der Zugstufe erzeugt. Durch das Bodenventil (10) wird gleichzeitig Öl aus dem Ausgleichsraum (5) in den Raum unter dem Kolben angesogen, um das Volumen der ausfahrenden Kolbenstange aufzufüllen.



**Der Einrohr Stossdämpfer (Gasdruck) [siehe unten links]**

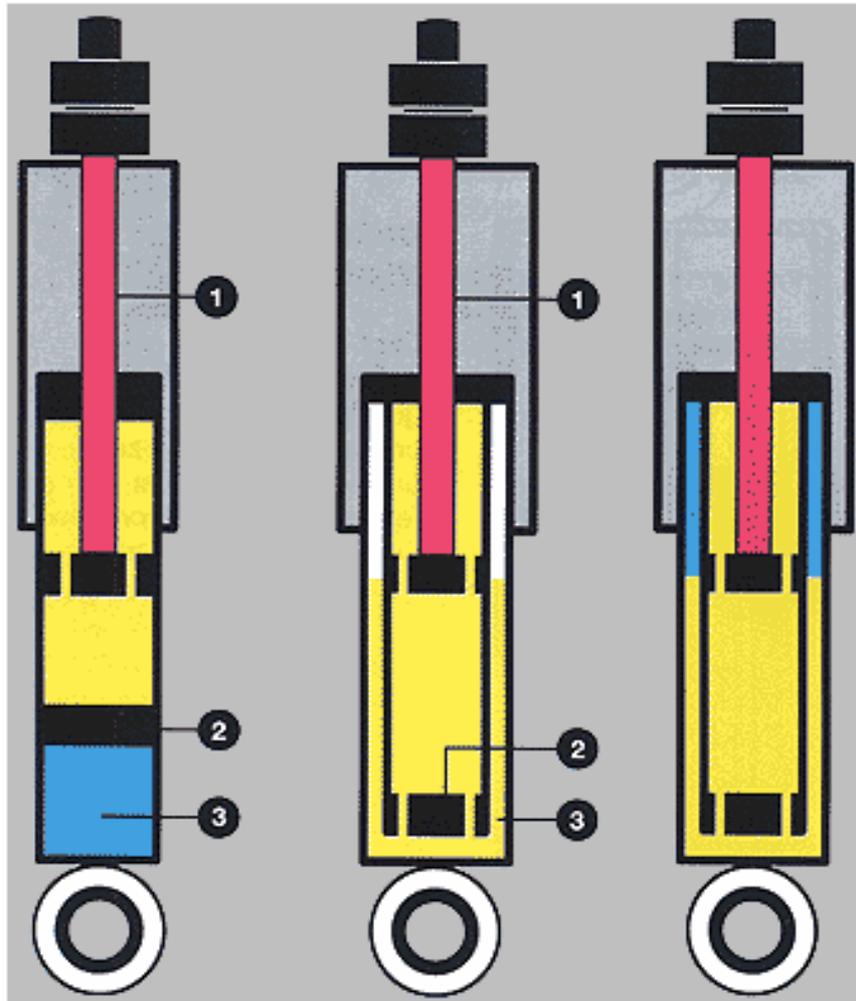
Beim Einfahren der Kolbenstange (1) wird Öl verdrängt. Der bewegliche Trennkolben (2) drückt jetzt das Gaspolster (3) zusammen. Beim Ausfahren der Kolbenstange drückt das Gas den Trennkolben wieder in seine Ausgangslage zurück.

**Der Zweirohr Stossdämpfer (siehe unten Mitte)**

Beim Einfahren der Kolbenstange (1) wird das Dämpferöl durch ein Bodenventil (2) in das äußere Rohr (3) gedrückt. Beim Ausfahren der Kolbenstange fließt das Öl zurück.

**Der Zweirohr Niedergasdruck Dämpfer (siehe unten rechts)**

Funktionsprinzip des normalen Zweirohrdämpfers. Vom zusätzlichen Niedergasdruck (blau) wird die Kolbenstange aus dem Dämpferrohr gedrückt.



### Kurvengrenzgeschwindigkeit

Darunter versteht man die maximal erreichbare Kurvengeschwindigkeit bezogen auf einen bestimmten Kurvenradius, bevor der Wagen ausbricht. Bei dieser Geschwindigkeit ist die im Schwerpunkt angreifende Fliehkraft und die über die Räder aufzubringende Seitenführungskraft im Gleichgewicht. Gemessen wird diese Geschwindigkeit auf einer Kreisplatte (Skid-Pad), und man kann sie, um vom Durchmesser weitgehend unabhängige vergleichbare Werte zu erreichen, als maximal erreichbare Querbeschleunigung oder dimensionslose als sogenannten Kurvenreibwert (mK) bezeichnen.

Er errechnet sich aus der maximal erreichbaren Geschwindigkeit und dem Durchmesser, auf dem sich der Schwerpunkt des Fahrzeugs bewegt. Die Formel lautet:

$$Mk = V^2 : (64 \times D)$$

Dabei sind die Geschwindigkeit in km/h und der Durchmesser in Meter angegeben. Die Kurvengeschwindigkeit wiederum wird durch Stoppen und Mitteln der Runden ermittelt. Dabei gilt folgende Formel:

$$V = (3,6 \times \pi \times D) : t$$

Dabei ist (t) die gemessene Rundenzeit in Sekunden und (Bruchteilen) und pi mit 3,14. Für moderne Personenwagen gilt ein Kurvenreibwert von 0,8 bis 0,9 als Stand der Technik, Sportwagen können mehr als 1,0 erreichen.

Die Tatsache, dass Formel-Wagen und Rennsportwagen, vor allem wenn aerodynamische Hilfen wie Flügel oder der sogenannte Ground-Effekt ausgenutzt werden, Werte von weit über 2,0 erreichen können, zeigt, welche Möglichkeiten das Tuning von Fahrzeugen bietet.

Neben den Reifen, die aufgrund ihrer Bauart, Dimension, Gummimischung der Lauffläche und Profilstaltung einen erheblichen Einfluss auf die Kurvengeschwindigkeit haben, sind sonst fast ausschließlich konstruktive Faktoren verantwortlich.

Folgende Punkte sind hier zu nennen:

Schwerpunkthöhe, Spurweite und Radstand, Gewichtsverteilung, Art und Ausführung der Radaufhängung, Einfluss der Aerodynamik .

### **Übersteuern**

Das Fahrzeug bricht beim Einlenken mit dem Heck in Richtung äußerer Kurvenrand aus.

### **Untersteuern**

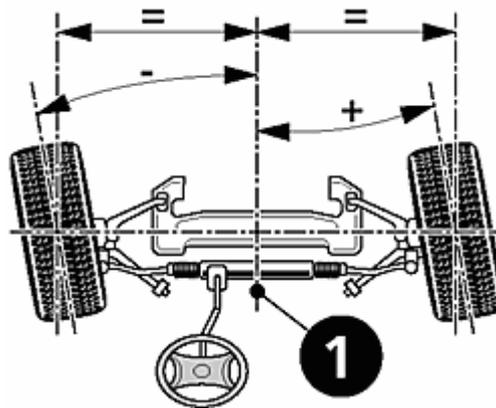
Das Fahrzeug schiebt beim Einlenken über die Vorderachse in Richtung äußerer Kurvenrand.

### **Schräglaufwinkel** (ein Zauberwort, bitte merken!)

Ist der Winkel der Lauffläche zur Fahrbahn. Bei Kurvenfahrten mit hohen Geschwindigkeiten verformt sich der Reifen auf der Fahrbahn von der Kurvenaußenseite zum Fahrzeug hin. Wird dabei ein bestimmter Schräglaufwinkel überschritten, nimmt die Traktion ab.

### **Spur** (siehe Zeichnung)

Die Gesamtpur einer Achse wird aus der Differenz zwischen dem vorderen und hinteren Abstand der Räder einer Achse ermittelt, gemessen an den Felgenhörnern. Die Einzelspur bezeichnet den Winkel eines einzelnen Rades – an der Hinterachse gemessen – in bezug auf die Fahrzeuglängsmittel-ebene, aber an der Vorderachse gemessen in bezug auf die geometrische Fahrachse. Weist ein Fahrzeug an der Hinterachse ungleiche Einzelspurwerte auf, müssen für die Geradeausfahrt die Vorderräder so eingeschlagen werden, dass die Winkelhalbierende der Vorderachsgesamtpur parallel zur Winkelhalbierenden der Hinterachsgesamtpur (= geometrische Fahrachse) steht. Dadurch fährt das Fahrzeug im „Dackellauf“, und das Lenkrad steht auf einem leichten Lenkeinschlag.

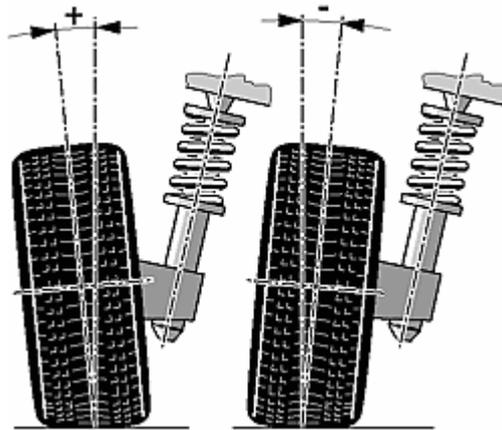


Die Spur der Vorderräder wird auf die geometrische Fahrachse(1) bezogen. Nur dann fährt das Auto geradeaus.

Spur beschreibt den Winkel der Räder zur Längsachse des Fahrzeugs. Man betrachtet also quasi den Wagen von oben und beschreibt, wie die Räder zur gedachten Fahrtrichtung stehen. Stehen die Räder dabei vorne näher zusammen als hinten nennt man dies "Vorspur" und der Winkel wird mit einem "+" versehen. Nachspur heißt dann folglich, dass die Räder hinten enger zusammenstehen als vorne. Dies wird mit einem "-" vor dem Winkel gekennzeichnet.

## Sturz (siehe Zeichnung)

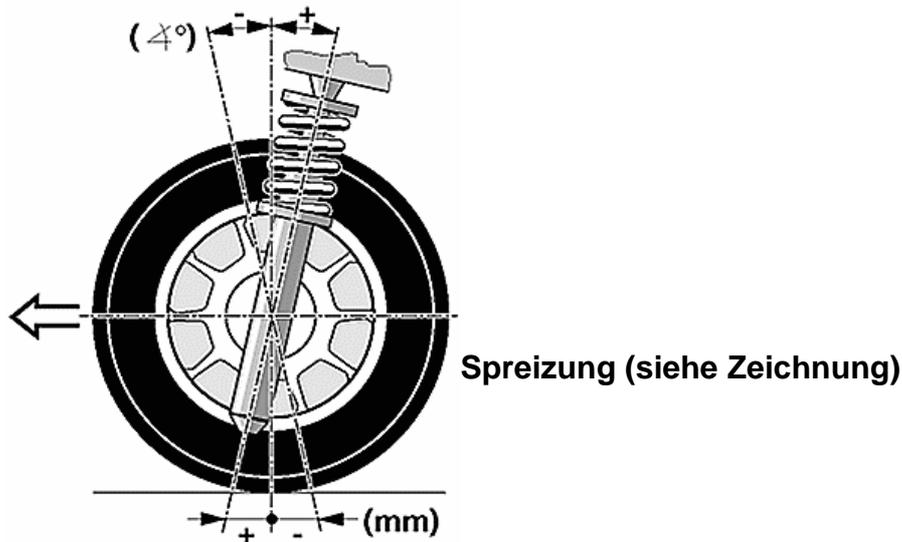
Der Sturz ist der Winkel zwischen der Radmittelebene und einer Senkrechten zur Fahrbahnebene. Er ist positiv (+), wenn der obere Teil des Rades nach außen geneigt ist, und negativ (-), wenn er nach innen geneigt ist. Der Sturz wird in Grad gemessen.



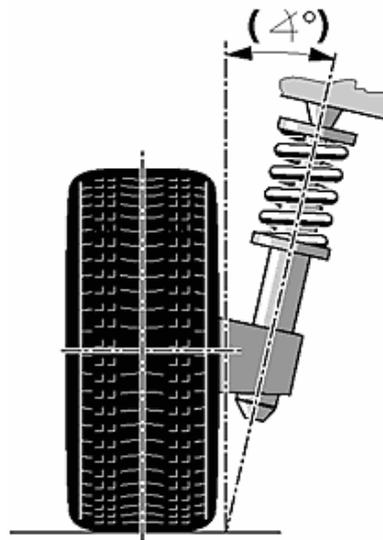
Sturz beschreibt den Winkel der Räder zur Hochachse des Fahrzeugs. Den Sturz kann man recht gut erkennen, wenn man direkt vor oder hinter einem Fahrzeug steht. Stehen die Räder oben näher zusammen als unten, dann spricht man von negativem Sturz und der Winkel erhält folglich ein negatives Vorzeichen. Bei positivem Sturz stehen die Räder unten näher zusammen als oben, das Vorzeichen des Winkels ist dann ein "+".

## Nachlaufwinkel / Nachlauf

Als Nachlauf bezeichnet man die Schrägstellung der Schwenkachse in Richtung der Fahrzeuginnenachse gegenüber einer Senkrechten zur Fahrbahn. Beim positiven Nachlauf läuft der Radaufstandspunkt dem Aufstandspunkt der Schwenkachse nach (die Räder werden gezogen), was eine spurstabilisierende Wirkung hat. Beim negativen Nachlauf läuft der Radaufstandspunkt dem Aufstandspunkt der Schwenkachse vor (die Räder werden geschoben).



Die Spreizung ist die Schrägstellung der Schwenkachse gegenüber einer Senkrechten zur Fahrbahn (gesehen zur Fahrzeuglenkachse). Spreizung und Sturz bilden zusammen einen Winkel, der beim Ein- und Ausfedern gleich bleibt. Durch die Spreizung wird das Fahrzeug beim Lenkeinschlag angehoben – was Rückstellkräfte erzeugt.



### Abstimmung/Feineinstellung

So, vorsichtige Probefahrt wurde gemacht, Freigängigkeit und Federvorspannung wurden nachgeprüft. Eventuell vorhandene Zug/Druckstufenversteller sind entweder nach Herstellerangabe eingestellt oder aber auf die Mittelwerte justiert. Bremsen funktionieren und es wurde gecheckt das die Hinterachse nicht überbremst! Jetzt ist es erforderlich den Luftdruck an der nächsten Tankstelle (möglichst bei kalten Reifen) zu kontrollieren und ggf. zu korrigieren.

Tipp: Zwei bis drei Zehntel höherer Luftdruck wirkt sich positiv auf die Lebensdauer und die Seitenstabilität der Pneu aus! Dies geht allerdings geringfügig zu Lasten des Komforts.

Idealer Weise sucht man sich jetzt eine Strecke mit unterschiedlichen Straßenverhältnissen, um das Fahrwerk abzustimmen. Die Strecke sollte nicht zu lange und vor allem nicht zu stark befahren sein. Vorteilhaft ist es, zum Abstimmen einen Freund mitzunehmen. Der kann sich auch gleich mit Schreiber und Block bewaffnen. Zuerst die Strecke langsam abfahren und beobachten wie sich das ‚neue Gerät‘ verhält. Langsam die Geschwindigkeit steigern und testen wie sich das Fahrzeug anfühlt. Schlagen jetzt bereits die Federbeine durch, dann ist Erhöhen der Federvorspannung/Druckstufe angesagt. Probeweise sollte auch die Zugstufe verändert werden. Wenn nichts durchschlägt, dann möglichst vorsichtig (und nur wenn es aufgrund der Verkehrssituation geht) an den Grenzbereich gehen und beobachten ob sich gegenüber dem Serienfahrwerk die Über - oder Untersteuerneigung geändert hat. Es kann durchaus sein, dass bei Fahrwerken bei denen vom Hersteller alle Einstellungen voreingestellt wurden, gleich bei den ersten Tests alles optimal funktioniert. Das kommt daher, dass manche Hersteller wirklich viele Tests durchführen und das mit den jeweiligen Automodellen. Bei solchen Firmen ist die Grundeinstellung meist sehr nahe am, oder eben schon das Optimum.

Jetzt kann man beginnen mit den Dämpferverstellungen zu spielen. Eine Hilfe ist es auch, einmal eine Runde mit allen Einstellern in ‚offener Position‘ zu fahren und anschließend mit ganz geschlossenen Einstellern. Das erleichtert den Unterschied zu erkennen. Dabei ist aber ein gemäßigtes Tempo anzuschlagen, auf keinen Fall im Attack-Modus mit voll offenen oder ganz geschlossenen Einstellern durch die Gegend rauschen. Die Einstellerei ist relativ zeitaufwendig und auch recht mühsam. Zugegeben, aber es zahlt sich aus. Man muss einfach alle möglichen Einstellungen probieren. Die optimale Zugstufe zu finden ist übrigens schwieriger als man glauben möchte. Sollte das Fahrwerk sich auf Bodenwellen zu hart anfühlen obwohl die Zugstufe schon abgeschwächt wurde, dann kann das folgenden Grund haben. Zwischen zwei Bodenwellen muss die Ausfederbewegung passieren, also nach dem Überfahren der ersten Welle muss das Federbein weit genug ausfedern um die nächste Welle aufnehmen zu können. Ist die Zugstufe zu hart, schafft es die Feder nicht rechtzeitig auszufedern da die Zugstufe die Ausfederbewegung zu sehr bremst. Dann rauscht das noch zusammengedrückte Federbein auf die nächste Bodenwelle ohne richtig ausgefedert zu sein, wodurch es zu harten Schlägen kommt. Diese harten Schläge werden oft fälschlich einer zu harten Druckstufe zugeordnet, dabei liegt es an der Zugstufe!

Hier noch ein paar Facts, die helfen sollen, besser zu verstehen was passiert. Erhöhung (härter machen) der Zugstufe, verlangsamt das Ausfedern des Rades, weil die Zugstufe der Ausfederbewegung entgegen wirkt. Erhöhung (härter machen) der Druckstufe, erhöht die Dämpfungswirkung bzw. bremst das Einfedern des Rades. Eine Erhöhung der Federvorspannung wirkt sich sofort auf die Ausfedergerwindigkeit des Rades aus. Die Zugstufe wird direkt von der Federvorspannung beeinflusst und muss entsprechend erhöht oder verringert werden. Genauso wirkt sich die Federspannung auf die Druckstufe aus. Hohe Federspannung und Druckstufe zu, macht das Fahrwerk besonders hart. Man sieht, es ist nicht ganz easy und man sollte eine Einstellung finden, die einem persönlich liegt. Bei einem Alltagsauto wird man mehr Komfort benötigen als beim Wochenende – Heizgerät. Klar. Auf keinen Fall nur auf topfebenen Strecken testen sondern unbedingt auch auf wirklich schlechten Straßen. Bei uns in Österreich gibt's ohnedies mehr Straßen die ‚Rumänienstandard‘ aufweisen als gescheites Asphaltband. Wenn, nach vielleicht endlos langen Versuchen eine gute Abstimmung gefunden wurde, wird manch einer zufrieden sein.

Manchmal geht dabei ein ganzes Wochenende drauf und auch ich war oft der totalen Verzweiflung nahe. Elementar wichtig ist es das Zusammenspiel von Feder, Zug- und Druckstufe zu verstehen, dann ergibt sich spätestens beim Fahren ein besseres Verständnis für das ‚was technisch passiert‘.

Viele andere - und ich war auch so einer - wollen aber wissen was im Grenzbereich oder beim Überschreiten des Grenzbereiches passiert. Ich sage nur: wenn's leicht geht, dann sucht euch für die Übung zum Überschreiten des Grenzbereiches entweder einen Rübenplatz, großen Parkplatz (ohne parkende Autos!!!) oder sonst eine Strecke ohne öffentlichen Verkehr. Soviel Vernunft sollte man schon aufbringen. Ich gebe auch zu, dass ich auf öffentlichen Straßen meine Fahrwerke eingestellt habe. Aber erstens war die Strecke ohne Abzweigungen, am Anfang, in der Mitte und am Ende mit Freunden besetzt, die mir via Funk mitteilten was sich vor und hinter mir tut. Und: ich bin im Attack-Modus wirklich immer alleine im Auto gesessen. Wer aus reiner Blödheit Freunde oder andere Verkehrsteilnehmer umbringt wird nicht mehr froh werden. Außerdem kann man auf Rübenplätzen auch bei PS starken Geräten alles Mögliche probieren.

Bei mir war es so, dass mein Fahrwerk ein stark zugunsten hoher Kurvengeschwindigkeiten zugeschnittener Kompromiss war. Ich persönlich bevorzuge ein neutrales Fahrverhalten, wo das Fahrzeug bei zu hoher Kurvengeschwindigkeit über alle 4 Räder rutscht und beim Gaslupfen übersteuert. Genau dieses Fahrverhalten ist möglicher Weise für andere unfahrbar. Darum kann ich nichts dazu sagen, wie Ihr Euer Gerät abstimmen sollt. Das muss jeder selber wissen. Jedenfalls kann man schon mit verschiedenen Einstellungen diese Über – oder Untersteuertendenzen beeinflussen.

Für gewöhnlich möchten die meisten Fahrwerksfreaks genau das was ihr Auto normalerweise macht ändern. Im Folgenden zwei typische Beispiele. Fronttriebleer die man zu schnell ins Eck wirft rutschen mit wimmernden Reifen über die eingeschlagenen Vorderräder (Untersteuern) . Die normale Regel lautet dann: weg vom Gas und eventuell den Lenkeinschlag verringern. Durch das Gaswegnehmen bremsst sich das Fahrzeug weiter ab, eventuell kann man auch den Lenkeinschlag etwas zurücknehmen, was einen aber bewusst in Richtung eines möglicherweise vorhandenen Hindernisses bringt, aber das über die Vorderräder rutschende Auto stabilisiert sich wenn dadurch die Räder wieder Grip bekommen. In sehr schnellen Kurven, kann übrigens abruptes Gaswegnehmen dazu führen, dass das Heck blitzartig nach vorne kommt. Drei ganz typische Vertreter die das extrem machen sind Honda's ältere CRX, der gute alte Peugeot 205 GTI (und zwar extremst!) und in etwas abgeschwächter Form (aber immer noch heftig) der neue Peugeot 206.

Beim Hecktriebleer kommt bei mit zuviel Gas gefahrenen Ecken das Heck nach vor (Übersteuern), was bis zu einem gewissen Grad auch recht nett ist, vorausgesetzt das man damit umgehen kann. Manche Hecktriebleer machen das aber auch recht heftig, man muss dann auskuppeln um den Vortrieb zu bremsen, besonders wenn man nicht mehr schnell genug gegenlenken kann oder aber nach dem Gegenlenken auf den berühmten ‚Gegenpendler‘ des Hecks wartet der das Abfliegen einleitet.

Der Frontriebler-Pilot kann die Untersteuerneigung verringern in dem diverse Tricks zur Anwendung kommen, die nicht unbedingt mit – oder ausschließlich mit – Fahrwerkseinstellungen zu verändern sind. Z.B. die Übersteuerneigung vergrößern. Beim Hecktriebler kann man mit genau den gleichen Tricks vorgehen um das Übersteuern zu verringern. Z.B. durch verstärken der Untersteuerneigung.

Allradfahrzeuge (Audi, Lancia Delta Integrale, etc.) sind meist besonders schwierig abzustimmen, da bei vielen dieser Autos extrem viele Einstellmöglichkeiten an der Hinterachse gegeben sind, die normaler Weise bei zweiradgetriebenen Autos nur an der Vorderachse vorhanden sind (jaja.. ich weiß Ausnahmen bestätigen die Regel).

### **Fahrwerkskomponenten die das Fahrverhalten maßgeblich beeinflussen können**

Jetzt kommen wir zu den berühmten Tricks, die zwar jeder Fahrwerkshersteller kennt, aber die meisten Leute die selbst ihr Fahrwerk einbauen haben davon noch nichts gehört.

Ein sehr probates Mittel Unter – oder Übersteuerneigung zu beeinflussen sind Stabilisatoren, auch Querstabilisatoren genannt. Die meisten Autos haben Stabilisatoren. Zumindest an der Vorderachse. Viele haben diese an beiden Achsen. Was tun aber diese wichtigen Komponenten des Fahrwerkes eigentlich? Der mit der Karosserie verbundene querliegende Teil des Stabilisators wird beim einseitigen Einfedern verdreht und erhöht dadurch die Radlast auf das kurvenäußere Rad. Gleichzeitig wird die Radlast auf das kurveninnere Rad verringert und die Schräglaufwinkel (Beschreibung weiter oben!) auf der Außenseite erhöht. Angenehmer Nebeneffekt ist hier, dass dadurch natürlich die Seitenneigung erheblich verringert wird, da sich ja die Federung der einfedernden Seite um die Torsionskraft des Stabilisators erhöht. Daraus ergeben sich folgende Regeln:

Stabilisator vorne **verringert Übersteuern** und **verstärkt Untersteuern**

Stabilisator hinten **verringert Untersteuern** und **verstärkt Übersteuern**

Das bedeutet, dass man mit Änderungen an den Stabilisatoren wunderbare Änderungen im Fahrverhalten erzielen kann. Wenn ich nun vorne einen stärkeren (wirksameren) Stabilisator montiere verstärke ich den Effekt des Untersteuerns, gleichzeitig mindere ich den Effekt des Übersteuerns. Genau dieselben Effekte kann man auch erzielen in dem man hinten einen schwächeren Stabilisator verwendet. Siehe oben genannte, wichtige Regel. Das bedeutet, dass ich auch wenn nur ein Stabilisator am Fahrzeug vorhanden ist durch Änderungen dieses Teils Über- und Untersteuerneigung beeinflussen kann. Ein uralter Trick und trotzdem relativ unbekannt. Stabilisatoren verschiedener Stärke bekommt man meistens bei Tunern, sehr oft auch bei Fahrwerksherstellern. Aber selbst wer keine der sogenannten ‚Sportstabilisatoren‘ bekommt braucht nicht die Flinte ins Korn zu werfen. Es gibt noch etliche Tricks, die teilweise sehr einfach umzusetzen sind.

Womit wir bei den **Reifen** und Rädern angekommen wären. Ihr kennt ja sicher die vielen Autos die hinten breitere Reifen haben als vorne. Warum ? Weil es schön aussieht natürlich. Das damit das Fahrverhalten nachhaltig beeinflussbar ist wissen auch die Wenigsten. Fahrzeughersteller (Porsche, Ferrari, etc., etc.) natürlich ausgenommen.

Für Reifen und Felgen gelten folgende Regeln:

Breitere Reifen hinten **verringern Übersteuern**

Breitere Reifen vorne **verringern Untersteuern**

Breitere Felgen hinten **verringern Übersteuern**

Breitere Felgen vorne **verringern Untersteuern**

Grau ist alle Theorie. Auch wenn das mit den Reifen und Felgen tatsächlich stimmt, kenne ich niemanden der vorne breitere Reifen/Felgen montiert ohne hinten das gleiche zu tun. Umgekehrt ist es schon eher üblich. Die möglichen Kurvengeschwindigkeiten werden selbstverständlich durch breitere Reifen erhöht, da diese bei gleicher Belastung und Seitenkraft kleinere Schräglaufwinkel (siehe weiter oben) aufweisen.

Reifendruck ist auch ein Zauberwort, aber bei Straßenreifen ist der Spielraum eher gering, wenn auch nicht zu vernachlässigen. Im Bereich von +/- 4/10 bar Druck kann man aber durchaus probieren. Versucht es einfach einmal vorne 2/10 mehr und hinten 2/10 weniger. Wer nicht glaubt, dass dadurch das Fahrverhalten beeinflusst wird soll es bitte selbst probieren. Mehr als allerhöchstens 4/10 über Seriedruck zu fahren ist aber nicht unbedingt zu empfehlen. Nicht vergessen wir sprechen von ganz normalen Straßenreifen, egal welche Dimension die auch immer haben mögen. Unter Seriedruck sollte kein Reifen gefahren werden. Und beim Testen nicht vergessen, die Reifen brauchen ein paar Kilometer um warm zu werden und ordentlich zu haften. Weiter unten werdet ihr sehen wie sich erhöhter Luftdruck an Vorder- bzw. Hinterrädern auf das Fahrverhalten auswirkt und vor allem warum.

Aufgrund der breiteren Laufflächen bieten Niederquerschnittreifen mit entsprechender Laufflächenmischung mehr Grip. Durch die kleineren Querschnitte werden größere Seitenführungskräfte bei geringerem Schräglaufwinkel aufgenommen. Wie wir inzwischen wissen, nimmt ab einem gewissen Punkt der Schräglaufwinkeländerung die Traktion bzw. der Grip ab, woraus sich folgendes ableiten lässt:

Übersteuern: Schräglaufwinkel hinten größer als vorn

Untersteuern: Schräglaufwinkel vorn größer als hinten

Sind die Schräglaufwinkel an beiden Achsen gleich groß, ergibt sich dadurch neutrales Fahrverhalten.

Da die Schräglaufwinkel bei ansteigendem Luftdruck ebenfalls (bis zu einem gewissen Punkt) kleiner werden, gelten folgende Regeln:

Höherer Luftdruck vorn mindert Untersteuern (verstärkt eventuell die Tendenz zum Übersteuern)

Höherer Luftdruck hinten mindert Übersteuern (verstärkt eventuell die Tendenz zum Untersteuern)

**Für die oben genannten Regeln gilt auch der Umkehrschluss, wobei bei den Reifen dieser Umkehrschluss mit äußerster Vorsicht anzuwenden ist.** Denn wenn höherer Luftdruck hinten das Übersteuern vermindert, dann wird niedrigerer Luftdruck hinten das Übersteuern verstärken und daher das Untersteuern zumindest tendenziell vermindern. Tendenzuell ? Na ja wenn man vom gleichen Luftdruck in allen Rädern und gleicher Last ausgeht dann stimmt das, aber die oben beschriebenen Regeln beziehen sich auf kleiner werdende Schräglaufwinkel und im Normalfall sind die Drücke vorne und hinten (fast immer) unterschiedlich. Also ist es unbedingt notwendig hier ausgiebig zu testen und sich keinesfalls auf den Umkehrschluss zu verlassen !!!

Es muss klar sein, dass zwar mit steigendem Luftdruck die Schräglaufwinkel kleiner werden, aber ab einem gewissen Punkt (abhängig von Reifen, Reifendimension, Felge, etc.) eine weitere Erhöhung des Druckes die Schräglaufwinkel nicht mehr beeinflusst. Ist ein optimaler bzw. der minimale Schräglaufwinkel bei (zum Beispiel) 2,6 bar erreicht wird eine weitere Erhöhung des Druckes natürlich nichts mehr bringen.

Also wenn sich durch breitere Reifen die möglichen Kurvengeschwindigkeiten erhöhen lassen, was gilt dann für die Felgen selbst? Na klar, auch die Verwendung unterschiedlicher Felgenbreiten führt zu ähnlichen Ergebnissen. Warum ? Na weil sich der gleiche Reifen auf einer breiteren Felge besser abstützt. Beispiel: ein 205/50/15 – Reifen auf 6 x 15 Felgen wird sich auf einer 7 x 15 Felge stabiler verhalten, weil er sich durch die um einen Zoll angewachsene Basis besser abstützen kann und daher ‚steifer‘ wird. Klingt einleuchtend. Wer natürlich schon die für einen Reifen maximal zulässige Felgenbreite erreicht hat, kann mit einer weiteren Erhöhung der Felgenbreite besten Falls den Reifen zerstören. Daher bitte immer vorher den Rat eines Fachmannes einholen oder einfach mal den Taschenrechner bemühen. In unserem Beispiel ist die erste Felge 6 Zoll (= 152,4mm) breit, der Reifen ist 205mm breit. Bei 7 Zoll breiten Felgen sieht das Verhältnis so aus Felge: 177,8mm Reifen: 205mm. Daraus ergibt sich, dass erst bei 8 Zoll breiten Felgen ungefähr die Reifenbreite erreicht wird. Das bedeutet aber nicht das eine 8 Zoll breite Felge verwendet werden darf. Bitte holt Euch hier die notwendigen Infos beim Reifenfachhandel. Ich kann und will dem nichts mehr hinzufügen, weil es Reifen – und Felgenabhängig dazu viele unterschiedliche Richtwerte und Erzeugervorschriften gibt.

Haben Eure Versuche mit Stabilisatoren, Reifen, Luftdruck, Felgen noch immer nicht den gewünschten Effekt gebracht, dann gibt es noch eine Möglichkeit. Nämlich Änderungen an der Achsgeometrie.

### **Spur und Sturz (Beschreibung weiter oben)**

Die Änderung des Sturzes kann verschiedene Vorteile bringen. Da ein sich gegen die Kurvenaußenseite abstützendes Rad (negativer Sturz) zusätzliche Sturzseitenkraft aufbringt, können größere Seitenkräfte und somit höhere Kurvengeschwindigkeiten erreicht werden. Veränderung der Sturzwerte wirken sich so aus:

Negativer Sturz **vorn** - **verringert Untersteuern**  
Negativer Sturz **hinten** - **verringert Übersteuern**

(Umkehrschluss nicht immer zulässig !!!)

Wohl legendär war einst Alfa Romeo's Alfasud. Der serienmäßig bereits mit einem stark negativen Sturz an den Vorderrädern ausgeliefert wurde. Mir ist kein Auto bekannt, bei dem man das so stark sehen konnte. Bei manchen Sud's die mit sehr breiten Reifen ausgestattet wurden, ist der äußere Rand der Reifenlauffläche nicht mehr auf der Fahrbahn aufgelegt, was manch ein Straßenaufsichtsorgan gar nicht witzig fand. Die Reifen fuhren sich weiter innen dadurch stärker ab als außen. Dafür erreichte dieses Auto Kurvengeschwindigkeiten von denen manches zeitgemäße und besser motorisierte Fahrzeug nur träumen kann.

Wegen der oben genannten ungleichmäßigen Abnutzung und auch aus anderen Gründen sollten die negativen Sturzwinkel vorn nicht mehr als 2 Grad, hinten nicht mehr als 3 Grad betragen. Bei vielen Fahrzeugen ist es auch heute gar nicht möglich den Sturz an der Hinterachse einzustellen. Ich habe bei verschiedenen Autos die für mich besten Ergebnisse mit maximal 1,5° (im Fachjargon „minus 1 Grad 30 Minuten“) negativem Sturz erreicht, wobei ich aber darauf hinweisen muss, dass ich persönlich keine superbreiten Reifen bevorzuge. Außerdem sollte man mit steigender Reifenbreite auch den negativen Sturz ein wenig zurücknehmen, sonst kann es tatsächlich passieren, dass mehr als ein Drittel der Lauffläche bei Geradeausfahrt nicht mehr auf der Fahrbahn aufliegt. Wie sich das bei Aquaplaning auswirkt will ich gar nicht wissen.

Noch ein Wort zum Sturz. In vielen Werkstätten wird man entweder nur blöd angeschaut wenn man einen Wert verlangt, eben z.B. minus 1,5° Sturz, der außerhalb der vom Hersteller vorgeschriebenen Toleranz liegt oder gleich belehrt. Oft, besonders bei VW, muss man dann extra noch einmal auf dem Auftragschein unterschreiben das dieser Wert eben nicht nach den Werksvorgaben ist. In sehr vielen Fällen werden die Herren Werkstättenmeister die tollsten Geschichten aus dem Hut zaubern, von in Fetzen davonfliegenden Reifen, schweren Unfällen und sonstigem Unsinn. Leider haben diese Herren zu 90% überhaupt keine Ahnung und wenn einmal etwas anders ist als sie es seit Jahren oder Jahrzehnten gewohnt sind, dann ist es automatisch schlecht, gefährlich und unnötig. Ich bin aber darauf gekommen, dass die Herren lernfähig sind wenn man sie nur hart genug anpackt.

Ein weiterer Trick wird von vielen praktiziert ohne das sie es wissen. Da gibt es verschiedene Möglichkeiten von **Spurverbreiterungen**, die wie Tieferlegungsfedern meistens aus optischen Gründen gekauft werden. Das die Dinger das Fahrverhalten je nach ihrer Dicke mehr oder weniger stark beeinflussen fällt den Optiktunern meistens gar nicht auf.

Durch anpassen der Spurbreite einer Achse (durch Distanzscheiben oder geringere Einpresstiefe bei den Felgen) kann das Fahrzeug sich in Kurven besser ‚abstützen‘. Werden Distanzen an beiden Achsen mit der gleichen Stärke montiert so bleibt das ursprüngliche Eigenlenkverhalten unverändert. Man kann aber auch verschieden starke Distanzscheiben montieren (logischerweise pro Achse und nicht pro Rad !), dann ist folgende Regel gültig:

Breitere Spur **vorn - mindert Untersteuern**  
Breitere Spur **hinten - mindert Übersteuern**

Prinzipiell kennt ihr jetzt alle notwendigen Tricks und Eigenheiten um ein Fahrwerk ordentlich einstellen zu können. Es ist – so glaube ich – deutlich geworden, dass das richtige Abstimmen eines Fahrzeuges viel schwieriger ist, als man sich das so vorstellt. Alles was jetzt folgt sind Beobachtungen und sogenannte Weisheiten die ich im Laufe der Jahre – besonders als ich noch Bergrennen, Speedslaloms und andere Motorsportveranstaltungen gefahren bin – machen konnte.

Wer ‚sein‘ Fahrwerk richtig macht, sollte während der Schrauberei unbedingt die folgenden Teile der Achsaufhängungen usw. die auch zum ‚Fahrwerk‘ gehören kontrollieren und ggf. erneuern:

Spurgelenke, Lenker oder Dreieckslenker, sämtliche Metall/Gummi-Lager oder Silentblöcke, Stabilisatorgummis und zugehörige Befestigungen, sämtliche Kugelbolzen, Befestigungsgummis, Achsanschlaggummis, Bremslastausgleich (einstellen), Domlager, eventuell vorhandene Nadellager in den Domlagern, usw.

Das mag vielleicht mühsam sein, es zahlt sich aber sicher aus. Ein teures und gutes Fahrwerk funktioniert nur dann hundertprozentig wenn alle der oben erwähnten Teile in Ordnung sind. Eine ausgelutschte Aufhängung kann die Radgeometrie unter Belastung enorm verändern. Mehrere (!!!!) Grade bei Spur und Sturz ist bei ausgeleierte und defekten Lagerungen oder Aufhängungen keine Seltenheit.

Für diverse Fahrzeuge gibt es spezielle Dreieckslenker-Lager, Stabilisatorgummis, usw.. Meist bestehen diese, in den Abmessungen den Originalteilen entsprechenden, ‚Tuningteile‘ aus speziellen Gummimischungen oder Polyurethan. Diese Materialien sind langlebiger und fast immer auch härter als die Originalteile. Der Grund dafür liegt auf der Hand, denn wenn ein (als Beispiel) originales Gummi/Metall-Lager vom Dreieckslenker bei voller Belastung 1-2mm Spiel in seiner Lagerung aufweist, dann ändert sich die Fahrwerks- oder Radgeometrie entsprechend diesem Wert. Um diesen Wert nach unten zu bringen baut man eben diese ‚Tuninglager‘ ein. Die haben unter voller Belastung zwar auch etwas ‚Spiel‘, aber halt wesentlich weniger als Originalteile (besonders dann wenn die schon Tausende Kilometer auf dem ‚Buckel‘ haben), daher ist die Änderung der Radgeometrie auch wesentlich geringer. Im Rennsport werden diverse Gummilager durch starre Metall-Lager aus Aluminium oder auch anderen Legierungen ersetzt. Auch Teflonbuchsen werden häufig verwendet. So etwas für die Straße einzubauen ist nicht wirklich sinnvoll, da enorme Kräfte auf die Karosserie übertragen werden. Das spielt bei Rennfahrzeugen eine untergeordnete Rolle, da dort die Karosserien viel, viel steifer sind als von Serienautos. Zum einen wegen zusätzlich eingeschweißter Verstärkungsbleche, verschraubten oder verschweißten Sicherheitskäfigen und durch diverse **Fahrwerksstreben** und **Domstreben**.

Domstreben sind durchaus auch für Straßenautos sinnvoll. Es gibt sie für vorne und hinten und sie verbinden jeweils die beiden oberen Teile der Federbeinaufnahmen (die ‚Dome‘). Sie sollen das Flexen der Karosserie bei harten Stößen und/oder hohen Kurvengeschwindigkeiten verhindern. Und das tun sie auch recht ordentlich. Wer wissen will wie weich seine Karosserie ist der kann folgendes versuchen.

Auto mit Wagenheber seitlich und nur an einem Punkt und nur mit einem Wagenheber so hoch wie möglich aufheben. Dann die Türe (auf deren Seite der Wagenheber steht) aufmachen und schließen. Das gleiche mit der gegenüberliegenden Türe machen. Gehen die Türen streng auf und zu liegt das an der Karosserieverwindung. Je mehr Türen desto weicher die Karosse, vielleicht noch ein offenes Schiebedach und die Karosse hat genug Freiraum sich zu gewaltig verwinden. Sogar offene Seitenscheiben wirken sich aus. Allerdings nur in geringem Maße und für den Straßenbetrieb ist das ohnehin nicht von Relevanz. Jedenfalls können die Kräfte in einer rennmäßig angetragenen Ecke locker so hoch sein wie in unserem ‚Wagenheberbeispiel‘.

Es gibt noch andere Fahrwerksstreben, die oft gar nicht zu sehen sind und eher im Verborgenen werken. Dafür umso effektiver. Für viele Autos (Paradebeispiel ist der Golf) gibt es streben die unter dem Auto die Verbindungspunkte der beiden vorderen Querlenker gegeneinander abstützen, was einer Änderung der Radgeometrie entgegen wirkt. Gleiches gibt es weit weniger häufig auch für die Hinterachse. Bei Allradsportlern ist es auch üblich Streben zwischen dem Hinterachsdifferential und der Karosserie anzubringen, wobei in diesem Fall nicht immer die Radgeometrie stabilisiert werden soll, sondern auch verhindert werden kann, dass bei extremen Schlägen oder Sprüngen wie sie im Motorsport vorkommen, das Differential aus seiner Befestigung fliegt. Bestes Beispiel ist hier wohl der Ford Escort Cosworth und der Sierra Cosworth. Beide streuten zuweilen ihre Differentiale in die Landschaft. Allerdings nur im Rallysport und nicht im normalen Straßenbetrieb.

## **Rennsportkomponenten**

Einen kleinen Ausflug in den Motorsport möchte ich doch machen, nur um loszuwerden was für feine Sachen da verwendet werden und um ein Missverständnis aufzuklären.

Reinrassige Rennfahrwerke sind teilweise mit verstellbaren Domplatten ausgerüstet. Das heißt nichts anderes, als das die Federbeinaufnahmen die bei unseren Straßenautos eigentlich aus zwei Blechdomen, der Öffnung für das Federbein und zwei oder drei Schraubenlöchern bestehen, bei Rennfahrzeugen variabel gestaltet sind. Anstatt einem fix vorgegebenen, oberen Befestigungspunkt kann das Federbein in vielen verschiedenen Positionen montiert werden. Dadurch kann das Federbein in verschiedenen Winkeln eingebaut werden ohne das sich dabei der untere Befestigungspunkt verändert. Dies ist speziell bei den World Rallye Cars, die mich persönlich am meisten faszinieren, notwendig um sie auf die verschiedenen Streckengegebenheiten (Schotter, Asphalt, Eis, etc.) einstellen zu können. Mit Änderung bzw. räumlicher Verschiebung des oberen Anlenkpunktes können verschiedene Anstellwinkel des gesamten Federbeines erreicht werden. Bis hin zu 40 Grad Schrägstellung ist alles möglich. Übrigens, auch teure Straßenfahrwerke verkraften keine extremen Anstellwinkel. Aber das nur am Rande.

Zur Minimalausstattung gehören Hi-Speed und Low-Speed-Zug/Druckstufenverstellungen. Ein großes Missverständnis ist, das manch einer glaubt das diese Bezeichnungen (Hi-Speed/Low-Speed) sich auf die Fahrgeschwindigkeit beziehen. Ist natürlich Unsinn, es handelt sich lediglich um zwei verschiedene Einstellstufen die die Geschwindigkeit der Dämpferkolbenstange betreffen.

Mit Hi-Speed ist gemeint, dass man die Dämpfung für schnelles Ein- oder Ausfahren der Kolbenstange einstellen kann und für Low-Speed die Dämpfung für langsames Ein- oder Ausfahren der Kolbenstange. Molto complicato. Solche Fahrwerke abzustimmen ist nicht ganz so easy und beschäftigt manchmal ganze Technikertrupps. Oft sind die Stellschrauben an von der Dämpferereinheit weggebauten und per Druckschlauch verbundenen Gasbehältern angebracht. Vielleicht habt ihr so was ja schon bei Motorrädern gesehen. Die Federn lassen sich natürlich auch stufenlos verstellen und inzwischen gibt es sogar schon Gasdruckbehälter die oben oder unten an der Feder sitzen und die mittels eines Schraubendreh die Feder mehr oder weniger vorspannen. Im Rallye-Sport haben sich die Fahrwerke mehr verändert als in der Formel 1 und sind für enorme Zeitunterschiede verantwortlich. Nicht alleine, aber zu einem großen Teil. Natürlich spielt auch die Elektronik eine große Rolle. Es ist durchaus üblich im Motorsport (und ich spreche nicht von der Formel 1) bei Testfahrten und manchen Klassen auch im Rennen mit Telemetriesystemen zu fahren, wobei dort alle möglichen Parameter ausgewertet werden können. An den Federbeinen befinden sich Weg/Zeitsensoren, die alle Ein- und Ausfederbewegungen an allen Dämpfereinheiten messen. Die Daten werden dann entweder per Funk übertragen oder am Ende einer Teststrecke oder Rennetappe via Laptop ausgelesen und ausgewertet. Dort wo früher der gute Walter Röhrl mit dem Gruppe-B-Audi Sport Quattro Evolution 2 und (offiziell vom Werk zugegebenen) 488 PS mörderische Zeiten in den Asphalt oder Schotter gebrannt hat sind die heutigen, viel schwächeren Gruppe-A-Geräte viel schneller. Warum ? Die Antwort hat kürzlich Österreichs Rekordmeister Franz Wittman gegeben, als er von einem Reporter gefragt wurde was sich gegenüber Früher (als er noch ein etwas jüngerer Gasgeber war) geändert hat. Antwort: „ Na ja in erster Linie sind es die Fahrwerke. Dort wo ich früher im Vierer das Gas gelupft hab', dort fahr ich heut' im Sechser und hab keine Angst dabei“. Sagt schon einiges. Natürlich haben sich nicht nur die Fahrwerke geändert. Lenkwinkelsensoren, automatisch zu- und wegschaltbare Achsantriebe, Vollkarbon-Kardanwellen, sequentielle Schaltungen usw. sind natürlich genauso beteiligt. Aber beeindruckend ist es schon.

Was das mit unseren Fahrwerken zu tun hat? Nix, aber interessant ist es trotzdem, denn die Leistungen im Motorsport führen permanent zu Verbesserungen der Serienautos. Also ziehen wir ja auch einen Nutzen aus dem Motorsport.

Nun gut, im Prinzip war's das. Sollte hier jemand Fehler finden dann lässt mich das via Webmaster von [need4speed.at](http://need4speed.at) bitte wissen, damit ich eventuell notwendige Korrekturen vornehmen kann.

Zum Schluss wünsche ich euch gutes Gelingen und stelle noch die folgende Schnellübersicht zur Verfügung. Ich hoffe dass es auch für die Fahrwerksgurus unter euch ein wenig interessant war.

## Übersteuern und Untersteuern

Um die Seitenführungskraft und damit die Kurvengrenzgeschwindigkeiten zu erhöhen, sollte man folgendes tun:

- Breitreifen
- höherer Luftdruck
- Breitere und leichtere Felgen
- Wagen tieferlegen (Schwerpunkt tiefersetzen)
- negativer Sturz vorn und hinten
- Stabilisatoren vorn und hinten
- Spur vorn und hinten verbreitern
- Auftrieb reduzieren (Front-/Heckspoiler)

## Übersteuern

Das Fahrzeug bricht beim Einlenken mit dem Heck in Richtung äußerer Kurvenrand aus. Folgende Maßnahmen können das Übersteuern mildern oder beseitigen:

- höherer Reifendruck hinten
- breitere Reifen hinten
- breitere Felgen hinten
- negativer Sturz hinten
- breitere Spur hinten
- Stabilisator vorn
- härtere Dämpfung (Druckstufe) oder Federung vorn
- Hinterachsdämpfer die Zugstufe weicher stellen
- Weichere Hinterachsfeder verwenden
- Weicheren Hinterachsstabilisator verwenden
- Hinterachseinfederweg erhöhen, wenn Fahrzeug auf dem Anschlagsgummi aufliegt
- Heckspoiler

## Untersteuern

Das Fahrzeug schiebt beim Einlenken über die Vorderachse in Richtung äußerer Kurvenrand. Folgende Maßnahmen können das Untersteuern mildern oder beseitigen:

- höherer Reifendruck vorn
- breitere Reifen vorn
- breitere Felgen vorn
- negativer Sturz vorn
- breitere Spur vorn
- Stabilisator hinten
- Reifentemperatur erhöhen (im Rennbetrieb)
- Weichere Reifenmischung verwenden (im Rennbetrieb)
- härtere Dämpfung (Druckstufe) oder Federung hinten
- Vorderachsdämpfer die Zugstufe weicher stellen
- Weicheren Vorderachsstabilisator verwenden
- Vorderachsfeder weicher wählen – in manchen Fällen ist die Vorderachsfeder allerdings viel zu weich dann auf härtere Federn zurückgreifen.

© by [www.Need4Speed.at](http://www.Need4Speed.at) - Autor: Steve