

# **Fahrwerkstechnik und Setup**

## **-ein kleiner Leitfaden**

### **Vorwort**

Um mit einem (RC-)Auto richtig gut fahren zu können, kommt man nicht umhin, sich ein wenig mit der Theorie und Praxis der Fahrwerkstechnik zu beschäftigen.

Und sobald man dies tut, wird man von Begrifflichkeiten erschlagen, und versteht nur noch den berühmten Bahnhof.

Zumal sich gleichzeitig etliche Gerüchte hartnäckig halten, und vielerorts leider auch völlig falsche Inhalte weitergegeben werden.

Denn eins muss man sich vor Augen halten: Ein Fahrzeug besteht aus vielen Einzelkomponenten, die alle zusammen, aber keine für sich allein wirken, so dass die Änderung eines Details oft Auswirkung auch an anderen Stellen hat. Man muss daher immer versuchen, den bestmöglichen Kompromiss zu finden.

Ich garantiere nicht, dass es besonders übersichtlich wird, versuche es aber.

Ich will das Thema auch nicht endgültig erschlagen, noch erhebe ich Anspruch auf Vollständigkeit.

Ich behandle das Thema Setup vorrangig am Beispiel des F2004 (von dem auch die meisten Fotos stammen), es hat natürlich aber Gültigkeit bei allen Fahrzeugen.

Die Grundlagen hierfür entstammen meiner Praxis und langen Nächten am Werkisch, sowie Fragen und Beiträgen aus den Foren [www.f2004.at](http://www.f2004.at) und [www.formell-info.com](http://www.formell-info.com).

Ich bedanke mich bei den Usern dieser Foren für anhaltendes Fragen, sowie allen, die mich in dieser Zeit unterstützt und ertragen haben, ganz besonders bei Krischahn für seine unendliche Geduld, Stefan dafür, dass ich seine RC-Oldtimer restaurieren durfte, sowie Marko und Stefan, die ich mit meinen Ideen „belästigen“ durfte. Andi, der mit seinem halben Friedhof in meiner Werkstatt stand; ich habe noch nie so viel Sand in einem Kugellager gesehen.

Vielen Dank euch allen!

Volker Vockerodt

Limburg im September 2006

Zu den benötigten Werkzeugen:

Man kann die Einstellung des Fahrwerks mit teuren Spezialwerkzeugen vornehmen, hier wäre das (allerdings sehr gute) System von Hudy insgesamt hervorzuheben, diese Ausgabe lohnt aber für den Privat- und Gelegenheitsfahrer meist nicht.

Genügend Sorgfalt vorausgesetzt, reichen für sämtliche Einstellarbeiten ein Meßschieber und ein Geodreieck völlig aus.

Eine saubere, ebene Platte, z.B. eine Küchenarbeitsplatte, als Unterlage, soll die Plattform für alle Arbeiten sein. Etwa 10cm von einer der Schmalseiten entfernt bohrt man noch ein Loch, in das man einen passenden runden Stift (Kugelschreiber, o.ä.) stecken kann.

Zusätzlich zeichnete man sich mit einem wasserfesten Stift eine Mittellinie auf die Platte, welche genau mittig über das Loch verlaufen muss.

Alle Werkzeuge sollen von guter Qualität und in einwandfreiem Zustand sein. Vermacktes Werkzeug macht nicht nur keinen Spaß, es verdirbt auch die Arbeit. Gutes Werkzeug garantiert geradezu ein gutes Ergebnis.

Und: Eine Zange ist kein Hammer!

Für alle Einstellarbeiten gilt: sie sind am komplett fahrfertigen Fahrzeug vorzunehmen, inkl. aller Betriebsmittel (Akkus, Sprit)

Einige Worte zum immer wieder angesprochenen Fahrwerk des F-Ten: Der F-Ten von Kyosho ist die Ausgangsbasis für den Ferrari F2004, Vorserienmodelle haben dieses Fahrwerk auch noch.

Leider hat man sich dann dagegen entschieden, und dem F2004 ein fixes Fahrwerk ohne große Einstellmöglichkeiten gegeben.

Da der Teilesatz des F-Ten aber anstandslos passt, und nicht die Welt kostet, entschied ich mich (wie viele andere auch) dieses Fahrwerk einzubauen.

Insgesamt entwickelte sich in den o.g. Foren eine rege Tuningszene, die dem F2004 alle nur erdenklichen Verbesserungen angedeihen ließ.

Alle diese Änderungen flossen in meinen F2004 ein.

# Inhaltsverzeichnis

## Grundbegriffe

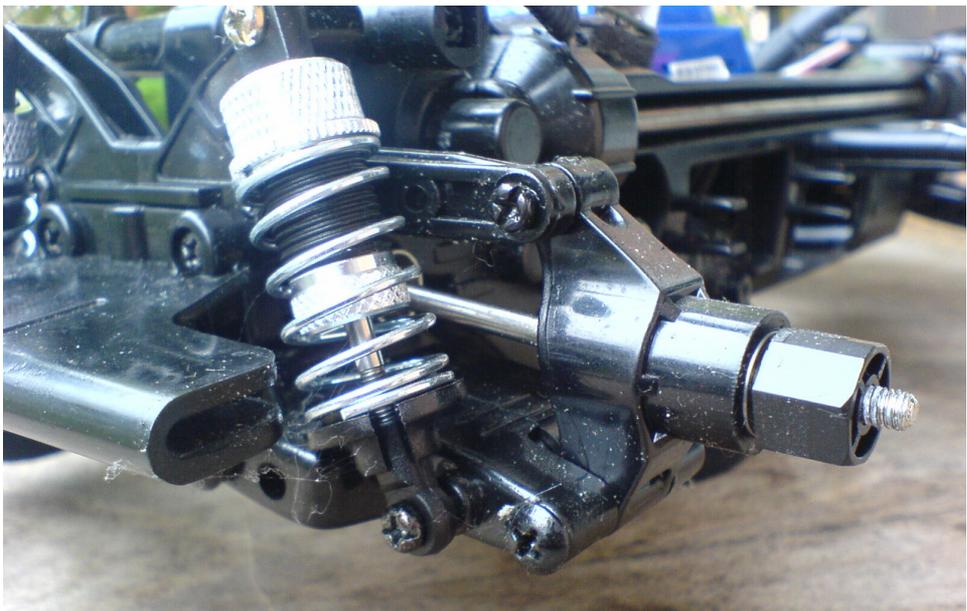
- Die Hinterachse	5
- Bestandteile, die verschiedenen Konstruktionen	5
- Sturz, Sturzzunahme	9
- Rollzentrum	11
- Stabilisator	14
- Die Vorderachse	15
- Bestandteile	15
- Sturz	19
- Rollzentrum	20
- Nachlauf	21
- Spur	23
- Kickup	22
-Federn und dämpfen	24
- Federn	24
- Dämpfer	26
- Dämpfer füllen	28
- Einfedern- Ausfedern	31
- Tweak?	33
- Das Setup	35

## Die Hinterachse

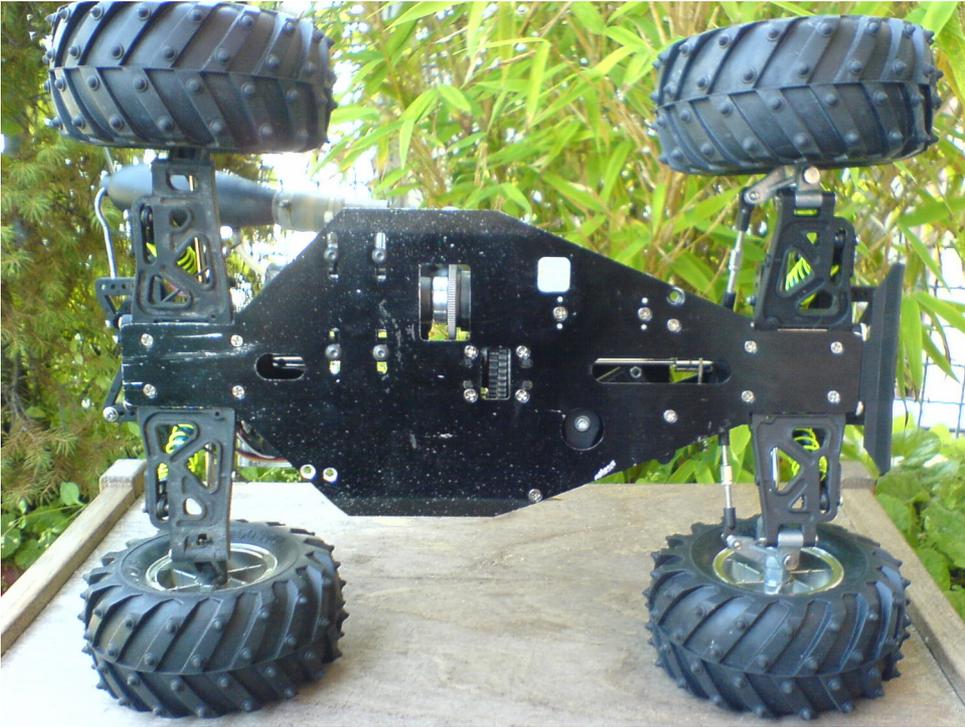
eines modernen Fahrzeugs besteht aus einer ganzen Menge Teilen: Da sind die Querlenker, die Achsschenkel (auch Achsträger genannt), Querlenkeraufnahme, Antriebwelle, Stossdämpfer...

### Bestandteile und Konstruktionsweisen

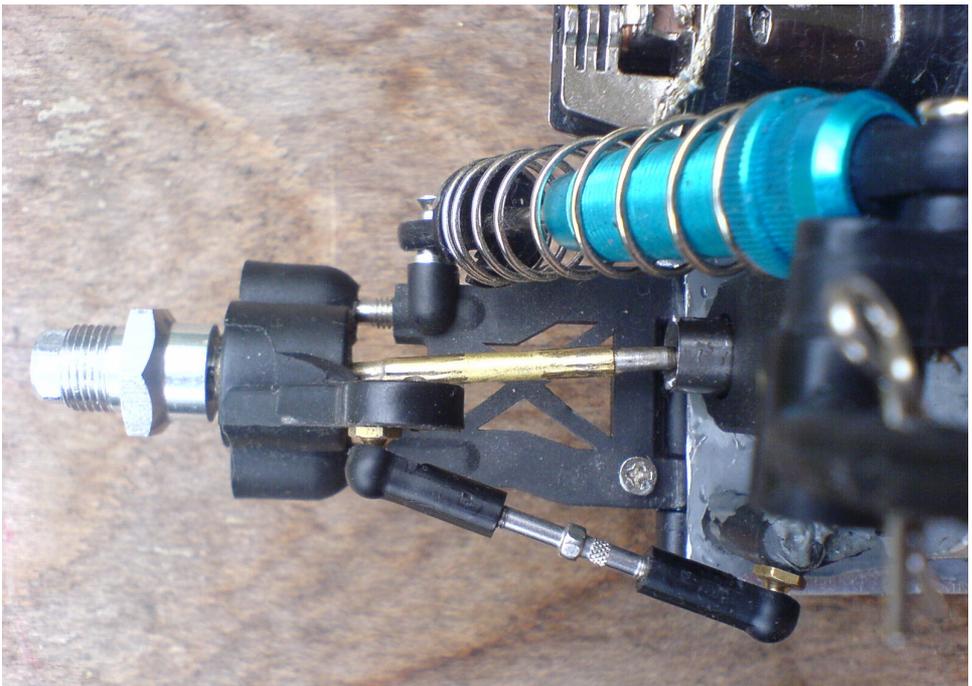
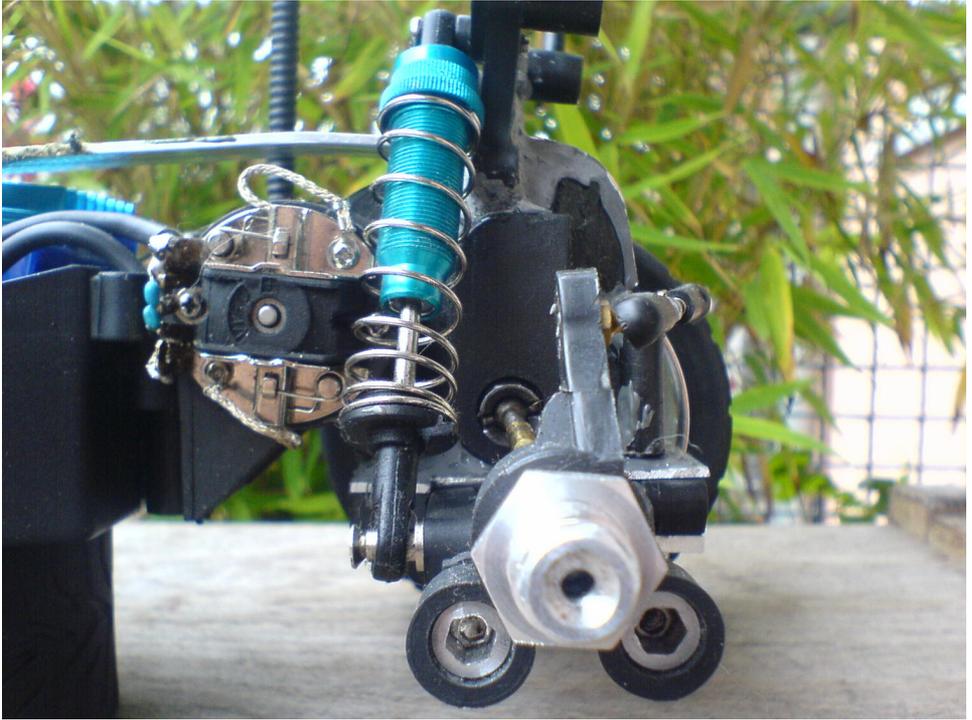
Wir haben es heute fast ausnahmslos mit Systemen zu tun, die aus einem oberen und einem unteren Querlenker bestehen. Meist ist der obere Querlenker lediglich als in der Länge verstellbare Schubstrebe ausgeführt. Die Einstellbarkeit sichert eine Veränderungsmöglichkeit des Sturzes. Der untere Querlenker ist als Trapez- oder Dreieckslenker ausgeführt. Bei den Achsschenkeln gibt es im Wesentlichen zwei unterschiedliche Systeme: das „klassische“, mit Stiftgelenken außen wie innen (oder Montage an Kugeln, es macht keinen Unterschied), oder den sog. Pivot-Ball-Aufhängungen. Ersterer sind in den Einstellwerten meist recht festgelegt, letztere gewährleisten einen Umfang an Einstellmöglichkeiten, wie man sie sich an einem Rennwagen erträumt. Allerdings ist die Einstellung dann auch sehr komplex.



Ein Beispiel für eine klassische Konstruktion (Tamiya TL-01)



Dieses Bild zeigt am Beispiel eines Carson CR-4B (Off Road Duck) sehr schön, wie stark man hier mit den Werten festgelegt ist. Einzig der Sturz vorne und hinten, sowie die Vorspur vorne sind einstellbar.



Eine Achse mit Pivot-Ball

Mein Eingang erwähnte „fast ausnahmslos“ bezieht sich auf ein Modell, welches in der Konstruktion wohl einzigartig ist: Den Navajo von SG/TAG (bei robbe auch mal als Cross Käfer vertrieben)  
Es hat vorne wie hinten sog. Mc-Pherson-Federbeine. Leider erwies sich die Ausführung als unbrauchbar, weshalb ich auf ein modernes Fahrwerk umgebaut habe (siehe die vorigen Bilder)

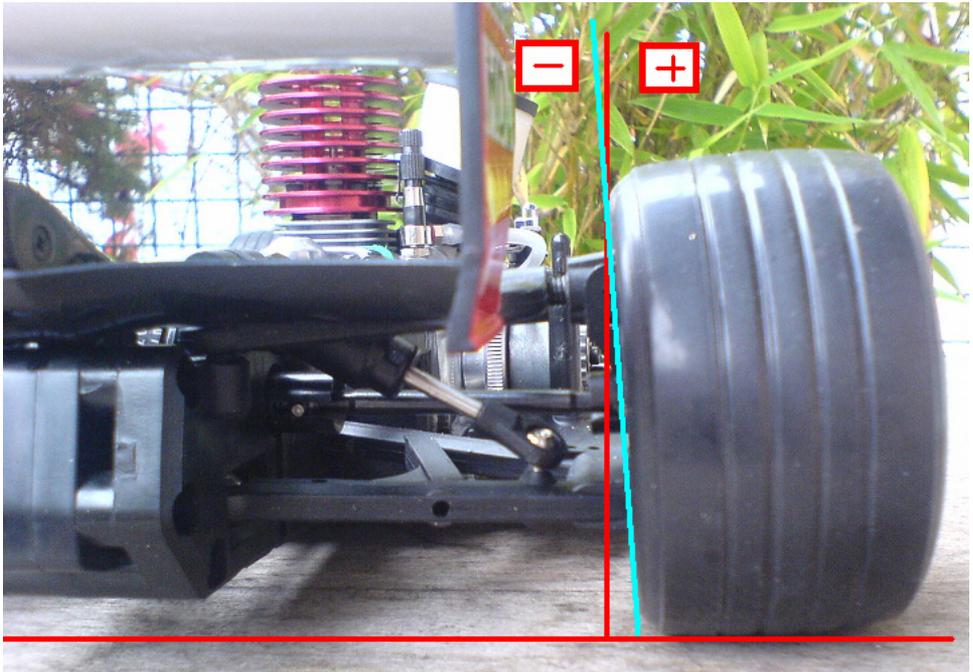


## Sturz

nennt man die Neigung des Rades, in Fahrtrichtung betrachtet, nach innen (vorzuziehen) oder außen (keine gute Idee).

Bei einer Neigung nach innen spricht man vom sog. „*negativen Sturz*“.  
Der Sturz wird in Grad gemessen

Dabei kann man sich kurz merken: Negativ ist positiv.



Der Sturz beeinflusst ganz wesentlich das Verhalten in Kurven, ein positiver Sturz führt zum Haftungsverlust des kurvenäußeren, also des höher belasteten, und besser greifenden Rades.

Der Ausritt ist programmiert.

Ein negativer Sturz bringt auf dem kurvenäußeren Rad mehr Griff, der Reifen kann sich besser abstützen und „festbeißen“, das Fahrzeug kommt besser um die Kurve.

Die gebräuchlichen Einstellwinkel liegen hier zwischen  $0^\circ$  und  $4^\circ$ , normalerweise liegt man mit  $1,5^\circ$  -  $2^\circ$  richtig, mehr bringt in aller Regel nichts, außer für Offroader.

Heckgetriebene (2WD) Fahrzeuge brauchen an der Hinterachse meist einen größeren Sturz, als Allradgetriebene.

Man kann bereits nach Augenschein beurteilen, ob der Sturz richtig eingestellt ist.

Sind nämlich die Reifen gleichmäßig abgefahren, ist alles in Ordnung.

Ist die Innenseite stärker abgefahren, sollte man etwas weniger Sturz einstellen.

### **Sturzzunahme.**

Sie tritt beim Einfedern des Rades auf, und kann helfen, in Kurven mehr Griff zu bekommen.

Wichtig hierfür ist die Länge des oberen Querlenkers in Ruhestellung.

Liegt der obere Querlenker am Achsschenkel höher als an seiner Aufnahme am Chassis so ergibt sich eine Sturzzunahme.

Ist er parallel zum unteren Querlenker bleibt der Sturz neutral.

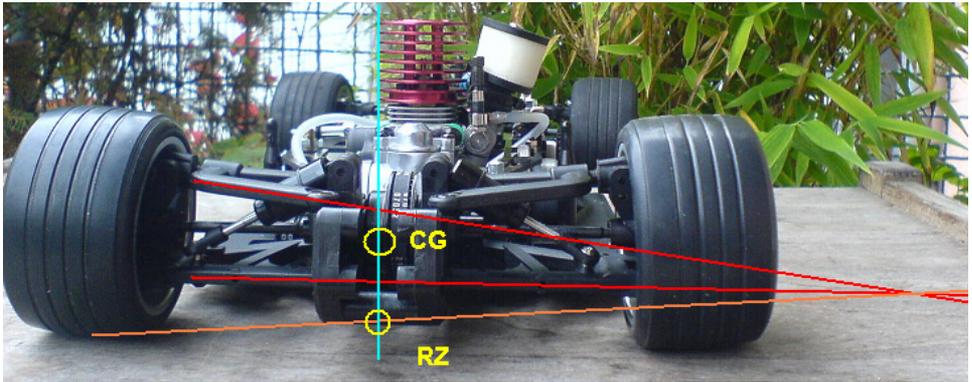
Das Gleiche erreicht man durch Längenveränderung des oberen Querlenkers:

Ist dieser kürzer, so ergibt sich eine Sturzzunahme, macht man ihn länger, so ist die Sturzveränderung beim Einfedern im besten Falle verschwunden

## Rollzentrum

nennt man einen fiktiven Punkt in der Achse, um den sich das Fahrzeug in den Kurven um die Längsachse neigt, also rollt. Das Rollen kennt man sehr anschaulich von Schiffen. Oder von der guten alten Ente.

Wie wird das Rollzentrum nun definiert? Das mag folgendes Bild veranschaulichen:



Man verlängert die Querlenker (rot) nach einer Seite bis zu einem Schnittpunkt der Linien. Vom Mittelpunkt der Reifenaufstandsfläche zieht man eine Gerade (orange) durch den eben gewonnenen Schnittpunkt. Dort, wo sich diese orange Linie mit der Mittelsenkrechten schneidet, liegt das Rollzentrum RZ. Wichtig ist nicht nur die absolute Lage des RZ, sondern auch die Entfernung vom Schwerpunkt „CG“

Das Rollzentrum gibt es auch in der Vorderachse, allerdings gibt uns der F2004 leider keine Gelegenheit, damit herumzuspielen, es ist konstruktiv fix, auch mit dem (trotzdem sehr guten) Fahrwerk des F-Ten.

Was macht man nun mit dieser Erkenntnis??

Das Rollzentrum ist ein weiterer für die Fahrbarkeit entscheidender Faktor.

Und hier kommt ein Punkt ins Spiel, der in der Bauanleitung zum F2004 eindeutig falsch angegeben wird, und dem man bei vielen Fahrern auch so begegnet:

Es betrifft die Anlenkungspunkte der unteren Querlenker am Achsschenkel!

In der nämlichen Anleitung ist zu lesen, dass man damit den Sturz einzustellen habe...

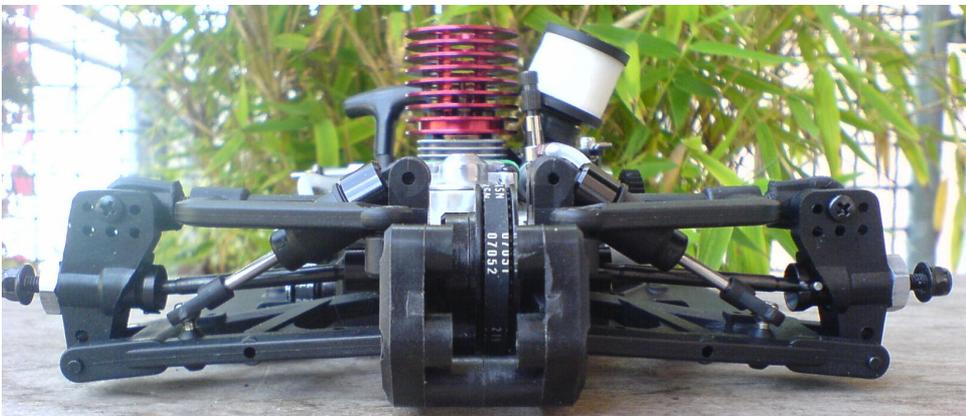
**Mumpitz!**

Der wird zwar auch mit verändert, aber es passiert noch viel mehr, und die Sturzänderung ist ein Nebenprodukt!

Leider ist das originale Fahrwerk, so, wie es ausgeliefert wird, nicht dazu geeignet, diese Werte unabhängig voneinander einstellen zu können.

Besser ist es, wenn man hier in das Fahrwerk des F-Ten investiert, dieses ist auch auf den Fotos zu sehen.

Mit den Anlenkpunkten oben und unten am Achsschenkel, bzw Querlenker, beeinflusst man maßgeblich das Rollzentrum. Jeder kann das mal für sich an dem nachfolgenden Foto durchexerzieren



Weiter beeinflusst man mittels der Einstellpunkte des oberen Querlenkers die Sturzzunahme beim Einfedern. Wenn man den oberen Querlenker so montiert, dass er im Ausgangszustand flacher liegt, nimmt der Sturz beim Einfedern stärker zu.

Das ist eventuell wichtig, falls eine wenig griffige Bahn zur Verfügung steht.

Meist ist es richtig, wenn der Sturz sich beim Einfedern nicht verändert, bei Offroadern ist eine Sturzzunahme jedoch oft hilfreich.

Je weiter das Rollzentrum nach unten vom Schwerpunkt entfernt ist, um so stärker neigt sich der Wagen in der Kurve. Allerdings entwickelt das FZ dabei auch mehr Haftung in der Kurve.

*Rollzentrum absenken:*

Oberen Querlenker innen anheben

Unteren Querlenke außen anheben

*Rollzentrum anheben:*

Oberen Querlenker innen absenken

Unteren Querlenker außen absenken

*Rollzentrum hinten:*

*tiefer:* mehr Lenkung unter Last (Kurvenausgang)

weniger Haftung beim Bremsen

reduziert die Kippneigung am Kurveneingang

für Kurse mit wenig Griff

*höher:* weniger Lenkung unter Last

Fahrzeug ist agiler

reduziert die Kippneigung auf griffigen Kursen

besser auf Kursen mit schnellen Richtungswechseln

## Stabilisator

Stabilisatoren sind in zwei Ausführungen bekannt.

Klassisch, als Drahtbügel, oder als Messerstabilisator.

Sie wirken der Fahrzeugneigung in Kurven entgegen.

Sie bilden eine Brücke von einem Querlenker zum anderen, und stützen sich am Chassis ab. Heute zieht man Messerstabis vor, denn diese lassen sich in der Härte einstellen.

Für Stabilisatoren gilt:

-steifer - weniger Grip, mehr Lenkempfindlichkeit

-weicher - mehr Grip, weniger Lenkempfindlichkeit

- vorne steifer

vorne weniger Steuerung in die Kurve und aus der Kurve, mehr Lenkempfindlichkeit

- hinten steifer

hinten weniger Grip in der Kurve und aus der Kurve, mehr Lenkempfindlichkeit

## Die Vorderachse

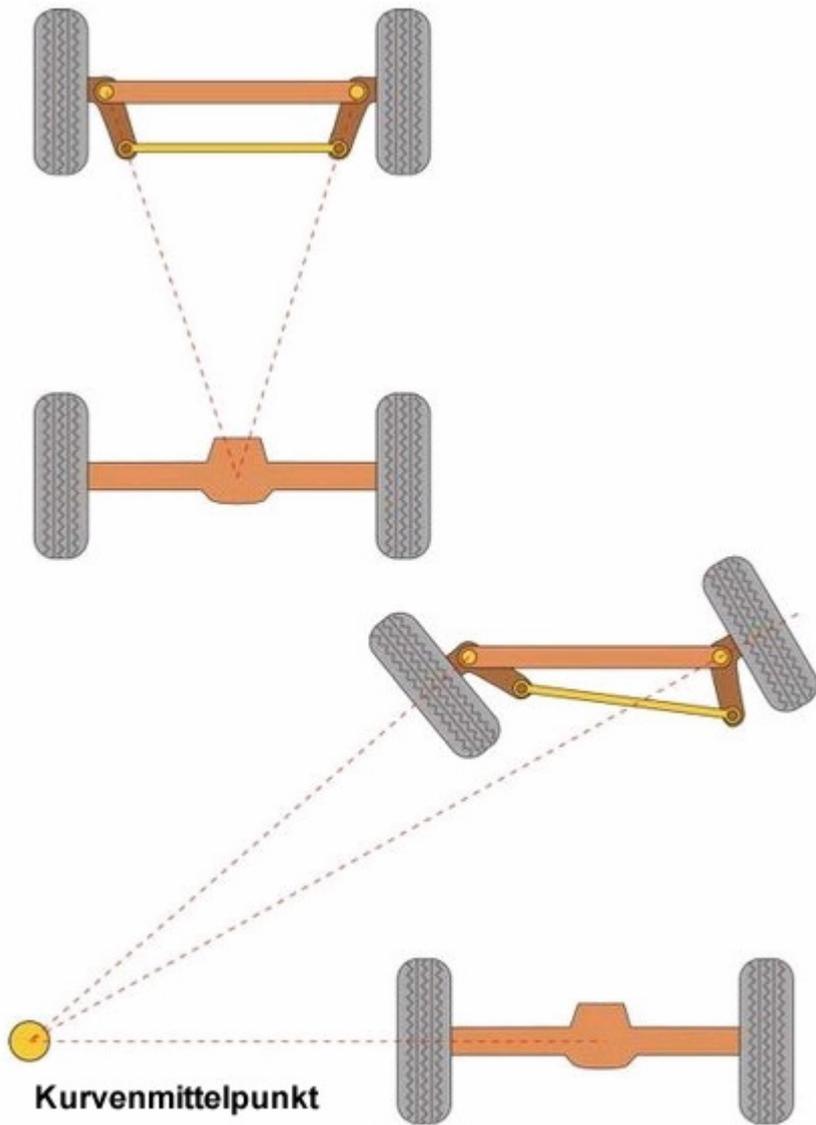
eines Fahrzeugs ist der Hinterachse sehr ähnlich aufgebaut, es gibt auch hier obere und untere Querlenker, nur mit dem Unterschied, dass der Achsschenkel, oder ein Teil davon, geschwenkt werden kann. Man möchte sein Fahrzeug ja schließlich nicht um die Ecke tragen...

Deshalb hat man es an der Vorderachse oben wie unten mit Trapez- oder Dreieckslenkern zu tun, die Drehbewegung muss ja unverrückbar abgestützt werden, das könnte eine einfache Schubstrebe, wie man sie oben an der Hinterachse verwendet nicht.

Heute üblich ist die Achsschenkellenkung mit Einzelradaufhängung. Die Achsschenkellenkung wurde von dem Deutschen Georg Lankensperger 1816 erfunden. Der theoretisch richtige Winkel der Vorderräder wird Ackermann-Winkel genannt.

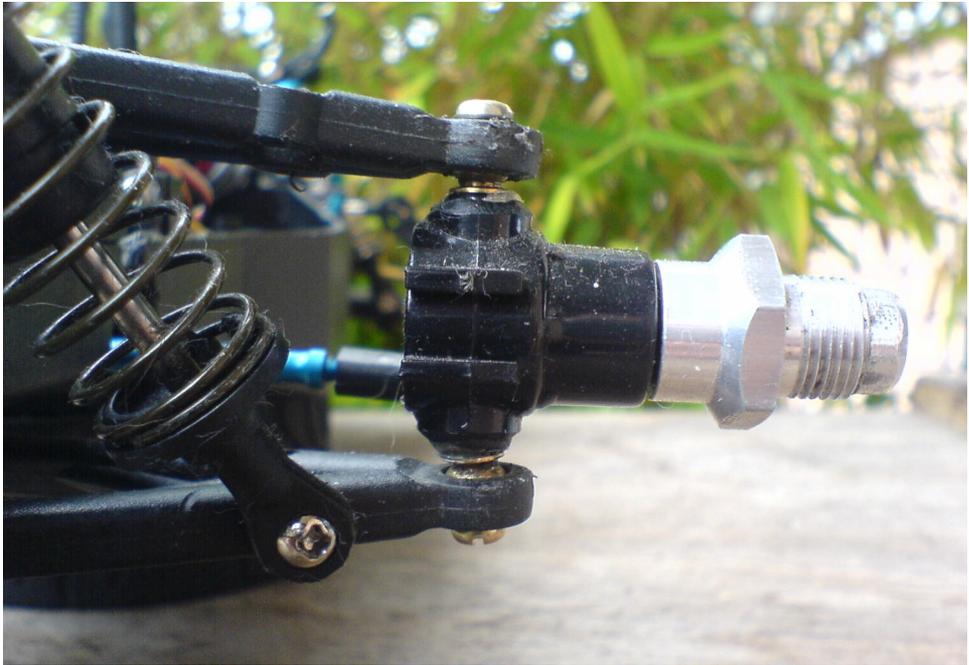
Bei mehrspurigen Fahrzeugen mit Einzelradlenkung entsteht ein neues Problem. Um eine saubere Kurvenfahrt zu erreichen, muss jedes Rad auf einer Kreisbahn um den Kurvenmittelpunkt abrollen. Bei Schwenkachslenkung und Knicklenkung ist dies automatisch der Fall, bei Einzelradlenkung jedoch müssen zwei Räder einer Achse verschiedenen Einschlag aufweisen. Dies erreicht man mittels eines Lenktrapezes bestehend aus Achskörper, Spurstange und zwei Lenkhebeln. Für die Lenkung selbst wird anstelle der Gabelnkennung meist die Achsschenkellenkung verwendet. Auf dem Achskörper befindet sich der um den Achsschenkelbolzen drehbare Achsschenkel der wiederum das Rad trägt.

Das Lenktrapez ermöglicht unterschiedliche Einschlagwinkel der Vorderräder, wobei das Kurveninnere Rad etwa  $1,5 - 2,0^\circ$  mehr einlenkt (Spurdifferenzwinkel). Dies verhindert das "Radieren" der Reifen. Das Lenktrapez lässt sich bei vielen Modellen (auch dem F2004) variieren. Man tut dies, indem man den Anlenkpunkt am Anlenkhebel des Achsschenkels weiter nach innen (zur Achse hin), oder nach außen montiert. Weiter nach außen ergibt einen größeren Spurdifferenzwinkel. Man beeinflusst damit das Verhalten in Kurven. „Mehr Ackermann“ (größerer Spurdifferenzwinkel) ist für enge Kurse besser geeignet, allerdings neigt das Heck dann eher zum Ausbrechen.



Auch hier gibt es verschiedene Konstruktionen:

Klassische, bei denen der Achsschenkel insgesamt drehbar in den Endpunkten aufgehängt ist (wie beim F2004)



Etwas aufwendiger mit sog. C-Hubs



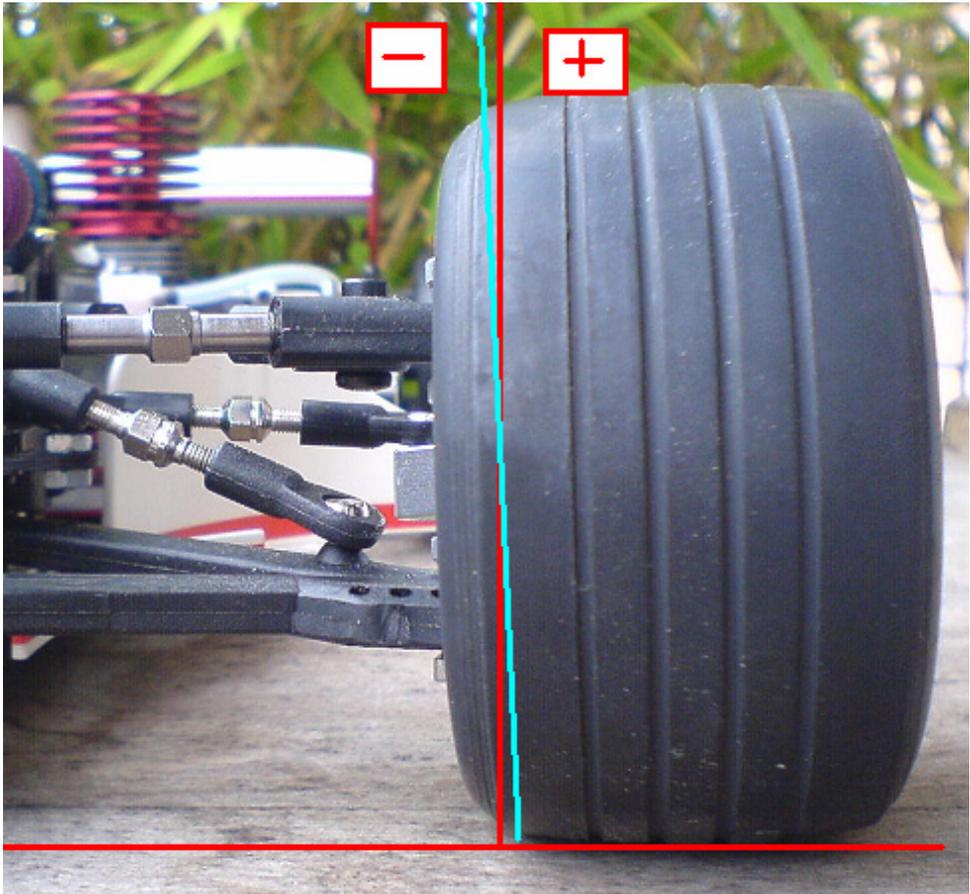
oder auch mit Pivot-Balls



## Sturz

Der Sturz ist an der Vorderachse mindestens so wichtig wie an der Hinterachse.

Für den Sturz vorne gelten ähnliche Werte wie hinten, aber mit einem Unterschied: In Kombination mit dem Nachlauf ergibt sich folgendes: Fahrzeuge mit großem Nachlauf benötigen einen kleineren Sturz, als Fahrzeuge mit einem kleinen Nachlauf.



Gute Werte sind  $1^{\circ}$ -  $1,5^{\circ}$ .

## **Rollzentrum**

Für das Rollzentrum vorne gilt Ähnliches wie für hinten, allerdings wirkt es sich doch etwas anders aus.

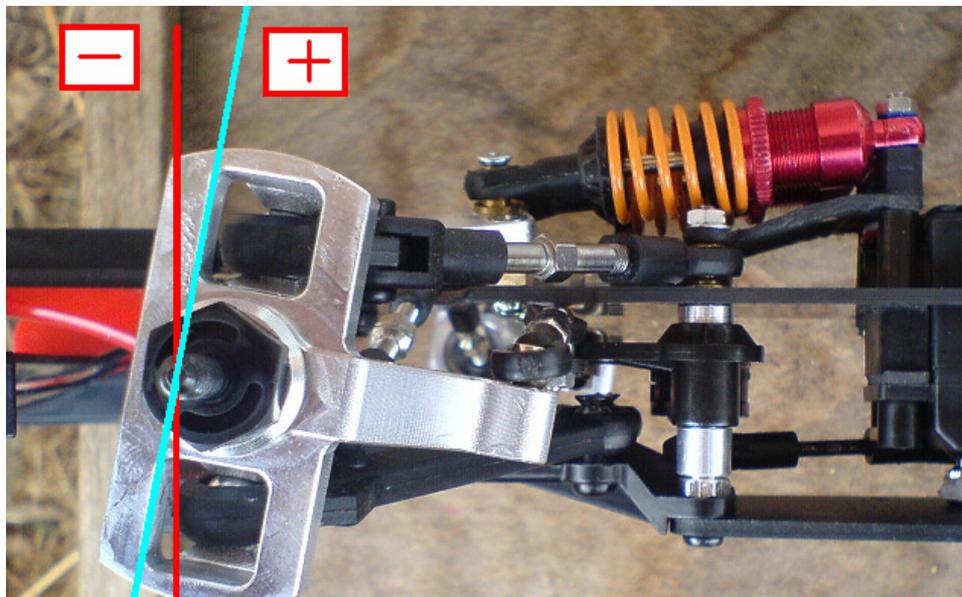
*tiefer:* Mehr Lenkung unter Last  
Fahrzeug wird träger  
besser auf ebenen, griffigen Kursen mit langen, schnellen Kurven

*höher:* weniger Lenkung unter Last  
Fahrzeug wird agiler  
reduziert die Kippneigung auf griffigen Strecken  
besser auf Strecken mit schnellen Richtungswechseln

Am F2004 kann das Rollzentrum (auch bei Verwendung des F-Ten-Fahrwerks) nicht verändert werden.

## Nachlauf

Der Nachlauf bezeichnet einen Winkel zwischen der Senkrechten und der Drehachse des Achsschenkels.



Was macht der Nachlauf?

Dadurch, dass die blaue Linie im obigen Bild früher auf den Boden trifft, als die rote, ergibt sich der sog. Nachlauf, das Rad wird hinter der blauen Linie hergezogen, und läuft ruhiger.

Nehmen wir mal unser Fahrrad aus dem Schuppen, und betrachten es. Die Gabel hat eine merkwürdige Form, die etwas ähnliches wie in der obigen Zeichnung bewirkt. Wenn wir die Gabel nun umdrehen würden, was viele als Kind wohl gemacht haben, so werden wir feststellen, dass das Fahrrad unfahrbar wird, das Rad will flattern.

Durch das Zusammenspiel von Nachlaufwinkel und Sturz ergibt sich am kurvenäußeren Rad eine Sturzzunahme beim Einlenken, innen gibt es eine Sturzabnahme, was durchaus erwünscht ist, da sich das (besonders stark belastete) kurvenäußere Rad besser abstützen kann.

In extremen Fällen wird der Sturz am inneren Rad so positiv, dass der Griff hier stärker wird, als am äußeren Rad, was ein stark übersteuerndes Verhalten zur Folge hat.

Ein kleiner Nachlaufwinkel macht das Fahrzeug im Geradeauslauf nervös, ergibt am Kurveneingang ohne Last mehr, im Kurvenscheitel und Ausgang unter Last aber weniger Lenkung.

Umgekehrt wirkt ein größerer Nachlaufwinkel: weniger Lenkung im Kurveneingang ohne Last, dafür mehr davon in Scheitel und Ausgang unter Last.

Mehr Lenkung bedeutet einfach mehr Biss auf der Lenkung, u.U. auch die Tendenz, zu übersteuern.

Glattbahner werden üblicherweise mit einem kleineren Nachlauf ( $0^\circ$  -  $15^\circ$ ) ausgestattet, als Offroader ( $15^\circ$  -  $30^\circ$ )

Der Nachlauf ist in aller Regel konstruktiv vorgegeben.

In Einzelfällen kann er durch Austausch der Achsschenkel geändert werden, was von Modell zu Modell unterschiedlich ist. Deshalb gehe ich hier nicht näher darauf ein, es ist in den jeweiligen Montageanleitungen ausreichend erklärt.

## **Kickup**

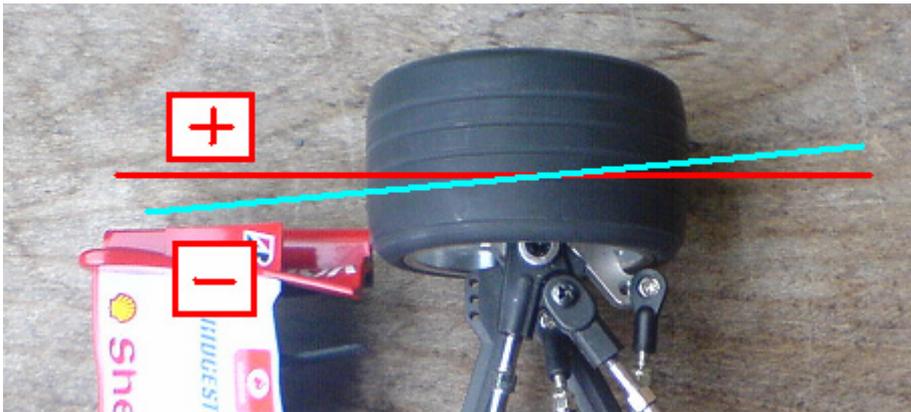
Darunter versteht man einen Anstellwinkel der unteren Querlenker gegenüber dem Untergrund, man stellt die vorderen Querlenker vorne an (neigt sie nach hinten, an der Hinterachse verfährt man umgekehrt).

Auch dieser Winkel lässt sich bei einigen Modellen durch Austausch von Teilen (Aufnahmeblöcke der Querlenker) verändern.

Man beeinflusst damit das Verhalten der Federung auf unebenem Grund. Gebräuchliche Werte hier:  $0^\circ$  -  $3^\circ$

## Spur

beeinflusst ganz wesentlich den Geradeauslauf, und das Kurvenverhalten. Neutrale Spur bringt die wenigsten Verluste (das Auto fährt am schnellsten), allerdings ist es in Kurven nicht unbedingt schnell. Es untersteuert (schiebt über die Vorderräder nach aussen)



Wie wirkt sich die Spur aus?

Negative Spur (Vorspur) bewirkt einen besseren Geradeauslauf, beim Einlenken reagiert das Fahrzeug aber träge, und schiebt über die Vorderräder nach außen.

Bei eingestellter Nachspur beißt sich das Fahrzeug in die Kurve, es zieht übermäßig nach innen, und fährt kaum ohne dauernde Korrekturen geradeaus. Diese Einstellung ist allerdings auf engen Kursen mitunter von Vorteil.

Sinnvolle Werte für die Spur liegen bei  $+1^\circ$  -  $-3^\circ$  an der Vorderachse, und  $0^\circ$  -  $-2^\circ$  an der Hinterachse.

Es gibt noch eine Besonderheit zu beachten: Je nachdem, ob die Spurstangen im Ruhezustand annähernd waagrecht stehen, oder nicht,

ergibt sich beim Einfedern eine Spuränderung. Dies sollte man bei der ganzen Einstellerei nicht vergessen.

## **Federn und dämpfen**

Die im RC-Sport verwendeten Dämpfer sind im eigentlichen Sinne kombinierte Dämpfer- und Federelemente, also vielmehr Federbeine, wie sie heutzutage auch in modernen PKW Verwendung finden.

Die Kombination spart Raum und Gewicht.  
Die Wartung wird allerdings erschwert.

### **Federn**

Es kommen ausschließlich Spiralfedern, auch progressiv gewickelte, zum Einsatz. Bei progressiv gewickelten Federn ist zu beachten, dass der enger gewickelte Teil immer nach oben gehört. Federn gibt es in unterschiedlichen Stärken für den jeweils verwendeten Dämpfer. Da man sich auf wenige Gehäuselängen bei den Dämpfern verständigt hat, passen fast immer auch Federn anderer Hersteller. Die Federn sind unterschiedlich gefärbt, nicht, damit unsere Fahrzeuge schön bunt werden, sondern, um sie in der Teilekiste einfacher unterscheiden zu können.

Die Feder hat die Aufgabe, dem Fahrzeuggewicht entgegenzuwirken - das betrifft natürlich auch die dynamische Gewichtsverlagerung beim Beschleunigen, Bremsen und in den Kurven.

Die Härte der Feder bestimmt somit das Fahrverhalten mit, denn je weicher die Feder, desto "anpassungsfähiger" wird die jeweilige Achse.

- Weiche Federn auf der Vorderachse und harte auf der Hinterachse lassen das Fahrzeug mehr übersteuern.

- Harte Federn auf der Vorderachse und weiche auf der Hinterachse lassen das Fahrzeug mehr untersteuern.

Federvorspannung bedeutet, dass die Feder komprimiert wird. Dies erfolgt mittels Clips am Dämpferzylinder, Rändelmutter bzw. einfachen

Klemmrings, die am Zylinder auf und ab geschoben werden.  
Je größer die Vorspannung ist, desto mehr Gewicht muss auf dem Dämpfer lasten, damit die Feder anspricht. Das bedeutet, dass man über die Federvorspannung die Bodenfreiheit einstellen kann.

Keinesfalls wird die Feder durch Vorspannen härter! Härtere Federn müssen normalerweise weniger stark vorgespannt werden, da sie unter demselben Gewicht weniger stark komprimieren.

Es macht keinen Sinn, eine Feder endlos vorzuspannen, da nimmt man besser die nächst härtere.

Die Vorspannung der Federn wird in aller Regel so gewählt, dass die unteren Querlenker parallel zum Boden stehen.

## Dämpfer

werden benötigt, weil Schraubenfedern keine Eigendämpfung besitzen, und das Fahrzeug eventuell den Bodenkontakt verlieren könnte, indem es herumspringt, wie ein Karnickel in einer Kiste voller Salat. Dämpfer sind hydraulische Systeme, bei denen eine gelochte Scheibe (der Kolben) innerhalb eines ölgefüllten Zylinders gegen den Strömungswiderstand bewegt wird, und somit die ungedämpfte Schwingung der Schraubenfedern abbremst. Richtig sind es also Schwingungsbremsen.

Gebräuchlich ist eine Bauform, bei der die Feder außen um das Dämpfergehäuse montiert ist. Die Federvorspannung kann dann mittels verschieden breiter Clipse, oder über eine Rändelmutter eingestellt werden.

Am F2004 kommt ein anderes System zum Einsatz, hier sind die Federn innen verbaut, was die Wartung erheblich erschwert.

Ob ein Dämpfergehäuse nun aus Kunststoff, oder aus Metall gefertigt ist, macht für die Funktion und deren Qualität keinen grundsätzlichen Unterschied. Es kommt mehr auf die Fertigungsqualität, und die Güte der ausgesuchten Werkstoffe an. Auch spielen die Dichtungen eine wichtige Rolle, sowie die Oberflächengüte der Kolbenstange.

Die Füllung des Dämpfers besteht aus Öl, am besten Silikonöl. Silikonöle haben nämlich den Vorteil, dass sich ihre Viskosität mit der Temperatur viel weniger ändert, als mit den sonst häufig verwendeten Mineralölen. Silikon- und Mineralöle lassen sich nicht mischen, vor einem Ölwechsel muss der Dämpfer gegebenenfalls komplett gereinigt werden.

Die Öle gibt es in unterschiedlichen Viskositäten, um an unterschiedliche Anforderungen, und auch Witterungsverhältnisse anpassen zu können. Dünnerflüssigeres Öl läuft leichter durch die Kolbenbohrungen, das Fahrzeug federt leichter ein. Das passt gut zu sehr unebenen Strecken. Bessere Dämpfer haben am oberen Ende eine Gummimembrane verbaut, um den Volumenausgleich beim Einfedern zu gewährleisten, ohne, dass Luft ins Öl gelangen kann.

Wer Dämpfer selbst montiert, sollte aber auf einige wichtige Punkte achten:

Auf keinen Fall darf man die Kolbenstangen ohne Zwischenlage in einen Schraubstock spannen.

Beschädigungen der Oberfläche und Undichtigkeiten sind die unweigerliche Folge. Auch bei der Montage der Kugelpfannen an der Kolbenstange ist darauf zu achten, dass die Kolbenstange nicht beschädigt wird. Eine Flachzange mit Tuchzwischenlage ist hier sehr geeignet. Überhaupt nicht geeignet ist ein Seitenschneider, er wird aber leider immer noch häufig empfohlen. Die Stange wird stark beschädigt, und später an der Einkerbung brechen.

Die O-Ringe im unteren Teil, welche die Kolbenstange abdichten, sind sehr empfindlich.

Wer die Stange einfach durchschiebt, hat die Ringe schon ruiniert. Besser ist es, die Stange leicht zu fetten, und langsam mit einer drehenden Bewegung ‚einzuschrauben‘. Das Gewinde ist sehr scharfkantig, und hobelt sonst gleich die Dichtung kaputt...

Die Position der Dämpfer nimmt wesentlich Einfluss auf das Fahrverhalten.

Stehen die Dämpfer senkrechter, wird das Fahrwerk härter.

Die Seitenführungskraft verringert sich, die Federung wird linearer.

Stehen sie schräger, wird das Fahrwerk weicher.

Die Seitenführungskraft erhöht sich, die Federung wird progressiver.

Verändern kann man die Dämpferposition an Fahrzeugen, die entsprechende Montagemöglichkeiten am unteren Querlenker und oben an der Dämpferbrücke bieten. Der F2004 gehört nicht dazu, was schade ist, da die Dämpfer hier schon sehr schräg angeordnet sind.

Die Dämpfungsverhalten, die „Härte“ der Dämpfer kann man entweder mit anderen Kolbenplatten (mehr/ weniger, grössere/ kleinere Bohrungen), und/ oder anderem Öl erreichen.

Hier muss man experimentieren, und auch je nach befahrener Strecke anders einstellen.

Bewährt haben sich Silikonöle, da sie mit einer Temperaturänderung ihre Viskosität kaum verändern.

Bei den Ölen sind jene von Tamiya sehr empfehlenswert, das hier immer drei verschiedenen Öle in einem Set enthalten sind, so, dass Abstimmungsarbeiten leichter fallen. Die Öle sind farblich gekennzeichnet, so weiß man auch beim nächsten Öffnen, welches Öl darin ist.

## **Dämpfer füllen**

Bei der Ölfüllung ist es wichtig, dass das Öl komplett frei von Luftblasen ist. Sollte Luft übrig bleiben, kann man der Dämpfer nicht richtig arbeiten, und das Öl wird anfangen zu schäumen, was einen Dämpfungsverlust nach sich zieht.

Man kann das auch von außen hören, wenn man den Dämpfer bewegt. Gibt es Geräusche, dann ist Luft drin.

Wie bekommt man aber die Luft raus? Mit Geduld!

Die Dämpfer werden vor dem Füllen (siehe Tipps oben) entweder mit der Kolbenstange nebeneinander in den Schraubstock gespannt, oder man hat einen Montageständer für RC-Cars, der die Dämpfer aufnehmen kann.

Nun wird etwa bis zur Hälfte Öl eingefüllt, wobei die Dämpfer ganz auseinandergezogen sein sollen. Dann schiebt man die Stange langsam (!) ein, bis kurz vor Erreichen des Flüssigkeitsspiegels. Warten, die Luft muss jetzt aufsteigen, Klopfen an den Zylinder beschleunigt das Aufsteigen der Luftblasen. Nach ein paar Minuten zieht man die Kolbenstange zügig, aber nicht ruckartig (das spritzt dann nur) nach unten, es werden Luftblasen aufsteigen. U.U. muss das mehrfach wiederholt werden...

Dann erst den Dämpfer nach Vorschrift auffüllen.

Das unterscheidet sich nach den Konstruktionsweisen der Dämpfer.

Die Ölstände sind peinlichst genau identisch zu halten, sonst bringt die ganze Mühe nichts!

Dämpfer mit Reservoir (Diaphragma) werden bei 2/3 eingeschobener Kolbenstange bis zur Oberkante gefüllt, das Diaphragma eingesetzt, und die Kappe aufgeschraubt.

Dämpfer, die ohne Reservoir arbeiten sind schwieriger zu füllen, hier muss man ein wenig Luft lassen, manchmal haben diese Dämpfer ein Schwämmchen unter der Kappe.

Ob der Dämpfer richtig befüllt wurde, kann man wiederum recht einfach testen. Die Feder darf dazu nicht montiert sein.

Man schiebt ihn ganz zusammen, und beobachtet, ob, und wie schnell, die Kolbenstange zurückfährt. Sie soll dies langsam tun, und nicht ganz ausfahren, so etwas 2/3 ist prima. Auf keinen Fall darf sie rausschießen, oder der Dämpfer nur mit größter Kraft zusammendrücken sein.

Falls hier etwas nicht stimmt, muss man Öl einfüllen, oder Öl ablassen. Letzteres ist einfach: man schraubt die Kappe leicht ab, und drückt den Dämpfer leicht zusammen. Kappe zu, und erneut testen.

Bei den Dämpfern des F2004 wird das zugegebenermaßen schwierig, da hier ja innenliegende Federn verbaut sind. Hier hilft nur Sorgfalt beim Zusammenbau, und identische Ölstände bei den jeweiligen Paaren.

Wann muss ein Dämpfer nun gewartet werden?

Da die Performance in der Regel so langsam nachlässt, daß wartungsbedürftige Dämpfer kaum bemerkt werden, sollte man regelmäßig folgende Punkte kontrollieren:

- Sichtprobe: zeigt die Kolbenstange stark unregelmäßige Lichtreflexionen, ist es an der Zeit, sich seine Dämpfer einmal näher anzusehen.
- Federwegsdifferenz: sinkt das Fahrzeug beim Abstellen deutlich weniger stark ein, als beim Ausfedern des herab gedrückten Chassis wieder aufedert, so arbeitet die Aufhängung mit erhöhter Reibung - Schuld daran könnten die Dämpfer sein.
- "Pfeifen" beim Zusammendrücken und Loslassen des Dämpfers: hier befindet sich Luft im Dämpfer - bei Dämpfern ohne Volumenausgleich unumgänglich, Dämpfer mit Volumenausgleich sollten nachgefüllt werden.

- Wenn sich Schmutz um die Dichtelemente herum angesammelt hat, sind die O-Ringe möglicherweise bereits undicht - Dämpfer reinigen und auf Leichtgängigkeit prüfen, ggf. O-Ringe austauschen.
- Wenn der Dämpfer beim Zusammendrücken ohne Feder schabende Geräusche von sich gibt, sind die Dichtungen beschädigt und die Kolbenstange u.U. bereits zerkratzt - beides austauschen.
- Wenn die Kolbenstange in einem bestimmten Punkt zu stecken anfängt, dann ist sie verbogen - Kolbenstange tauschen.
- Kolbenstangen sollten als Original-Ersatzteil gekauft werden.

Beim Aufschrauben der Kugelfannen auf die Kolbenstangen muss man darauf achten, dass man Paare mit gleicher Länge herstellt, also die Kugelfannen gleich weit aufschraubt.

## **Einfedern- Ausfedern**

Wenn ich das Auto auf den Boden stelle, und mehrfach in die Federung drücke, dann sollte es nicht ganz ausfedern, sondern ein wenig durchgesackt stehen, die unteren Querlenker sollen dabei annähernd waagrecht stehen (Ausnahmen gibt es bei Offroadern durch ihre enormen Federwege)

Das ist wichtig, weil auf schlechter Sterecke, aber auch in Kurven ein negativer Federweg zur Verfügung stehen muss. Sonst hebt der Wagen schnell ein Rad in die Luft. Ein Rad in der Luft kann aber weder Führung noch Vortrieb entwickeln, hoffentlich ist da eine Fahrbahnbegrenzung, die einen dann auffangen kann. An der Hinterachse finden wir an vielen Fahrzeugen kleine Madenschrauben, mit denen sich vortrefflich der negative Federweg begrenzen lässt. Weniger Federweg führt zu einer Verringerung der Neigung in Kurven, das kurveninnere Rad kann aber schnell mal abheben.

Gut für schnelle, glatte Kurse mit wenigen, engen Kurven.

Mehr Ausfederweg bringt eine größere Neigung, die Räder bleiben aber länger am Boden. Gut für wellige Bahnen und enge Kurven. Beim Beschleunigen und Bremsen ergibt sich ebenfalls eine höhere Neigung.

Leider werden diese Begrenzer häufig aber fälschlich dazu genutzt, das Fahrzeug tieferzulegen.

Das ist grundsätzlich falsch! Es steht dann kein negativer Federweg zur Verfügung, siehe oben.

Die Federung ist so einzustellen, dass das Fahrzeug „auf den Federn“ steht. Dazu ist u.U. mit verschiedenen Federn, auch vorne und hinten unterschiedlich, zu experimentieren.

Es gibt einen einfachen Test, um festzustellen, ob die Federung stimmt, dazu muss das Fahrzeug komplett fahrfertig sein, mit Akkus, und eventuell gefülltem Tank, wenn es ein Verbrenner ist:

Man lässt das Fahrzeug aus geringer Höhe flach fallen...

Knallt das Chassis auf den Boden durch, ist die Federung und/oder die Dämpfung zu weich. Letzteres sieht man dann daran, dass das Fahrzeug nachwippt, also mehrfach eintaucht und ausfedert.

Dann muss man ein anderes Öl in die Dämpfer der entsprechenden Achse füllen.

Richtig ist es, wenn das Fahrzeug eintaucht, das Chassis den Boden aber nicht berührt, und auch nicht nachwippt, sondern augenblicklich stehen bleibt.

Mit Clips unter den Federn, oder Verstellen der Rändelmutter bei Gewindedämpfern lässt sich die Federbasis einstellen. Das macht man aber nicht, um das Fahrzeug härter zu machen, sondern, um es zu nivellieren, also vorne/ hinten, rechts/links auszurichten.

Geprüft wird einfach mit einem Lineal, welches man an den Chassiskanten anhält, und die Werte links und rechts jeweils vergleicht.

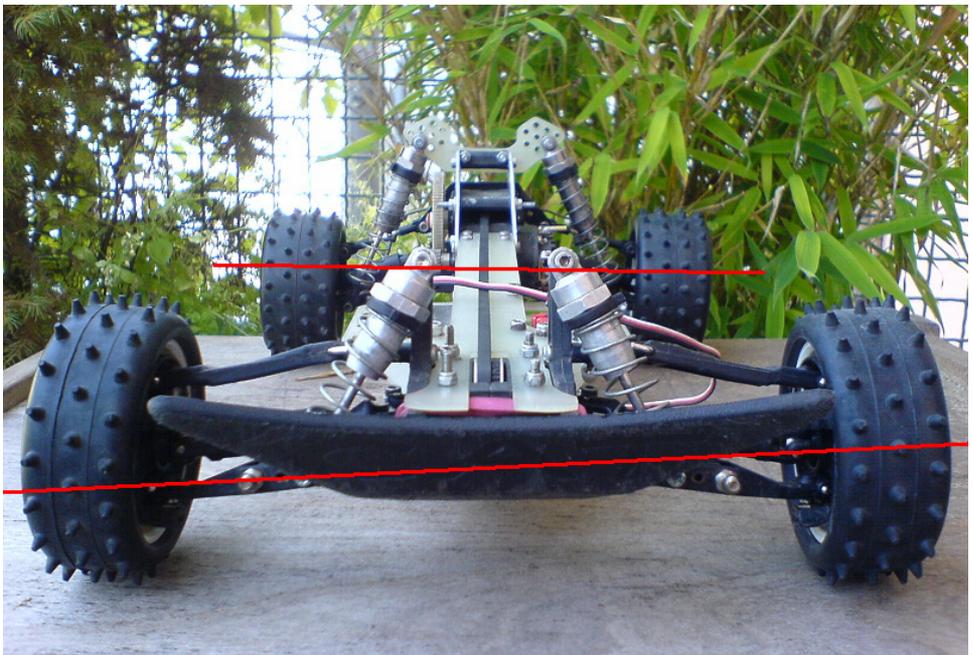
Über Clips oder die Rändelschrauben kann man dann nachjustieren.

Etwas mühsam ist das beim F2004, da man dazu dann die Dämpfer jedes Mal öffnen muss.

Ein Tipp hier: die Dämpfer erstmal nicht mit Öl befüllen, dann spart man sich die Sauerei...

## Tweak

Manchmal hört man vom tweaken, oder davon, dass ein Chassis vertweakt sei.



Gemeint ist hier ein Verzug um die Längsachse. Hervorgerufen wird das entweder im Chassis selbst durch falsche Montage, so dass die Chassisplatte verzogen ist, also in sich verdreht, oder die Achsen und Federung wurden schlicht und ergreifend ungenau montiert oder eingestellt. Dem Tweak kommt man nicht ganz einfach auf die Spur. Ein vertweaktes Fahrzeug fährt auf keinen Fall sauber, und der Ursache ist auf jeden Fall nachzugehen!

Eine gute Möglichkeit, das herauszufinden, bietet das Setup-System von Hudy. Leider ist das auch sehr teuer, und für den Hobbyfahrer ein finanzieller Overkill.

Es gibt aber auch eine andere Methode.

Benötigt wird eine absolut ebene Fläche, welche mit einer guten Wasserwaage genau auszurichten ist. Weiter wird ein kleiner abgewinkelter Hebel benötigt, mit dem man das FZ nach Art eines einfachen F1-Wagenhebers unter der Chassisplatte anheben kann. Man kann ihn sich aus einem stabilen Draht biegen, quasi eine Mini-Brechstange.

Das FZ wird auf die Platte gestellt, und mehrfach in die Federung gedrückt, damit diese sich setzt. Dann mit dem „Wagenheber“ erstmal vorne genau mittig unter das Chassis greifen, und den Wagen vorsichtig anheben, und dabei scharf beobachten, ob eines der Räder zuerst abhebt. Merken, welches Rad zuerst abhebt! Dann das FZ umdrehen, und das gleiche Spiel an der Hinterachse wiederholen. Hob z.B. erst das linke Vorderrad, dann aber das rechte Hinterrad zuerst ab, sollte man die Verspannung suchen.

Bei Doppeldeck-Chassis, wie sie in den modernen Tourenwagen existieren, oder in unserem Fall im F2004 ist es möglich, das Chassis zu verziehen, indem man es auf einer ungeeigneten Unterlage zusammengeschaubt hat. Z.B. liegt Kram auf der Werkbank, oder man hat es einfach auf den Schoss gelegt... Also: immer auf einer sauberen, ebenen Unterlage arbeiten!

Wenn die Federung genau eingestellt wurde, sollten die Räder zeitgleich abheben.

## Setup

meint das Einstellen des Fahrwerks in seiner Gesamtheit.

Dies umfasst alle zugänglichen Komponenten, soweit sie in ihren Werten veränderbar sind.

Da jede Komponente andere Komponenten beeinflusst, ist es immer die Suche nach dem goldenen Mittelweg.

Zuallererst: Sauberkeit! Im Sandkasten kann ich keine vernünftige Einstellung erreichen.

Dieser Abschnitt ist leider eine Textwüste, da Bilder hier im Moment nicht notwendig scheinen.

Weiterhin sollte man darauf verzichten, irgendwelche Teile an der Aufhängung, oder außenliegende Getriebeteile zu schmieren.

Selbst auf einer Teppichbahn fliegt mehr Dreck, als man sich zunächst vorzustellen vermag! Dieser Dreck erzeugt dann mit dem Schmiermittel eine hervorragende Schleifpaste mit sehr grober Wirkung.

Besser ist es, alle Teile regelmäßig zu reinigen, nach der Fahrt zu säubern, und trocken zu halten.

Ebenfalls wichtig ist es, sich sämtliche Werte zu notieren.

Die Hersteller haben hier üblicherweise sogenannte Setup-Sheets welche man herunterladen kann Diese lassen sich meist auch bei anderen Fahrzeugen verwenden, oder aber man zeichnet sich eben eines.

Die erste Maßnahme besteht darin, alle Teile auf Leichtgängigkeit zu überprüfen. Nichts darf klemmen, oder aber auch herumklappern.

Dazu wird das Fahrzeug „entkleidet, die Räder, Stoßdämpfer, Spurstangen und falls vorhanden Stabilisatoren, werden entfernt, bzw. ausgehängt.

Man prüft nun, ob die Querlenker leichtgängig sind, ob sich die Achsschenkel leicht bewegen lassen, eben alles, was sich bewegen lässt. Auch sollte man bereits festgestellt haben, ob die Stoßdämpfer in ihren Lagen leichtgängig sind, oder nicht. Die Achsen müssen einzig durch ihr Eigengewicht schnell herunterfallen, wenn man sie angehoben hat, und loslässt. Sie dürfen aber nicht herumklappern, dann ist auszutauschen.

Krumme Achsen werden gerichtet, oder besser noch, ausgetauscht. Schwergängige Gelenke werden zerlegt, gereinigt, und im schlimmsten Fall ersetzt.

Wer hier keine ausreichende Sorgfalt walten lässt, wird später auch keine saubere Einstellung bekommen.

Wichtig ist danach die Grundeinstellung aller Gestänge.

Die Stangen und Hebel der Lenkung sollten gerade, oder rechtwinklig zueinander stehen.

Krumme Geometrien erzeugen nichtlineare Auslenkungen, welche nur schwer beherrschbar sind, und die weitere Einstellung erschweren können.

Im Grundsatz sollten alle Gestänge die gleiche Länge haben. Ich habe allerdings auch Fahrzeuge gesehen, die, obwohl serienmäßig, links und rechts unterschiedliche Gestängelängen benötigten. Alle Gestänge müssen leichtgängig sein, ohne jedoch von den Kugeln herunterzuspringen.

Sollte eine Kugelpfanne das Bestreben haben, von ihrer Kugel ständig herunterspringen zu wollen, so kann man sich zumindest den Tag damit retten, dass man ein Stück aus einer Plastiktüte ausschneidet, dieses auf die Kugel legt, und dann die Pfanne darüberdrückt.

Schwergängigen Kugelpfannen hilft man damit auf die Sprünge, dass man sie links und rechts mit einer Flachzange fasst, und leicht (!) quetscht.

Aber nicht übertrieben, sonst hüpf die Pfanne gleich herunter!

Dieses ist nun unsere Grundlage für alles Weitere.

Bei den meisten Fahrzeugen ist leider lediglich der Ausfederweg einstellbar (beim F2004 leider nicht einmal das)

Ich habe allerdings eine modifizierte Vorderachse entworfen, die einiges an Einstellungen zulässt. Ein ähnlicher Entwurf für die Hinterachse steht kurz vor der Realisierung.

Der Ausfederweg kann nun eingestellt werden. Die Dämpfer bleiben demontiert und das Fahrzeug vorne und hinten stabil unterbaut, so dass es waagrecht und stabil auf der Unterlage ruht.

Geeignet ist dafür z.B. ein Holzklötzchen.

Gemessen wird nun jeweils der Abstand der Achszapfen zur Grundplatte. Diese Höhe ist links und rechts identisch zu halten.

Der Ausfederweg wird, so dies möglich ist, mittels kleiner Schrauben an der Chassisplatte unterhalb der unteren Querlenker eingestellt. Diese Schrauben dienen nur diesem einen Zweck, und nicht dazu, das Fahrzeug tieferzulegen! (siehe Seite 29)

Die Räder werden nun montiert (ohne Dämpfer, das Fahrzeug bleibt aufgebockt) und der Sturz kontrolliert.

Beim F2004 ist er nur dann einstellbar, wenn das Fahrwerk des F-Ten verbaut wurde.

Der Sturz ist hinten mit dem Originalfahrwerk nicht einstellbar, wie weiter oben schon ausgeführt (Seite 3)

Der Sturz ist links und rechts auf identische Werte zu bringen.

Messen kann man das mit einem Geodreieck, welches man neben das jeweilige Rad stellt.

Nun werden die Dämpfer wieder montiert, und das Fahrzeug auf der Platte abgestellt.

Das Fahrzeug soll nun so auf der Platte positioniert werden, dass es mittig über der Mittellinie der Platte steht. Die Vorderachse sollte etwa auf der Höhe des Loches in der Platte sein. Dann drückt man es mehrere Male voll in der Federung durch.

Anschließend schiebt man einen möglichst gut passenden Stift von unten durch die Platte und peilt von vorne auf die Räder.

Wenn man nun mit dem Stift das Fahrzeug nach oben drückt, heben die Räder irgendwann ab. Dabei sollte man darauf achten, welches Rad zuerst abhebt. Wenn das Fahrwerk richtig eingestellt ist, heben beide gleichzeitig ab.

Hebt nun z.B. das rechte Vorderrad früher ab, so muss die linke hintere Feder etwas mehr gespannt werden.

Dieser Schritt ist mehrfach zu wiederholen, bis alles passt. Dabei immer wieder die Federung voll durchdrücken.

Danach wird das Fahrzeug umgedreht, und das Ganze an der Hinterachse wiederholt.

Nun sollte ein gerades Fahrzeug auf der Platte stehen, und die Räder jeweils gleichzeitig abheben.

Nun kann die Spur eingestellt werden.

Die Lenkung ist zu zentrieren. Der Trimmer an der Fernsteuerung sollte auf 0 stehen, und der Servohebel in Mittenstellung stehen. Ist das nicht der Fall, sollte zunächst der Servohebel umgesetzt werden, er sollte der Mittenstellung so nahe wie möglich sein, so dass nur wenig, oder gar nicht nachgetrimmt werden muss.

Das Lenkgestänge ist nun so einzustellen, dass die mittlere Spurstange genau mittig steht.

Fehlstellungen sind hier besonders schlimm, weil das Ackermanntrapez sonst verschoben wird. Es ergeben sich dann links und rechts unterschiedliche Spurdifferenzwinkel, und entsprechend unterschiedliches Verhalten in Kurven. (siehe Seite 15)

Nun erst kann man die Spur entsprechend einstellen.

Die ganzen Vorarbeiten sind unbedingt notwendig, weil sonst einfach kein Ausgewogenes Fahrverhalten zu erreichen ist.

Ein guter Test dafür ist die Kreisfahrt. Dabei fährt man, zunächst langsam beginnend, eine abgesteckte Kreisbahn, bis das Fahrzeug beginnt, durch Über- oder Untersteuern den neutralen Bereich zu verlassen.

Das Gleiche macht man mit einer entgegengesetzten Kreisfahrt, und beobachtet, ob das Verlassen des neutralen Bereichs bei der gleichen Geschwindigkeit eintritt.

Dann ist das Fahrwerk einwandfrei eingestellt.

Das war's

Der Leitfaden wird erweitert.