

Rc Car - Handbuch

das Handbuch für Anfänger und Fortgeschrittene, denn kein Aluminium oder Titan
Tuningteil kann Wissen ersetzen.

Version: 22. Januar 2010

by [Dac]

<http://www.der-dac.de.vu>

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
2	Die verschiedenen Teile eines Modellautos	2
2.1	Karosserie	2
2.2	Chassis	3
2.3	Die Fernsteuerung	3
2.4	Empfänger	4
2.5	Servo	4
2.6	Fahrtenregler	5
2.6.1	Fahrtenregler für Gleichstrommotoren (Brushed)	5
2.6.2	Fahrtenregler für Brushlessmotoren	6
2.7	Der Antrieb	7
2.7.1	Zahnriemenantrieb	7
2.7.2	Kardantrieb	8
2.8	Elektro Rennmotoren (Brushed)	8
2.8.1	Bauteile und Funktionsprinzip	8
2.8.2	Gehäusegröße und Motorarten	8
2.8.3	Wicklungen	9
2.8.4	Timing	10
2.8.5	Auswahl eines Motors	11
2.8.6	Motor entstören	11
2.8.7	Wartung und Einlaufen von Elektromotoren	12
2.9	Brushless Motoren	13
2.9.1	Funktionsprinzip	13
2.9.2	Wicklungen	14
2.9.3	Polpaarzahl	14
2.9.4	Die Bedeutung von Sensored und Sensorless	14
2.9.5	Auswahl eines Motors	15
2.9.6	Wartung	15
2.10	Die Radaufhängung	16
2.11	Der Stoßdämpfer	16
2.12	Der Fahrakku	16
3	NiCd/NiMH Akkus und Ladegeräte	17
3.1	Ladegerät	18
3.2	Ladeverfahren	19
3.2.1	Normal Ladung	19
3.2.2	Lineare Ladung	19
3.2.3	Impuls Ladung	20

3.2.4	Reflex Laden	20
3.2.5	Step Laden	20
3.3	Gedächtniseffekt (Memory Effekt und Lazy Battery)	20
3.4	NiCd Akkus laden, entladen und lagern	21
3.5	NiMH Akkus laden, entladen und lagern	21
4	Li Akkus und Ladegeräte	23
5	Ladezeit richtig berechnen	25
6	Tuning	26
6.1	Kugellager	26
6.2	Die Übersetzung	26
6.2.1	Lange und kurze Übersetzung	26
6.2.2	Änderung der Übersetzung	26
6.2.3	Modul und Pitch	28
6.3	Stossdämpfer	28
6.4	Einstellbares Fahrwerk	28
6.5	Reifen	29
6.6	Motor	29
6.7	Akku	29
6.8	Gewichtsreduzierung	29
7	Geschwindigkeit berechnen	30
8	Eigenlenkverhalten ermitteln und abstimmen	31
8.1	Eigenlenkverhalten ermitteln	31
8.2	Eigenlenkverhalten abstimmen	31
8.3	Untersteuern	32
8.4	Übersteuern	33
9	Fahrwerkseinstellung	34
9.1	Gewichtsverteilung auf den Rädern	34
9.2	Schwerpunkt und Rollzentrum	34
9.2.1	Schwerpunkt	34
9.2.2	Rollzentrum	34
9.3	Flügel und Spoiler	37
9.3.1	Ein zu grosser Flügel erhöht den Luftwiderstand	37
9.3.2	Die Abwärtskraft ändert sich mit der Fahrgeschwindigkeit	37
9.3.3	Den Flügel sicher Befestigen	38
9.4	Stoßdämpfer und Federn	38
9.4.1	Stoßdämpfer	38
9.4.2	Federn	40

9.4.3	Optimale Einstellung	40
9.5	Stoßdämpferposition	41
9.6	Bodenfreiheit	42
9.7	Nachlaufwinkel	43
9.8	Spur	44
9.9	Sturz	45
9.9.1	Sturz einstellen	46
9.10	Radstand und Spur	46
9.11	Getriebe	47
9.11.1	Kegelrad Differential	47
9.11.2	Kugeldifferential	47
9.12	Freilaufdifferentiale	48
10	Reifen, die Qual der Wahl	49
10.1	Hohlkammerreifen	49
10.2	Moosgummireifen	50
10.3	Reifeneinlagen	50
10.4	Reifen von der Felge lösen	51
11	Fahren auf der Rennstrecke	52
11.1	Die Kurventechniken	52
11.1.1	Langsam-Rein und Schnell-Raus	52
11.1.2	Raus-Rein-Raus	53
11.1.3	Den Wendepunkt nach dem Kurvenscheitel setzen	53
11.1.4	Beschleunigen in der zweiten Kurvenhälfte ist wichtig	53
11.1.5	In einer Schikane ist die letzte Kurve die Wichtigste	54
11.1.6	Komplizierte Kurven wie eine Kurve betrachten	54
11.1.7	Leichte Kurven an der Innenseite befahren	54
11.1.8	Gesamtverlauf des Kurses	55
11.1.9	Bei höherer Leistung muss die gefahrene Linie geändert werden	55
11.2	Fortschrittliche Kurventechniken	55
11.2.1	Vierrad Drift	55
11.2.2	Anreissen	56
11.2.3	Gegenlenken	56
11.3	Gewichtsverlagerung bei Kurvenfahrten	56
11.4	Der Start	57
11.5	Besetzen und halten der Ideallinie in einer Kurve	57
11.6	Wie man andere Überholt	57
11.7	Abfangen des Fahrzeugs	58
11.8	Bereit für die Rennstrecke?	58
12	Streckenvorschläge	59

13 Programme	61
13.1 Programm: Übersetzung	61
13.1.1 Innere Übersetzung	61
13.1.2 Übersetzung	62
13.1.3 Theoretische Geschwindigkeit	62
13.2 Programm: Ladezeit	63
Literaturverzeichnis	I

1 Einleitung

Auf allerhand Internetseite sind etliche Tipps und Tricks zum Thema Rc Car veröffentlicht, jedoch verliert man dabei schnell den Überblick. Dieses Rc Car Handbuch fasst deshalb die wesentlichen Inhalte aus unterschiedlichen Quellen zusammen und bildet somit eine gute Wissens-Grundlage speziell für den Bereich 1:10 Rc Cars. Dieses Handbuch wird in regelmäßigen Abständen aktualisiert, und auf der Internetseite <http://www.der-dac.de.vu> kostenlos zur Verfügung gestellt.

2 Die verschiedenen Teile eines Modellautos

Damit man sich über Modellautos unterhalten kann, ist es von Vorteil, einige Fachbegriffe zu kennen. Deshalb erläutere ich hier die wichtigsten Begriffe und gebe einige Informationen dazu.

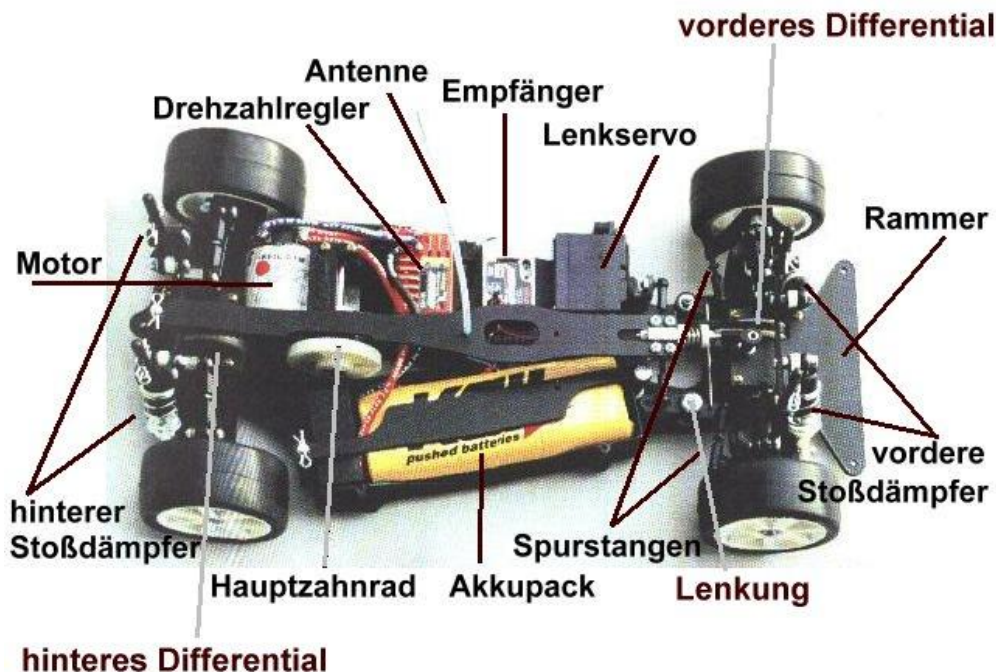


Abbildung 2.1: Rc Car Chassis

2.1 Karosserie

Die Karosserie ist wohl allen bekannt. Sie verleiht dem Fahrzeug das schöne Aussehen. Im Modellbau besteht diese aus Lexan (Polycarbonat). Das ist ein transparenter, glänziger Kunststoff, der sehr flexibel ist. Es kann nämlich vorkommen, dass der Pilot einen Fahrfehler macht und mit seinem Fahrzeug in eine Mauer fährt. Wäre die Karosserie sehr hart, würde sie zerbrechen. Lexan jedoch gibt nach und verhindert so in den meisten Fällen einen Defekt. Wenn man eine neue Karosserie kauft, muss sie zuerst noch bemalt werden. Damit ein schöner Glanz entsteht und die Farbe bei Unfällen nicht abgekratzt wird, trägt man die Farbe auf der Innenseite auf. Zum besprühen verwendet man spezielle Lexan Farbe die bei einem Zusammenstoß nicht abblättert. Trotzdem spielt die Aerodynamik auch beim Modellautos eine Rolle. Schließlich erreichen die Autos eine Spitzengeschwindigkeit von deutlich über 40 km/h (und das bei extremer Beschleunigung!). Sehr gut sind die Protoform-Karosserien, da diese speziell auf Anpressdruck ausgelegt sind. Die Protoform Karosserien sind bei den meisten Fahrern die erste Wahl. Mehr zum Thema Aerodynamik finden Sie in diesem Handbuch in Kapitel 9.

2.2 Chassis

Das Chassis ist das eigentliche Fahrwerk ohne Karosserie. Es gibt verschiedene Bauweisen: Sandwich Bauweise (Abb. 2.2) und Wannenbauweise (Abb. 2.3). Eine Sandwich Konstruktion hat eine Grundplatte (meist aus Fiberglas oder Kohlefaser) und eine Radioplatte, auch Oberdeck genannt. Bei einer Wannenkonstruktion ist keine Radioplatte erforderlich. Eine Wanne (aus Kunststoff, meist Mischungen aus verschiedenen Materialien, um gute Steifigkeit zu erreichen) nimmt die ganze Elektronik auf. Die Formel 1, PRO10 und 1:12er Fahrzeuge haben meist nur eine Grundplatte, worauf dann die Elektronik platziert wird. Die Off-Road Fahrzeuge sind praktisch immer in Wannenbauweise konstruiert.



Abbildung 2.2: Sandwichchassis



Abbildung 2.3: Wannenchassis

2.3 Die Fernsteuerung

Zum Betrieb eines Rc Cars kommen Digitale Proportional Anlagen mit 2 Kanälen zum Einsatz. Der eine Kanal dient zum Beschleunigen/Bremsen/Rückwärtsfahren und der zweite Kanal wird für die Lenkung benötigt. Eine Fernsteuerungsanlage besteht aus einem Sender, mit dem sie das Fahrzeug dirigieren und einem Empfänger welcher auf dem Rc Car montiert ist. Der Sender überträgt die Funksignale an den Empfänger welcher diese Signale an die Servos weitergibt, welche diese Signale in eine mechanische Bewegung umwandeln. Früher wurden nur Knüppelsteuerungen verwendet. Heute werden im Rc Car Bereich Pistolensteuerungen bevorzugt. Sie haben ein praktisches Steuerrad, welches runderes und präziseres Fahren ermöglichen soll. Es gibt aber auch viele Spitzenfahrer, die noch mit dem Knüppelsystem fahren. Die austauschbaren Quarze im Sender und Empfänger bestimmen dabei die Frequenz als auch den Kanal, auf dem gesendet wird. Es versteht sich von selbst, daß alle Fahrer die zusammen fahren wollen, unterschiedliche Kanäle verwenden müssen. Grundsätzlich unterscheidet man zwischen 27 MHz (Megahertz) und 40 MHz-Sendern im Rc Car Bereich. Funktionieren tun beide Systeme gleich gut. Im 27 MHz Bereich ist die Wahrscheinlichkeit aber höher von einem benachbarten CB-Funker oder einem Ferngesteuerten Spielzeug gestört zu werden, da hier teilweise dieselben Frequenzen benutzt werden. Eine Übersicht über die Frequenzen und Kanäle erhalten sie unter http://www.rc-network.de/magazin/artikel_05/art_05-027/laender/GER.pdf. Unabhängig von der Frequenz unterscheiden sich die Fernsteuerungen noch in Ihrer Art der Frequenzmodulation. Zum einen gibt es die ÄM-Anlagen (Amplitudenmodulation) und die FM-Anlagen (Frequenzmodulation). Ohne hier zu sehr ins Detail zu gehen, kann man aber sagen, daß die FM-Anlagen um einiges störunanfalliger sind.

2.4 Empfänger

Der Empfänger nimmt die Signale der Fernsteuerung auf und gibt sie an das Servo und den Fahrtenregler weiter. Unterschiede gibt es vor allem in der Größe. Zudem gibt es verschiedene Übertragungssysteme (AM und FM) und Frequenzen (im 27 MHz-Bereich und im 40MHz-Bereich), welche auch die dazugehörigen Empfänger erfordern.

2.5 Servo

Das Servo setzt die Steuerbefehle des Senders in proportionale Bewegungen um. In der Praxis zeigen sich die Qualitätsunterschiede in der Geschwindigkeit, der Kraft und der Qualität des Getriebes. Zum Anfang genügt sicher ein Standardservo, so wie es oft auch mit der Rc Anlage mitgeliefert wird. Mit steigenden Anforderungen und höherer Leistung des Rennfahrzeugs sollte man auch das Lenkservo anpassen. Je teurer das Servo, desto schneller ist die Stellgeschwindigkeit (also die Zeit die das Servo bis zum Erreichen eines bestimmten Winkels benötigt), desto größer ist die Stellkraft, und desto besser ist das Getriebe (Metallgetriebe, kugelgelagert). Die Stellkraft wird meist in Ncm angegeben. Ein Servo mit einer Stellkraft von 40 Ncm kann damit an einem 1cm langen Ruderhorn die Kraft von 40N oder besser 4kg ausüben, oder 2 kg an einem 2 cm langen Ruderhorn.

2.6 Fahrtenregler

Je nachdem was für ein Motor verwendet wird, muss auch ein entsprechender Fahrtenregler benutzt werden. Deshalb erfolgt hier eine Unterteilung in Fahrtenregler für Gleichstrommotoren (Brushed) und in Fahrtenregler für Bürstenlose Motoren. Weitere Informationen zu den beiden Motortypen finden Sie in den Kapitel 2.8 und 2.9 dieses Handbuchs.

2.6.1 Fahrtenregler für Gleichstrommotoren (Brushed)

Bei Gleichstrommotoren, erfolgt die Regelung der Drehzahl über die Spannung. Je höher also die Spannung ist, desto höher ist die Drehzahl. Die Aufgabe eines Fahrtenreglers besteht nun darin, die vom Akku gelieferte Spannung so zu regulieren, dass die gewünschte Drehzahl erreicht wird.

Mechanische Regler

Mechanische Fahrtenregler waren die ersten Fahrtenregler die in Rc Cars zur Anwendung kamen. Sie bestanden im wesentlichen aus einem Widerstand und einem Schleifkontakt. Mit Hilfe eines Servos, wurde der Schleifkontakt so gesteuert, dass der Widerstand dem Stromkreis zwischen Akku und Motor dazu geschaltet (geringe Geschwindigkeit), oder überbrückt wurde (maximale Geschwindigkeit). Dies war einfaches und robust allerdings auch Platzaufwändig, schlecht Dosierbar (2-3 Stufen) und mit hohen Energieverlusten am Widerstand behaftet. Aus diesem Grund werden heute nahezu nur noch elektrische Fahrtenregler eingesetzt, jedoch kann man den mechanischen Regler aber durchaus für einen Einlaufstand benutzen, wie er in Kapitel 2.8.7 auf Abbildung 2.19 dargestellt ist.



Abbildung 2.4: Mechanische Fahrtenregler von Tamiya [1]

Elektrische Fahrtenregler

Grundlagen: In den meisten Fahrzeugen werden heute elektronische Fahrtenregler verwendet, bei welchen die Regelung der Spannung über Pulsweitenmodulation geschieht. Dabei wechselt die Spannung wie in Abbildung 2.6 dargestellt, zwischen den zwei Stellungen „Durchlass“ und „Sperren“. Dies geschieht so schnell, dass aufgrund der Trägheit des Stromes eine mittlere Spannung U_m entsteht.



Abbildung 2.5: Elektrische Fahrtenregler [2]

Dabei kann über die Dauer des Stromflusses T_{ein} und die Dauer der Stromsperre T_{aus} die entstehende mittlere Spannung U_m Stufenlos eingestellt werden. Dieses ein und aus schalten des Stromes geschieht bei Frequenzen um 2 – 3 kHz, also so schnell, dass der Motor diese nicht registrieren kann, und seine Drehzahl aufgrund der mittleren Spannung U_m einstellt.

Auswahl eines Reglers: Um einen passenden Regler auszuwählen, sollte man auf folgendes Achten:

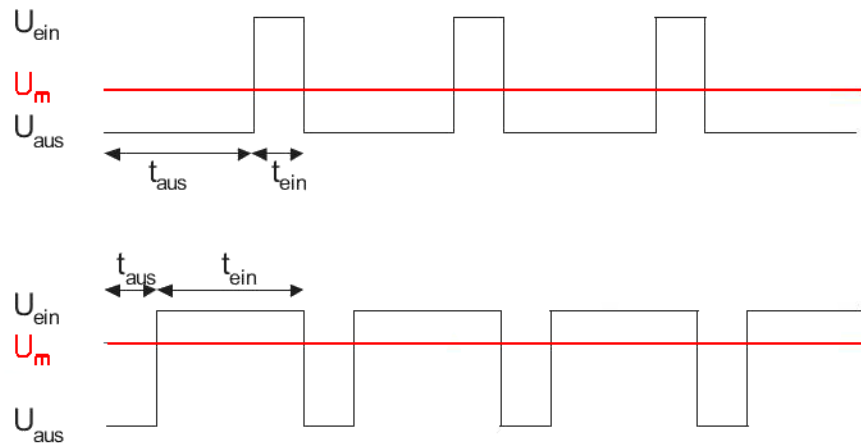


Abbildung 2.6: Pulsweitenmodulation [3]

- Verwendete Spannung - also ob man sein Modell mit einen 6-,7- oder 8-zelligen Akku betreibt.
- Wicklungen – Welche Motoren verwendet man, bzw. welche Motoren möchte man verwenden. Fahrtenregler haben oft ein Angabe des Motorlimits z.B: 18 Turn Limit, dies bedeutet, dass nur Motoren mit MEHR als 18 Turn gefahren werden dürfen , z.B. 19x2, 27x1,.... jedoch nicht darunter!!!
- Stromstärke – Noch wichtiger als das Motorlimit ist die Angabe der Dauerbelastung in A (Ampere). Dieser Wert sollte unterhalb des Stromes liegen, den der Motor zieht.

Formel für den Motorstrom

Beispiel

$$I = \frac{P}{U}$$

$$I = \frac{120W}{7,2V} \approx 17$$

I = Stromstärke in Ampere

P = Leistung des Motors in W

z.B. 140 W

U = Spannung des Akkus in V

z.B. 7,2 V

2.6.2 Fahrtenregler für Brushlessmotoren

Da ein Brushless Motor ohne Kohlen und Kollektor funktioniert, erfolgt die Drehung des Rotors dadurch, dass der Regler die Wicklungen so ansteuert, dass ein sich drehendes magnetisches Feld entsteht. Der Rotor folgt diesem magnetischen Feld wodurch eine Rotation der Motorwelle erzeugt wird.

Der Regler muss also nicht nur wie bei einem Gleichstrommotor die Spannung regeln, und darüber die Drehzahl, sondern hier kontrolliert der Regler den Motor regelrecht. Denn um das magnetische Feld in Drehung zu versetzen ist es notwendig, dass der Regler die Position des Rotors kennt um die Wicklungen optimal anzusteuern.



Abbildung 2.7: Elektrische Fahrtenregler [2]

Grundlagen

Der Regler besitzt 3 Anschlusskabel mit welchen die Wicklungen angesteuert werden. Dazu werden diese mit jeweils 120° zu einander versetzten Strömen angesteuert, wodurch eine Drehung des Rotors realisiert wird. Dabei muss der Regler folgendes beherrschen:

- Der Zeitpunkt der Kommutierung muss exakt erkannt werden
- Die Frequenz der Kommutierung in Abhängigkeit von der Drehzahl muss erkannt und eingestellt werden
- Die Spannung muss in Abhängigkeit der Drehzahl verändert werden

Auswahl eines Reglers

Je nachdem welche Motor verwendet wird, muss zwischen sensed und sensorless Unterscheiden werden (vgl. Kapitel 2.9.4). Manche Regler besitzen ein Drehzahllimit, also eine von Regler maximal beherrschbare Drehzahl. Diese Drehzahl sollte vom verwendeten Motor nicht überschritten werden.

2.7 Der Antrieb

Es gibt 2 Grundlegende Antriebskonzepte: Zweirad Antrieb (2Wheel Drive) und Allrad Antrieb (4 Wheel Drive). Viele Off-Roader, Formel 1, PRO10 und 1:12er Fahrzeuge haben einen 2WD Hinterradantrieb. Die Offroader setzen ein kleines Getriebe zur Kraftübertragung ein, die Onroader haben dagegen nur zwei Zahnräder (eines am Motor, das Ritzel, und eines an der Hauptachse, das Hauptzahnrad).

Beim Allrad Antrieb gibt es 2 verschiedene Systeme: Zahnriemenantrieb - und Kardantrieb.

2.7.1 Zahnriemenantrieb

Beim Zahnriemenantrieb sitzt der Motor allgemein quer zur Fahrtrichtung wobei der Motor die Kraft über ein Ritzel und Hauptzahnrad auf einen Riemen der nach vorne und ein zweiter der nach hinten führt überträgt. Da dieses System mit vergleichsweise weniger Zahnrädern auskommt ist der Wirkungsgrad etwas höher, da weniger Motorleistung durch Reibung verloren geht. Allerdings ist der Zahnriemen sehr schmutz empfindlich und durch kleine Steinchen und Sand kann der Riemen schnell kaputt gehen. Deshalb sollten Rc Cars mit Riemenantrieb nur auf möglichst sauberen Plätzen bzw Hallen betrieben werden.

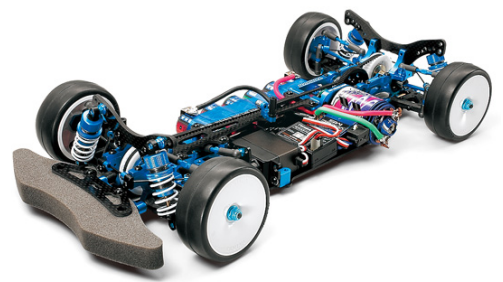


Abbildung 2.8: Tamiya TRF 415MSXX mit Zahnriemenantrieb [1]

Fazit: Zahnriemenantriebe sollten nur in Hallen bzw sehr sauberen Asphalt gefahren werden. Kardanwelle ist robuster und somit mehr was für den Parkplatz wo auch mal Steinchen liegen dürfen.

2.7.2 Kardanantrieb

Beim Kardanantrieb ist der Motor meist längs zur Fahrtrichtung eingebaut und die Kraft wird mit Hilfe einer Kardanwelle an das vordere und hintere Getriebe geleitet. Nachteil ist das durch die Winkelgeriebe an Vorder und Hinterachse etwas Kraftverlust entsteht, welcher aber bei modernen Modellen minimal ist. Entscheidender Vorteil ist das in ein Rc Car mit Kardanantrieb wesentlich weniger Schmutz eindringen kann, da die Getriebe (siehe Kapitel 9.11 geschlossen und die Welle absolut schmutzunempfindlich ist.



Abbildung 2.9: Tamiya TB EVO 5 mit Kardanantrieb [1]

2.8 Elektro Renmotoren (Brushed)

2.8.1 Bauteile und Funktionsprinzip

Die Funktion eines Elektromotors beruht auf dem physikalischen Prinzip, dass auf einen Leiter der sich innerhalb eines Magnetfeldes befindet, und von einem Strom durchflossen wird, eine Kraft ausgeübt wird. Je größer der Strom der durch den Leiter fließt ist, desto größer ist die wirkende Kraft.

Zu den Bauteilen eines Elektromotors gehören die Dauermagnete welche das magnetische Feld erzeugen und der Anker auf welchem sich die Wicklungen (stromdurchflossene Leiter) befinden. Über Schleifkontakte, die sogenannten Kohlen (engl. Brushes) die am Kollektor schleifen werden die auf dem Anker befindlichen Wicklungen mit Strom versorgt. Da im Motor Dauermagnete angebracht sind würde sich der Motor nur um 180° drehen. Deshalb wird mit Hilfe des Kollektor der Stromfluss in den Wicklungen nach maximal 180° umgekehrt und der Motor vollzieht eine komplette Umdrehung. In den meisten Fällen ist der Kollektor nicht nur in 2 Segmente unterteilt, sondern in 3. Dadurch wird der Stromfluss schon nach 120° umgeschaltet/abgeschaltet und somit ein gleichmäßiger Lauf erreicht. Weitere Bauteile sind in Abbildung 2.10 dargestellt.

2.8.2 Gehäusegröße und Motorarten

Die Gehäusegröße ist durch das international gültige Reglement festgelegt und wird in der Regel als „540er Gehäuse“ bezeichnet. Die Bezeichnung 540 ist dabei ein Richtwert für die Länge des Motorgehäuses. In Abbildung 2.11 die technische Zeichnung eines Mabuchi 540 abgebildet.

Standard Motoren

Stock Motoren

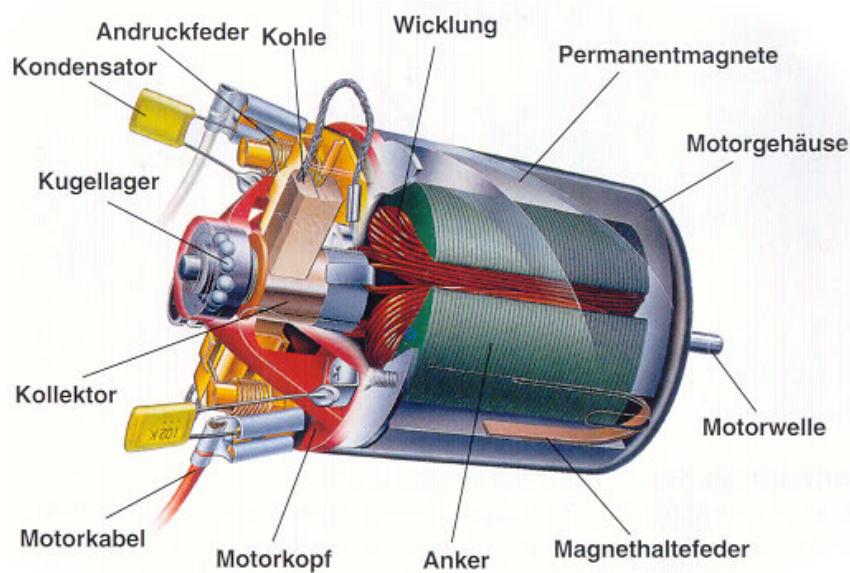


Abbildung 2.10: Aufbau eines Elektro Motor

Modified Motoren

2.8.3 Wicklungen

Sowohl bei den Stock als auch bei den Modified Motoren wird die Leistung im wesentlichen über die Anzahl der Wicklung bestimmt. Also die Anzahl der elektrischen Leiter auf dem Anker. Der Anker ist der drehende Teil im Inneren des Motorgehäuse. Das Ende des Ankers ist die Motorwelle, auf die später das Motorritzel (Zahnrad) aufgeschraubt wird.

Die Anzahl der Wicklungen (engl Turns) wird stets auf dem Motor angegeben und lautet z.B. 6x2. Dies bedeutet, dass ein doppelter Draht 6 mal um den Anker gewickelt ist. Bei einem 18x3 Turn Motor sind demnach 3 Drähte 18 mal um den Anker gewickelt. Die Grundlegenden Vor und Nachteile von Motoren mit vielen und weniger Turns sind in Tabelle 2.1 dargestellt. Ob nun 2,3 oder mehr Drähte um den Anker gewickelt wurden hat ebenfalls einen Einfluß auf die Charakteristik

Tabelle 2.1: Vor- und Nachteile verschiedener Motor Wicklungen

Wicklung/Turns	Vorteile	Nachteile	Anwendungsbereich
Wenige Wicklungen z.B. 6x2	Hohe Drehzahl	Geringes Drehmoment Hoher Stromverbrauch Kürzere Fahrzeit Hoher Wartungsaufwand	Leichte Onroad Fahrzeuge
Viele Wicklungen z.B. 18x3	Hohes Drehmoment Geringer Stromverbrauch Lange Fahrzeit	Geringe Drehzahl	Buggys, Monstertrucks, Rally Fahrzeuge

des Motors. Dieser ist aber in jedem Fall geringer, wie die eigentliche Wicklungszahl und soll an dieser Stelle nur kurz erläutert werden:

Werden 4,5 oder gar 6 Drähte verwendet, sind diese sehr dünn, wodurch der Motor sehr sensibel wird und einen etwas

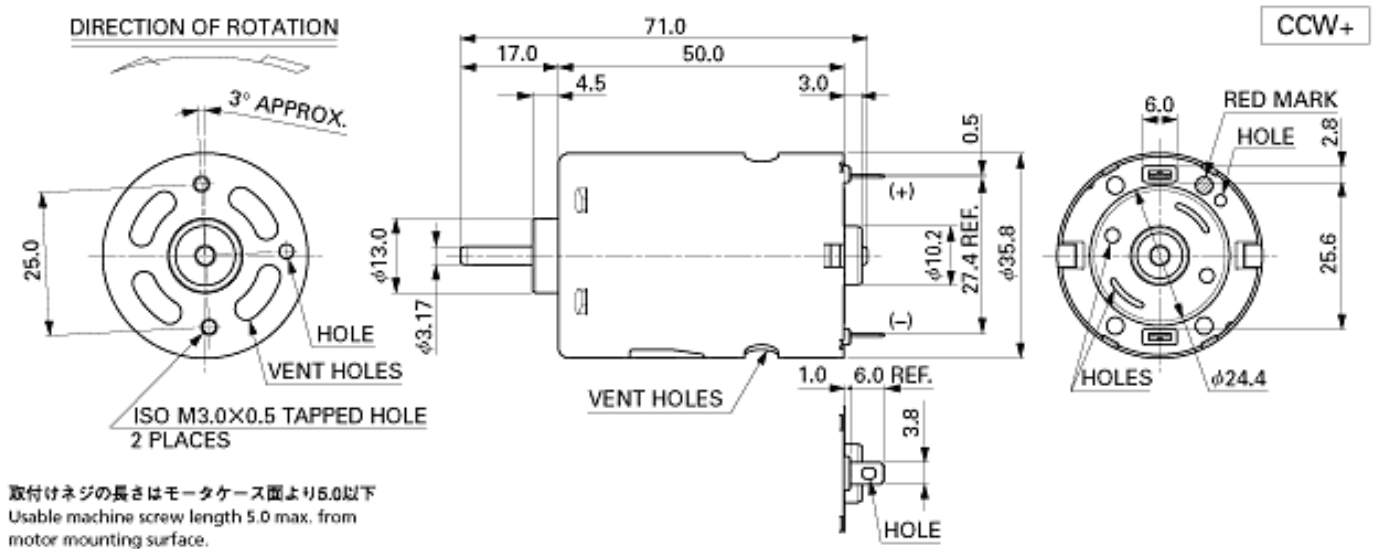


Abbildung 2.11: Gehäusegröße eines 540er Motor [4]

Der Mabuchi 540 oder sein Nachfolger der Johnson 540 sind z.B. in jedem Tamiya Baukasten als Standard-Motoren zu finden. Beide Motoren haben ein Gehäuse welches sich nicht öffnen läßt und sind Großserienprodukte. Für die ersten Fahrversuche sollte man es sicher erst mal bei dieser Motorisierung belassen und versuchen, das Fahrzeug so zu beherrschen, bevor man sich an eine Leistungssteigerung wagt. An diesen Standard-Motoren ist nicht viel zu tun. Man sollte nur auf Sauberkeit achten und die Motorlager ab und zu mal mit einem Tropfen Öl versehen.

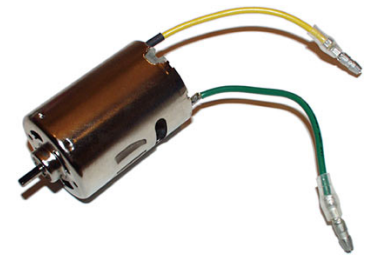


Abbildung 2.12: Standard Motor Mabuchi 540 [4]

Die nächste Leistungsstufe sind die sogenannten Stock-Motoren (von engl. Stock=Standard, handelsüblich). Im Gegensatz zu den 540er Motoren fallen diese durch einen anderen Motorkopf auf. Die Motorkohlen, die den Strom auf den Kollektor übertragen können gewartet und bei Verschleiß auch gewechselt werden. Ebenso können die Federn, welche die Motorkohlen an den Kollektor anpressen ausgetauscht werden. Der Motorkopf ist jedoch fest verschlossen und kann nicht geöffnet werden.



Abbildung 2.13: Stock Motor [2]

größeren Wirkungsgrad aufweist.

Bei der Verwendung von 1 oder 2 Drähten ist der Wirkungsgrad geringer, der Motor wird allerdings robuster und nimmt einem eine falsche Übersetzung nicht so schnell übel.

2.8.4 Timing

Das in Kapitel 2.8 schon beschrieben umkehren der Stromrichtung in den Wicklungen mit Hilfe des Kollektors geschieht bei Standard Motoren dann, wenn das magnetische Feld der Wicklungen (erzeugt durch den Stromfluss) senkrecht zu dem

Die Modified-Motoren (von engl. modified = getunt, verändert) können sehr leistungsstark sein und erlauben atemberaubende Fahrleistungen. Diese Motoren sind komplett zerlegbar was sowohl zur Wartung, Reinigung und Tuning dieser Motoren notwendig ist. Es ist auch möglich das Timing dieser Motoren zu verstellen, auf welches in Kapitel 2.8.4 noch eingegangen wird.



Abbildung 2.14: Modified Motor [2]

magnetische Feld der Dauermagnete steht. Diese Stellung wird auch als neutrale Zone bezeichnet.

Allerdings erzeugt das magnetische Feld des Ankers mit dem Magnetfeld der Dauermagnete ein neues Gesamtmagnetfeld, so dass sich je nach Drehzahl die neutrale Zone um einige Grad verschiebt.

Bei Modified Motoren ist es nun möglich den Motorkopf gegenüber dem Motorgehäuse so zu verdrehen, dass die neutrale Zone zur Änderung der Stromrichtung wieder erreicht wird. Dieser optimale Zeitpunkt wird aber nur in einer Drehrichtung erzielt, weshalb darauf zu achten ist, in welche Richtung das Timing eingestellt wird.

2.8.5 Auswahl eines Motors

Die Anzahl der Wicklungen bzw. Turn sagt jedoch nichts darüber aus, wie gut ein Motor ist, denn da spielen alle Komponenten (Magnet, Anker, Kohlen,..) eine wichtige Rolle. Daher ist die Auswahl des richtigen Motors eine diffizile Aufgabe. Wichtige Vergleichswerte sind

- Leerlaufdrehzahl (U/min)
- Drehmoment (Ncm)

Dabei sollte aber darauf geachtet werden, dass die Spannungen bei denen diese Werte ermittelt wurden, gleich sein sollten. Dennoch kann es zu Unterschieden zwischen Motoren kommen, deren Leistungsdaten gleich sind. Der Grund dafür ist in der Datenermittlung auf unterschiedlichen Prüfständen sowie produktionsbedingte Streuung zurückzuführen.

2.8.6 Motor entstören

Durch Spulenströme und Bürstenfeuer (Funken zwischen Kohlen und Kollektor) ausgelöste Störimpulse kann der Motor den Empfang der Funksignale stören. Um diese Störimpulse zu unterdrücken bzw. zu verhindern, werden Kondensatoren an den Motorkopf gelötet. Im Allgemeinen werden dazu 3 Keramik- oder Folienkondensatoren verwendet. Welche Kondensatoren dazu genau nötig sind, ist in der Anleitung des Motors, bzw. im Reglement mancher Rennklassen beschrieben. Ein Kondensator wird vom Pluspol auf Masse und einer vom Minuspol auf Masse gelötet. Der dritte wird zwischen Plus- und Minuspol gelötet. Viele Motoren sind bereits entstört was man an den am Motorkopf angebrachten Kondensatoren wie z.B. in Abbildung 2.15 erkennen kann.

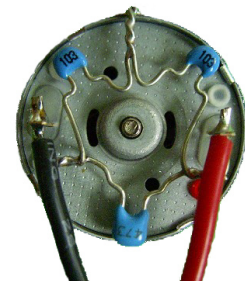


Abbildung 2.15: Entstörter Motor

2.8.7 Wartung und Einlaufen von Elektromotoren

Damit euer Motor eine lange Lebensdauer hat, ist es nötig ihn ab und an zu zerlegen und zu reinigen.

Kollektor

Beim Stromfluss über die Bürsten zum Kollektor, kommt es zum Bürstenfeuer welches zusammen mit der mechanischen Reibung, Rillen und Beschädigungen am Kollektor hinterlässt. Daher sollte, speziell bei Modified Motoren mit wenig Turns, der Kollektor regelmässig gereinigt werden. Dazu wird der Anker ausgebaut und der Kollektor mit einer kleinen Drehbank überdreht. Dadurch wird eine neue,saubere Oberfläche des Kollektors erzeugt. Von Experimenten mit Bohrmaschinen und Schmirgelpapier ist abzuraten, da der Kollektor dabei unrund wird und der Verschleiß sich erhöht. Modellbauhändler bieten oftmals an Motoren abzdrehen.



Abbildung 2.16: Anker mit sauberem Kollektor [2]

Abbildung 2.17 zeigt einen Kollektor und warum dieser nachbestimmter Zeit abgedreht werden sollte damit ein Kohlen springen und damit verbundener Leistungsverlust vermieden wird.

1. Idealform.
2. Hier fließt weniger Strom dadurch ist der Verschleiß nicht so hoch.
3. Hier fließt der höchste Strom (Segmentanfänge) das Kupfer wird förmlich wegerodiert.

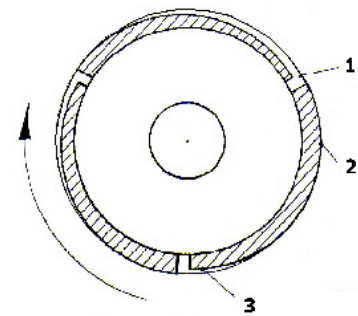


Abbildung 2.17: Kollektor eines Elektromotor

Kohlen /Bürsten

Die Kohlen nutzen sich mit der Zeit ab, was zu einem Leistungsverlust führt. Um dies zu vermeiden, sollten die Kohlen regelmäßig kontrolliert und ggf. ausgetauscht werden. Als Richtwert kann man sagen, dass bei einem 17 Turn Motor nach 20 Akkus die Kohlen getauscht werden müssen. Beim Kauf von Kohlen ist darauf zu achten, dass es verschiedene Bauformen gibt:

- Standard (4mm breit, 5mm hoch)
- Laydown (5mm breit, 4mm hoch)
- runde, zylinderförmige Kohlen



Abbildung 2.18: Verschiedene Kohlenbauformen [2]

Lager

Der Anker, auf dem sich die Wicklungen befinden, ist üblicherweise mit 2 Kugellagern gelagert. Eines befindet sich im Motorgehäuse, das andere im Motorkopf. Die Lager sollten regelmässig gereinigt und geölt werden. Beim Zusammenbau ist darauf zu achten, dass die kleinen Unterlegscheiben (Shims) korrekt eingesetzt werden.

Einlaufen

Damit sich bei einem neuen oder überholten Motor die Kohlen optimal an den Kollektor anlegen ist es nötig den Motor einige Zeit einlaufen zulassen. Das Ziel dabei ist es, wieder einen bestmöglich Stromfluss zwischen den Kohlen und dem Kollektor zu erreichen. Dazu wird der Motor im ausgebauten Zustand mit einem 3-4 zelligen Akku verbunden und 1-2 Akku Ladungen frei laufen gelassen. Da der Motor frei drehen kann, sollte man keinen 6 zelligen Akku verwenden, da damit zu hohe Drehzahlen erreicht werden, welche dem Motor schädigen können. Aus einem mechanischem Fahrtenregler sowie einer Motorhalterung kann man sich einen wie in Abbildung 2.19 dargestellten Motoren-Einlaufstand zusammensetzen.

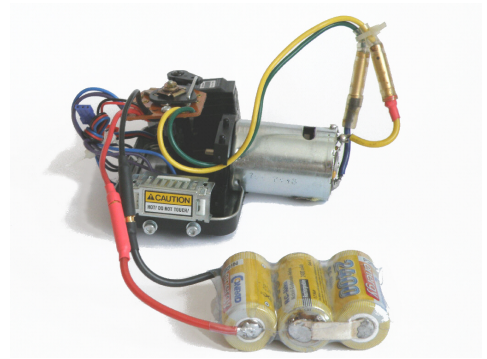


Abbildung 2.19: Einlaufstand

Wie bremst ein Fahrzeug mit Elektromotor?

Natürlich werden keine mechanischen Bremsen eingesetzt, wie in den großen Vorbildern. Das wäre technisch viel zu kompliziert und zu schwer. Ein Elektromotor hat die Eigenschaft zu bremsen, wenn dieser kurzgeschlossen wird. Diese physikalische Eigenschaft macht man sich mit einem elektronischen Regler zunutze, indem der Motor beim Bremsen mehr oder weniger stark kurzgeschlossen wird. Bei hochwertigeren elektronischen Reglern kann diese Funktion eingestellt werden.

2.9 Brushless Motoren

Seit einigen Jahren gibt es auf dem Markt der Elektromotoren, mehr und mehr sogenannten Bürstenlose (engl. brushless) Motoren

2.9.1 Funktionsprinzip

Das Funktionsprinzip entspricht dem eines Gleichstrommotors wie es in Kapitel 2.8 beschrieben ist. Brushless Motoren können in Innenläufer und Aussenläufer unterscheiden werden. Bei beiden Prinzipien ist der sich drehen Teil (Rotor) als Dauermagnet ausgelegt. Bei einem Innenläufer befindet sich dieser Rotor wie in Abbildung 2.20 dargestellt im Inneren. Die Wicklungen befinden sich außen herum im feststehenden Gehäuse. Um eine Drehung des Rotors und damit verbunden der Motorwelle zu erzeugen, ist es nötig, dass die Wicklungen über den Fahrtenregler so angesteuert werden, dass ein sich drehendes Magnetfeld erzeugt wird. Der Rotor mit seinem Dauermagnet folgt nun diesem Magnetfeld sich drehenden Magnetfeld und es erfolgt die Drehung des Motors. Dies wird auch elektrische Komutierung genannt, und der große

Vorteil gegenüber Gleichstrommotoren ist, dass keine Schleifkontakte (Kohlen) mehr nötig sind. Dadurch reduziert sich die Reibung im Motor und es müssen keine Kohlen gewechselt oder Kollektoren abgedreht werden.

Ein Aussenläufer funktioniert nach dem selben Prinzip, jedoch befindet sich der feststehende Teil mit den Wicklungen Innen, und der Rotor mit den Dauermagneten befindet sich außen herum. Aussenläufer werden überwiegend im Rc Flug verwendet.

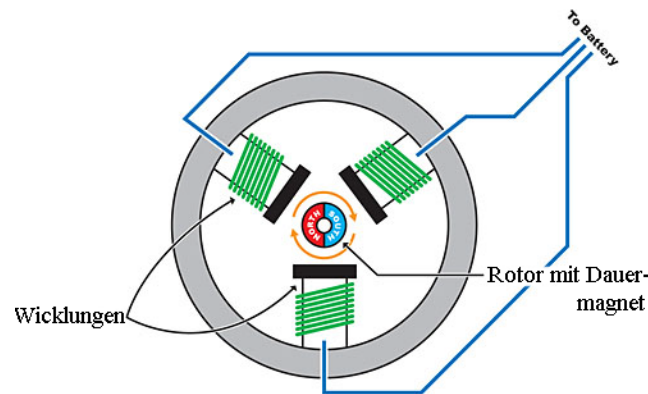


Abbildung 2.20: Brushless Prinzip [5]

2.9.2 Wicklungen

Hier verhält es sich ähnlich wie bei den Gleichstrommotoren und man kann grob sagen, dass je weniger Turns desto mehr Drehzahl hat ein Motor. (vgl. dazu Kapitel 2.8.3)

2.9.3 Polpaarzahl

Eine weitere Kenngröße von Brushless Motoren, ist die Anzahl der Polpaare. Diese gibt an, wie viele Dauermagnetpole auf dem Rotor vorhanden sind. In Abbildung 2.20 sind z.B. ein Nord- und ein Südpol vorhanden, was einem Polpaar entspricht.

Das Gegenstück dazu stellt die Nutenzahl dar, welche angibt, wie viele Wicklungen sich im feststehenden Gehäuse befinden. In Abbildung 2.20 handelt es sich um 3 Nuten mit den darauf befindlichen Wicklungen. Grundsätzlich gilt:

- je mehr Nuten, desto mehr Polpaare sind einsetzbar
- je mehr Polpaare um so weniger Drehzahl

2.9.4 Die Bedeutung von Sensored und Sensorless

Da die Wicklungen über den Fahrtenregler so gesteuert werden, dass sich der Rotor dreht, ist es notwendig, dass der Regler die Lage des Rotors kennt, um optimal zu regeln. Dies kann mittels der zwei Varianten Sensorless und Sensored realisiert werden.

Sensorless

Die Lage des Rotors wird aufgrund der in den Wicklungen induzierten Spannung berechnet. Es sind also keine zusätzlichen Sensoren notwendig.

Sensored

Um die Lage des Rotors zu ermitteln, sind im Motor Hall-Sensoren angebracht, deren Daten über eine zusätzliche Messleitung an den Fahrtenregler übertragen werden. Fahrtenregler, die mit Sensoren funktionieren benötigen auch einen Motor mit Sensoren um zu funktionieren.

2.9.5 Auswahl eines Motors

Gerade in höheren Leistungsklasse lohnt es sich einen Gleichstrom Motor durch einen Brushless Motor zu ersetzen, da die häufige Wartung und Reinigung des Kollektor entfällt. Bei der Auswahl sollte man auf folgende Werte achten:

- Leistung in kW
- kv Wert, dieser beschreibt die Leerlaufdrehzahl bei 1V Spannung. Ein Motor mit 3.500 kv läuft bei 7,2 V also 25200 U/min (kv ist eine Konstante mit der Einheit $U/(\text{min} \cdot \text{V})$ und sollte nicht mit kilo Volt verwechselt werden.)

2.9.6 Wartung

Brushless Motoren sind wegen der elektrischen Komutierung, also dem Weglassen der Kohlen als Schleifkontakte, nahezu wartungsfrei. Es sollten allerdings die Kugellafer in regelmäßigen Abständen kontrolliert und geölt werden.

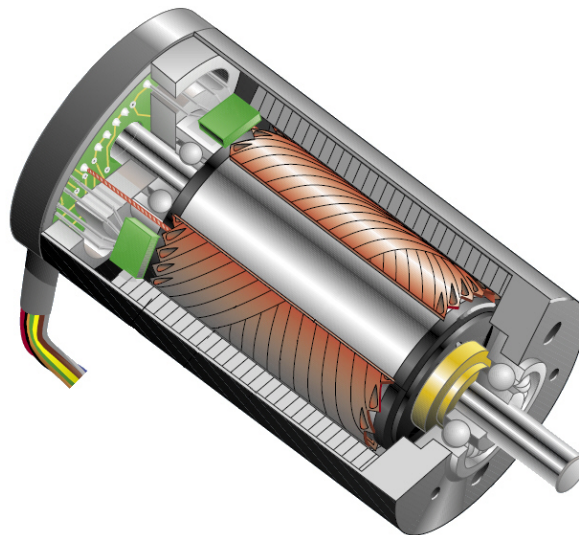


Abbildung 2.21: Aufbau eines Brushless Motor

2.10 Die Radaufhängung

Die Radaufhängung ist der bewegliche Teil, welcher zum Rad führt und schließlich mit Hilfe der Stoßdämpfer eine Federung ermöglicht. Bei den Tourenwagen kommen Einzelradaufhängungen zum Einsatz. Das bedeutet, dass jedes Rad einzeln und unabhängig bewegt werden kann. Pro Radaufhängung kommt ein Stoßdämpfer zum Einsatz (siehe unten). Sie besteht schließlich aus einem unteren und einem oberen Querlenker. Die Aufhängungen bieten sehr viele Einstellungsmöglichkeiten, dazu jedoch später mehr. Formel 1, PRO10 und 1:12er Fahrzeuge haben hinten eine Pendelachse. Vorne kommen einfache Aufhängungen mit kleinen Federn zum Einsatz.



Abbildung 2.22: Radaufhängung
[1]

2.11 Der Stoßdämpfer

Wie oben erwähnt, benützt man zur Federung eines Fahrzeugs Stoßdämpfer. Die Federung ist notwendig, damit das Fahrzeug bei Unebenheiten des Belags den Bodenkontakt nicht verliert. Am einfachsten ist der Einsatz von Schraubfedern. Diese haben jedoch den Nachteil, dass das Fahrzeug zu springen beginnt, wenn Unebenheiten auftreten. Deshalb kombiniert man diese Federn mit einer zähen Flüssigkeit, nämlich Öl. Die Dämpfer werden also mit Öl gefüllt. So beginnt ein Fahrzeug nicht zu springen, sondern federt nur einmal ein. Mehr dazu finden Sie in diesem Handbuch im Bereich Fahrwerkseinstellung in Kapitel 9.

2.12 Der Fahrakku

Da der Akku im Modellbau einen immer größeren Stellenwert annimmt wird dieses Thema in Kapitel 3 explizit behandelt.

3 NiCd/NiMH Akkus und Ladegeräte

Der Fahrakku ist eine der wichtigsten Komponenten beim Elektro Rc Car und oft eine Wissenschaft für sich. Trotzdem möchte ich versuchen, die wesentlichen Dinge über Akkupacks für den Rc Car Bereich hier zusammenzutragen. Die Entwicklung im Akku Sektor geht sehr schnell voran. Es hat sich der sechszellige Akku-Pack mit einer Zellenspannung von 1,2 Volt und somit einer Gesamtspannung von 7,2 Volt durchgesetzt. Die Zellengröße ist genormt und nennt sich Sub-C. Der Grund dafür ist die vergleichsweise hohe Kapazität, bezogen auf Größe und Gewicht der Zellen, sowie Ihre Schnellladefähigkeit und die hohe Belastbarkeit.

Ein Akku -Pack ist umso besser er den Spannung hält, je länger die Entladezeit und je geringer der Innenwiderstand ist. Die Kapazität der Akkus ist ausschlaggebend für die Fahrzeit je mehr mAh (milli Ampere Stunden) desto länger die Fahrzeit. NickelCadmium-Akkus (NiCd) (maximal 2400 mAh), waren bis zum Jahr 1999 die einzige Typen, die für RC-Cars gebaut wurden. Sie sind bis heute vor allem im Einsteigermarkt weit verbreitet, da sie etwas „robuster“ behandelt werden können als die neueren Nickel-MetallHydrid-Akku (NiMH) die im Jahr 1999 weltweit in die Rc Car Szene eingeführt wurden. Mit Einführung der NiMH Akkus stieg die Kapazität der Sub-C- Zellen von zunächst 2600 mAh auf nun über 4000 Milliampere-Stunden.

Akkus sind Massenprodukte, die einer gewissen Qualitätsstreuung in der Fertigung unterliegen. Da aber ein Akkupack (im Rc Car normalerweise mit 6 Zellen) immer nur so gut sein kann, wie die schwächste Zelle, haben sich einige Firmen auf das sog. „selektieren“ (engl. matched) von Akkuzellen spezialisiert. Hier werden also große Mengen von Einzelzellen mit teilweise speziellen Messverfahren getestet und Zellen mit gleichen Werten zu einem 6er- Akkupack zusammengefasst. Zellen, die einen gewissen Standard nicht erreichen, werden zu „Einsteigerpacks“ zusammengefasst oder an andere Industriezweige weiterverkauft.

Das bekanntesten Verfahren ist „Pushed“:

Pushen ist ein Verfahren beim dem durch hohe Stompulse der Innenwiderstand der Zelle verkleinert wird. Das Verfahren kann sowohl bei NiCd-Zellen als auch bei NiMH-Zellen angewandt werden. Solcherart behandelte Zellen haben eine höhere Spannungslage unter Last, was in (spürbar) besserer Beschleunigung resultiert. (In einer handelsüblichen Zelle sind die beiden Akkukappen mittels Blechstreifen mit der eigentlichen Zelle verbunden. Dieser Blechstreifen wird herstellerseitig durch Punktschweißen befestigt. An diesen Schweißpunkten treten speziell im Hochstrombereich (Modellsport) recht hohe Verluste auf. Beim Pushen werden die Verbindungen gewissermaßen elektrisch nachgeschweißt bzw. es entstehen neue Schweißpunkte. Da die Zelle hermetisch abgeschlossen ist, muss dieser Schweißvorgang von aussen erfolgen. Dazu werden in die Zelle kurzfristig mehrere tausend Ampere in die Zelle eingespeist.)

Bei einem sogenannten Pushed&Matched (P&M) Akku wurden die Einzelzellen mit der oben beschriebenen Methode behandelt und dann vermessen. Die Zellen die eine ähnliche bzw. fast gleiche Charakteristik (Spannung, Innenwiderstand, Kapazität) besitzen werden dann zu einem Pack zusammengestellt.

Namhafte Selektierer sind z.B. *Sanyo*, *Hopf*, *GP*, *Intellect*, *LPR*, *ORION* oder *CS-Electronic*. Diese Selektierer geben auf den einzelnen Zellen in der Regel auch Leistungsdaten an.

Für den Einsteiger sind sicherlich auch unselektierte Zellen gut geeignet. Der geringen Mehrpreis sind P&M Zellen jedoch die spürbar bessere Wahl. „Einsteiger“-Akkupacks werden normalerweise als sog. „Stick“-Packs angeboten. Dabei sind 2 Stangen mit je 3 in Reihe verlötete Akku-Zellen in einem Schrumpfschlauch.

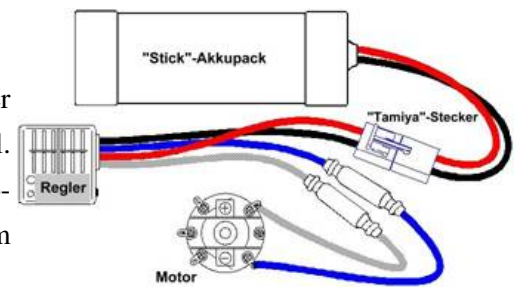


Abbildung 3.1: Stick-Pack

Beim Side-by-Side Akku werden die sechs Zellen parallel nebeneinander verlötet. Diese „offene“ Variante hat den Vorteil, dass jede einzelne Zelle zugänglich ist, was für die Wartung des Packs wichtig sein kann.

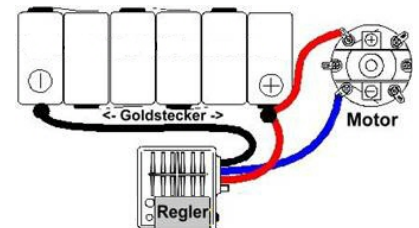


Abbildung 3.2: Side-by-Side Akku

Beim Saddle-Pack werden je drei parallel verlötete Zellen mit einem Kabel verbunden um eine bessere Gewichtsverteilung zu erreichen. Diese „offene“ Variante hat ebenfalls den Vorteil, dass jede einzelne Zelle zugänglich ist.

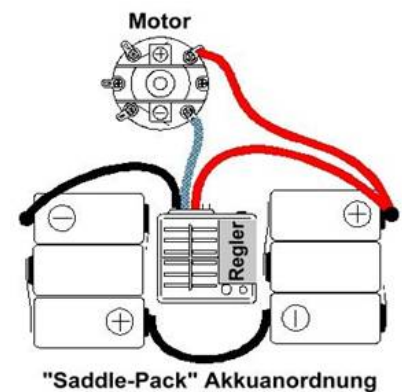


Abbildung 3.3: Saddle-Pack

3.1 Ladegerät

Damit man den Akku wieder aufladen kann, braucht man ein Ladegerät. Der Markt bietet dafür unzählige Varianten an. Um den Akku möglichst schnell füllen können gibt es Schnellladegeräte welche je nach Stromstärke einne Akku in etwa 30 Minuten vollladen können. Ein solches Schnellladegerät sollte bis zu 5A Ladestrom leisten können. Um den Akku zu formatieren bzw. ihn zu pflegen sollte das Ladegerät jedoch auch mit geringern Strömen laden können. Deswegen sollten Sie sich für einen sogenannten Computerlader entscheiden, bei dem man viele Parameter selber einstellen kann.

Damit der Akku nicht durch eine Überladung beschädigt wird muss das Ladegerät wissen, wann der Akku voll ist. Das so genannte Delta Peak (ΔU) Verfahren hat sich weitgehend durchgesetzt. Wenn ein Akku voll ist, tritt wie in Abbildung 3.4 eine kleine Spannungsschwankung auf, welche vom Ladegerät festgestellt wird und den Ladevorgang beendet. Bei Modernen Ladegeräten lässt sich dieser Delta Peak einstellen um die Zellen möglichst 100% voll zubekommen. Deweiteren gibt es Ladegeräte welche nach einer definierten Zeit oder bei einer bestimmten Akku Temperatur den Ladevorgang unterbrechen. Damit der Akku eine möglichst lange Lebensdauer und viel Leistung hat, müssen einige Sachen beachtet werden.

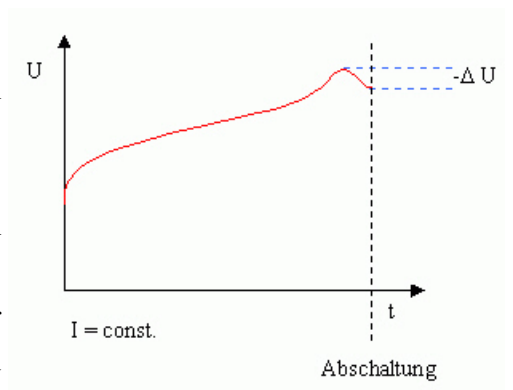


Abbildung 3.4: Delta Peak

3.2 Ladeverfahren

Wie Ihr eure Akkus ladet hängt Grundsätzlich davon ab was euer Ladegerät kann. Es sollte jedoch mindestens über eine Delta Peak Abschaltung verfügen. Mit welcher Stromstärke ein Akku geladen wird, ist abhängig von seiner Qualität (Selektionsstufe) und seinem Einsatz. Wer auf lange Lebensdauer achtet, sollte einen unselektierten Akku mit maximal seiner Kapazität laden (2400 mAh Akku mit 2,4 Ampere). Selektierte Akkus können ohne weiteres mit dem 1,5 fachen ihrer Kapazität geladen werden (2400mAh Akku also mit 3,6 Ampere).

3.2.1 Normal Ladung

Eine Normal Ladung wendet man an, wenn man eine Akku formieren will. Hierbei beträgt der Ladestrom $1/10 C$ ($C =$ Kapazität). Dies bedeutet das z.B. ein 2400mAh Akku mit einem Strom von 240mA geladen wird. Die Dauer einer solchen Normal Ladung beträgt dann 14 - 15 Stunden. Gerade bei Stick Packs bei denen eine Einzelzellenentladung nicht möglich ist empfiehlt es sich jede zehnte Ladung „Normal“ zu laden, unabhängig vom Akkutyp. Dadurch werden die Einzelnen Zellen wieder an einander angeglichen und die Akku Kapazität und die Akku Lebensdauer verbessern sich.

3.2.2 Lineare Ladung

Hierbei wird mit einem gleich hohen Ladestrom über die gesamte Ladezeit hinweg geladen. Darüber hinaus ermöglichen neuere und teurere Ladegeräte weitere Lademethoden.

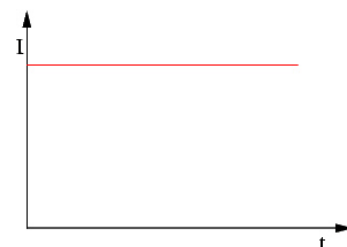


Abbildung 3.5: Lineare Ladung

3.2.3 Impuls Ladung

Hierbei wird der Akku mit einem konstanten aber kurzzeitig unterbrochenem Ladestrom geladen. Dadurch wird eine höhere Laderate als bei der Linear Ladung erreicht.

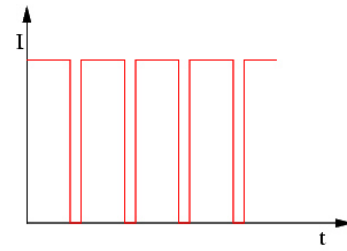


Abbildung 3.6: Impuls Ladung

3.2.4 Reflex Laden

Beim Reflex-Laden werden neben positiven Pulsen auch immer wieder negative Pulse zwischengeschaltet. Beim negativen Puls wird der Akku jeweils entladen. Dadurch wird die Gasbildung in den Zellen verringert. Es ist eigentlich die sanfteste Art einen Akku zu laden und eignet sich deshalb auch für alte und gebrauchte Akku Packs. Die Ladezeit verlängert sich aber bei dieser Lademethode.

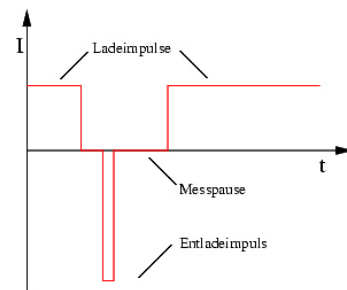


Abbildung 3.7: Reflex Laden

3.2.5 Step Laden

Bei dieser Ladung wird der Akku linear in drei Stufen geladen. Dabei wird in der mittleren Stufe über eine gewisse Zeit der Ladestrom deutlich begrenzt, um dem Akku Zeit zur „Erholung“ zu geben. Wobei der dadurch gewonnene höhere Druck und die eventuell verlängerte Fahrzeit für einen Normalfahrer kaum bemerkbar sein wird.

3.3 Gedächtniseffekt (Memory Effekt und Lazy Battery)

NiCd Akkus besitzen eine Eigenschaft, welche zuweilen als rätselhaft oder gar als unerklärlich dargestellt wird. Sie verhalten sich bis zu dem gewohnten Entladepunkt völlig normal. Bei Überschreiten dieser Schwelle, ist dann aber plötzlich ein deutliches Absinken der Spannung zu beobachten. Grund dafür ist meist eine nicht vollständige Entladung des Akkus auf 0,9 - 1,1 V je Zelle. Dadurch kommt es zur Bildung von unterschiedlich grossen Kristallen. Zum einen entstehen reaktionsbereiten Kleinkristalle die durch ständiges Laden Entladen entstehen, und die so genannten Grosskristalle die sich durch nicht vollständiges Entladen an den Elektroden des Akkus ablagern. Diese Grosskristalle sind chemisch weniger reaktionsbereit. Somit verhält sich der Akku zunächst normal bis alle Kleinkristalle umgesetzt wurden, danach sinkt die Spannung ab da nun nur noch Grosskristalle der chemischen Reaktion zur Verfügung stehen. Bei NiMH Akkus gibt es ein ähnliches Phänomen, jedoch wird es hier Lazy Battery Effekt genannt. Während die obere Schicht des aktiven Materials

durch ständige Umsetzung (Auf- und Entladen) besonders feinkörnig ist, haben sich im lange Zeit „unberührten“ Untergrund Großkristalle bilden können, welche entsprechend unwillig reagieren. Allerdings bricht die Akkuspannung nicht wie beim Memory-Effekt ab einem bestimmten Punkt zusammen. Stattdessen ist die Akkuspannung über den gesamten Entladevorgang etwas geringer, als bei einer nicht unter dem Effekt leidenden NiMH Zelle. Beide Gedächtniseffekte lassen sich durch eine Formierungs/Normalladung (Kapitel 3.2.1) und einige Lade/Entladezyklen wieder nahezu vollständig beseitigen.

3.4 NiCd Akkus laden, entladen und lagern

Laden

NiCd Akkus sollten möglichst vor dem ersten „richtigen“ Gebrauch angeglichen werden. Dazu sollte ein neuer Pack zunächst Normal (Kapitel 3.2.1) geladen werden um alle Zellen einander anzupassen. Dies geschieht mit 1/10 C (also 1/10 der Kapazität) über einen Zeitraum von 14 bis 15 Stunden. Bei Ladegeräten, bei denen die Delta Peak Abschaltung einstellbar ist, sollte man für NiCd Akkus einen Wert von rund 20 Millivolt pro Zelle einstellen. Eine vorhandene Temperatur Abschaltung sollte bei NiCd Akkus bei rund 45 °C erfolgen. Genaue Angaben zum Ladestrom und Temperatur findet man meist auf der Homepage des Akku Herstellers. Ein guter Kompromiss zwischen Leistung und Lebensdauer des Akku ist es, einen Ladestrom von 1C zu wählen. (2400 mAh Akku also mit 2,4 Ampere) Gerade bei Stick Packs bei denen eine Einzelzellenentladung nicht möglich ist empfiehlt es sich jede zehnte Ladung „Normal“ zu laden. Am Ende des Ladevorganges sollten die Zellen ca. 40 – 45 °C warm sein.

Entladen

Nachdem der NiCd Akku leer gefahren wurde sollte er vor dem nächsten Ladezyklus entladen werden, um den speziell bei NiCd Akkus auftretenden Memory Effekt (Kapitel 3.3) zu verringern. Dazu bieten diverse Hersteller so genannte Entladeplatinen (für die offenen Varianten Saddle Pack und Side-by-Side) und Entladegeräte (discharger) für Stick-Packs an, die jede Zelle bis auf 0,9 - 1,1 Volt entladen (einen Pack mit 6 Zellen also auf rund 5,4 V). Es gibt auch Ladegeräte die eine Entladefunktion anbieten. Am besten sind natürlich Entladegeräte, die über einen Entladestrom von mehr als 2 A verfügen da dem Akku im normalen Betrieb ja auch deutlich mehr als 2 A abgefordert werden.

Lagerung NiCd Akkus sollten Grundsätzlich komplett entladen gelagert werden, um den Memory Effekt (Kapitel 3.3) zu vermeiden. Nach 3-4 Wochen sollten die Zellen Normal geladen und wieder entladen werden um ein zu starkes auseinander laufen der einzelnen Zellen zu vermeiden.

3.5 NiMH Akkus laden, entladen und lagern

Laden

Auch NiMH Akkus sollten nach dem Kauf angeglichen werden. Dazu sollte ein neuer Pack zunächst Normal geladen werden um alle Zellen einander anzupassen. Dies geschieht mit 1/10C über einen Zeitraum von 14 bis 15 Stunden. Bei Ladegeräten, bei denen die Delta Peak Abschaltung einstellbar ist, sollte man für NiMH Akkus einen Wert von rund 5 Millivolt pro Zelle einstellen. Eine vorhandene Temperatur Abschaltung sollte bei NiMH Akkus bei rund 45 – 50 °C erfolgen. Genaue Angaben zum Ladestrom und Temperatur findet man meist auf der Homepage des Akku Herstellers. Ein

guter Kompromiss zwischen Leistung und Lebensdauer des Akku ist es, einen Ladestrom von 1C zu wählen. (3300 mAh Akku also mit 3,3 Ampere) Gerade bei Stick Packs bei denen eine Einzelzellenentladung nicht möglich ist empfiehlt es sich jede zehnte Ladung „Normal“ zu laden. Am Ende des Ladevorganges sollten die Zellen ca. 45 – 50 °C warm sein.

Entladen

Nachdem der NiMH Akku leer gefahren wurde sollte er vor dem nächsten Ladezyklus entladen werden, um einen auftretenden Memory Effekt (Kapitel 3.3) zu verringern. Dazu bieten diverse Hersteller Entladeplatinen und Entladegeräte an, die jede Zelle bis auf 1 - 1,1 Volt entladen (einen Pack mit 6 Zellen also auf rund 6,6 V). Es gibt auch Ladegeräte die eine Entladefunktion anbieten. Am besten sind natürlich Entladegeräte, die über einen Entladestrom von mehr als 2 A verfügen da dem Akku im normalen Betrieb ja auch deutlich mehr als 2 A abgefordert werden.

Lagerung

NiMH Akkus sollten Voll-/Teilgeladen gelagert werden. Nach 3-4 Wochen Lagerung sollten die Zellen, ohne sie vorher zu entladen, Normal geladen werden, um der Selbstentladung entgegen zuwirken. In Tabelle 3.1 sind einige Ladeempfehlungen aufgelistet.

Tabelle 3.1: Lade-Empfehlungen

Akku	maximaler Ladestrom	Delta Peak Spannung	Temperaturabschaltung
2000 mAh (NiCd)	3,5 A	8 mV/Zelle	40 °C
2400 mAh (NiCd)	4 A	8 mV/Zelle	40 °C
3300 mAh (NiMH)	4,5 A	5 mV/Zelle	45 °C
3300 mAh (NiMH)	4,5 A	5 mV/Zelle	45 °C
3600 mAh (NiMH)	3,5 A	8 mV/Zelle	45 °C

4 Li Akkus und Ladegeräte

Lithium-Ionen (LiIo) Akkus gibt es seit Mitte der 1960er Jahre und ihre Entwicklung ist stark vorangeschritten. Seit 1990 tauchten die ersten Lithium-Akkus im Modellflug auf, und ihr Siegeszug begann. Besonders Lithium-Polymer (LiPo) Akkus, welche eine Weiterentwicklung des Lithium-Ionen Akkus sind, haben sich mehr und mehr durchgesetzt. Sie zeichnen sich gegenüber NiCd und NiMH durch eine höhere Energiedichte, geringeren Innenwiderstand, eine etwas höhere Spannungslage sowie eine höhere Kapazität aus. Deshalb sind LiPo's auch im Rc Car Sport, in den letzten Jahren immer interessanter geworden.

Der Aufbau eines LiPo's ist in Abbildung 4.1 dargestellt und besteht aus folgenden Bestandteilen.

- Negative Elektrode: Elektronenquelle (beim Entladen des Akkus)
- Positive Elektrode: Nimmt beim Entladen Elektronen auf
- Elektrolyt: Erlaubt den Ionentransport zwischen beiden Elektroden
- Separator: Bindet den Elektrolyten, isoliert die beiden Elektroden voneinander und verhindert so einen Kurzschluss

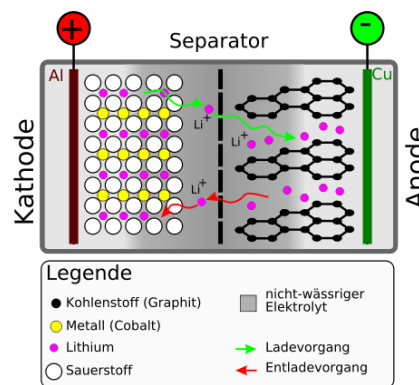


Abbildung 4.1: Aufbau eines Lithium Ionen Akkus

Damit ein Strom fließen kann, muss eine Elektronentransport stattfinden, welche durch den Elektrolyten ermöglicht wird. Der Elektrolyt beeinflusst somit den Innenwiderstand der LiPo Zelle. Je geringer dieser Innenwiderstand ist, desto mehr Ionen und somit desto mehr Strom fließt. Die Leitfähigkeit des Elektrolyten nimmt mit der Temperatur zu, und somit der Innenwiderstand ab. LiPo (und auch NiMH) Akkus sind bei höheren Temperaturen leistungsfähiger, was sich durch einen höheren „Druck“ bemerkbar macht. Im Gegenzug dazu ist die Leistungsfähigkeit bei rund 10 °C eher gering.

Damit könnte man annehmen, dass man einen LiPo nur entsprechend erwärmen muss um die optimale Leistung zu erhalten, das ist leider nicht so, da hohe Temperaturen ebenfalls einen hohen unwiderrufflichen Kapazitätsverlust des Akkus auch wenn sie nicht verwendet werden.

Als kritische Temperatur wird von den meisten Herstellern eine Temperatur von 55 °C angegeben. Deshalb ist darauf zu achten, dass die von den Herstellern angegebene Entladerate (C-Rate) eingehalten wird, da diese eine zu starke Erwärmung des Akkus verhindert. LiPo's sind sehr empfindlich und können durch Überladung sowie Tiefentladung zerstört werden und sich im schlimmsten entzünden. Durch eine falsche Handhabung, oder mechanische Beschädigung besteht also durch aus Brandgefahr. Sollte es zu einem Brand kommen, darf dieser nicht mit Wasser gelöscht werden, da Lithium stark damit reagiert. Stattdessen sollte Sand oder Pulver benutzt werden.

Laden

LiPo Akkus dürfen nur mit einem ausdrücklich für LiPo's geeigneten Ladegerät aufgeladen werden. Es dürfen also keine NiCd oder NiMH Ladegeräte verwendet, da LiPo's nicht auf die unter Kapitel 3.1 erläuterte Delta Peak Abschaltung ansprechen. Bei den geeigneten Ladegeräten muss zunächst der Akkutyp (LiIo/LiPo) sowie der Ladestrom ausgewählt werden. Als Ladestrom wird von den meisten Herstellern ein Wert von 1C angegeben. Je nach Ladegerät, beginnt der Ladevorgang sofort mit dem eingestellten Strom zu laden. Oder er fängt bei 0,1C an und nährt sich kontinuierlich dem eingestellten Ladestrom an.

Je nach Akkutyp besitzen die LiPo's Nennspannungen von 3,6-3,7 Volt je Zelle und eine definierte Ladeschlussspannung zwischen 4,1-4,2 Volt (keine Delta Peak Abschaltung). Diese muss dem Ladegerät mitgeteilt werden damit der Akku nicht überladen wird. In Rc Cars bestehen LiPo Akkus meist aus 2 Zellen welche ähnlich wie bei NiCd und NiMH Akkus mit der Zeit auseinander driften bzw. eine gewissen Streuung unterliegen. Deshalb ist es gerade bei LiPo's notwendig die Zellen anzugleichen, wozu ein Equalizer verwendet wird. Dieser wird zwischen Ladegerät und Akku geschaltet und gleicht die Akkuzellen einander an. Voraussetzung dafür ist ein Sensorkabel am Akku, welches die Überwachung der einzelnen Zellen erlaubt. LiPo's sollten beim laden nie unbeaufsichtigt gelassen werden.

Entladen

Im Gegensatz zu NiCd/NiMH dürfen LiPo's nicht entladen werden, da sich sonst die Gefahr der Zerstörung des Akkus und im schlimmsten Fall eine Selbstentzündung des Akkus auftreten kann. Um dies zu vermeiden sollten spezielle Fahrtenregler (Kapitel 2.6) verwendet werden, welche eine Unterspannungsabschaltung besitzen. Diese schalten bei einer Spannung von 5,6 – 6 V ab und verhindern eine Tiefentladung. Wer keinen neuen Regler kaufen möchte kann auch auf einen „LiPo Saver“ zurückgreifen, welche an den Akku angeschlossen wird, und vor der Tiefentladung warnt. Ähnlich einer Entladeplatine gibt es für LiPo's einen Balancer der dafür sorgt, dass die Einzelzellen nach dem Betrieb beim kontrollierten Entladen spannungsmäßig angeglichen werden. Dieser ist jedoch nur sinnvoll wenn zum laden kein Equalizer verwendet wird.

Lagerung

Da LiPo Akkus keinen Memory Effekt und eine sehr geringe Selbstentladung haben, können Sie ohne spezielle Behandlung auch über einen längeren Zeitraum gelagert werden. Jedoch muss darauf geachtet werden, dass der Akku nicht tiefentladen gelagert wird. Soll der Akku einen längeren Zeitraum (bis zu einem halben Jahr) gelagert werden, empfiehlt es sich diesen mit 50 – 70 % seiner Gesamtkapazität aufzuladen wobei bei der Lagerung eine Temperatur von 20 – 25 °C vorherrschen sollte. Für kürzere Lagerungen (wenige Tage) sollte der Akku noch mindestens 30 % seiner Kapazität haben. Eine Ladung mit 1C Ladestrom für ca. 20 Minuten sollte in diesem Fall ausreichend sein.

5 Ladezeit richtig berechnen

Akkus benötigen für eine optimale Vollladung ca. 20 – 30 % mehr an elektrischer Arbeit als wie sie wieder abgeben können. Ich werde das zur besseren Verständlichkeit in einem Beispiel erklären. Ein Akku hat 1200 mAh, und das Ladegerät liefert einen Strom von 100 mA. Dazu kommt die extra benötigte Energie von 30 % (Ladefaktor 1,3).

Die Benötigte Ladezeit berechnet sich aus:

$$\frac{\text{Kapazität}_{\text{Akku}} \cdot \text{Ladefaktor}}{\text{Ladestrom}_{\text{Ladegerät}}} = \text{Ladezeit} \frac{1200 \text{mAh} \cdot 1,3}{100 \text{mA}} = 15,6 \text{h}$$

Ich werde hier noch zwei weitere kurze Rechenbeispiele anführen:

1) Akku: 1600 mAh, Ladestrom: 180 mA

$$\frac{1600 \text{mAh} \cdot 1,3}{180 \text{mA}} = 11,5 \text{h}$$

Der 1600 mAh Akku benötigt bei einem Ladestrom von 180 mA eine Ladezeit von 11,5 Stunden. Dies entspricht 11 Stunden und 30 Minuten

2) Akku: 2300 mAh, Ladestrom: 500 mA

$$\frac{2300 \text{mAh} \cdot 1,3}{500 \text{mA}} = 5,98 \text{h}$$

Der 2300 mAh Akku benötigt bei einem Ladestrom von 500 mA eine Ladezeit von 5,98 Stunden. Dies entspricht 5 Stunden und 58 Minuten

Eine einfache Lösung die Ladezeit auszurechnen bietet das Programm „Ladezeit“ welches in Kapitel 13.2 „Programm: Ladezeit“ näher beschrieben wird.



Abbildung 5.1: Programm: Ladezeit, näheres dazu in Kapitel 13.2

6 Tuning

Der Begriff Tuning bedeutet im eigentlichen Sinn Feinabstimmung. So dass es in diesem Kapitel nicht nur darum geht mit seinem Rc Car mehr Geschwindigkeit zu erreichen, sondern auch darum es zuverlässiger zumachen. Sie sollten Ihr Fahrzeug der Reihe nach tunen deshalb empfiehlt es sich die hier angegebene Reihenfolge einzuhalten.

6.1 Kugellager

Das wirkungsvollste Tuning ist der Austausch der im Modell befindlichen Gleitlager gegen Kugellager. Kugellager haben einen geringeren Reibungswiderstand und der Antrieb Ihres Fahrzeuges wird dadurch leichtgängiger. Wodurch eine bessere Beschleunigung und eine höhere Endgeschwindigkeit erreicht wird. Für die gängigsten Modelle gibt es komplette Kugellagersets bei denen genau beschrieben ist wo welches Lager einzubauen ist.

6.2 Die Übersetzung

Die Übersetzung ist das Verhältnis von Motorumdrehung zur Umdrehung der Antriebsräder. Die üblichen Angaben von z.b. 1:7 bedeuten also das bei 7 Umdrehungen des Motors, die Antriebsräder eine Umdrehungen ausführen.

6.2.1 Lange und kurze Übersetzung

Man spricht von einer langen Übersetzung wenn das Verhältnis zwischen Motorumdrehung und Radumdrehung gering ist, also z.b. 1:5,3. Bei einer langen Übersetzung ist das Auto zwar nicht mehr so agil, dh. es beschleunigt langsamer aber es erreicht dafür eine höhere Endgeschwindigkeit. Auf Strecken mit langen Geraden und weniger engen Kurven ist es sinnvoller sein Auto lang zu übersetzen.

Eine kurzes Übersetzungsverhältnis ist z.b. 1:8,5 welches bei engen und kurvigen Strecken benutzt wird. Dabei liegt der Fokus auf der Beschleunigung und nicht so sehr auf der Endgeschwindigkeit.

6.2.2 Änderung der Übersetzung

Geändert wird die Übersetzung, indem man die Anzahl der Zähne des Motorritzels oder des Hauptzahnrades ändert. Welche Änderungen eine lange oder kurze Übersetzung herbeiführen ist in Tabelle 6.1 dargestellt.

Tabelle 6.1: Übersetzung

Übersetzung	Verhältnis	Eigenschaften	Wird erreicht durch...
Lange Übersetzung	z.b. 1:5,3	Geringe Beschleunigung Hohe Endgeschwindigkeit	größeres Ritzel kleineres Hauptzahnrad
Kurze Übersetzung	z.b. 1:8,5	Gute Beschleunigung Geringe Endgeschwindigkeit	kleineres Ritzel größeres Hauptzahnrad

Wenn man sich einen neuen Motor mit weniger Wicklungen zulegt sollte eine kürzeres Übersetzungsverhältnis gewählt werden um den neuen Motor nicht zu beschädigen.

Bei der Wahl der richtigen Übersetzung sollte man drauf achten, dass der Motor auf der längsten Geraden vollständig ausdreht. Tut er das nicht, geht vorhandene Leistung verloren und der Motor wird unnötig überhitzt. In diesem Fall sollte eine kürzere Übersetzung gewählt werden. Generell kann man sagen, dass eine zu kurze Übersetzung weniger schädlich für den Motor ist als eine zu lange Übersetzung. Sollte man ein Ritzel oder Hauptzahnrad ändern kann man mit Hilfe meines Programms, welches in Kapitel 13.1 zu finden ist, die neue Übersetzung berechnen.

Zur Berechnung der Übersetzung (Programm in Kapitel 13.1) ist es wichtig die Innere Übersetzung seines Modells zu kennen. Die Innere Übersetzung ist eine Konstante Größe die sich aus dem Übersetzungsverhältnissen des vorderen bzw. des hinteren Differential (Kegel- oder Kugeldifferential) errechnet. Die Innere Übersetzung kann man ausrechnen denn die Standard Übersetzung mit der Angabe des entsprechenden Hauptzahnrades und Ritzels findet man meist in der Anleitung des Rc Cars. Wenn Sie die Innere Übersetzung einmal berechnet haben, sollten Sie diese irgendwo notieren, um sie nicht ständig neu ausrechnen zu müssen.

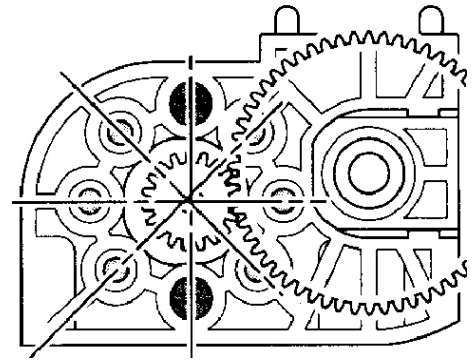


Abbildung 6.1: Übersetzung mit Ritzel und Hauptzahnrad [1]

Abbildung 6.2 zeigt die Übersetzungstabelle eines Tamiya TB-01 in der die möglichen Ritzel und Hauptzahnrad Kombinationen und die daraus resultierende Gesamtübersetzung aufgelistet sind. Wenn man die Übersetzung ändert, sollte man

Ritzel ピニオン Pinion gear	Hauptzahnrad ← ギヤ / Spur gear		
	58T	55T	52T
19T	7.94(A)		
20T	7.54(B)		
21T	7.18(C)		
22T	6.85(D)	6.50(A)	
23T		6.22(B)	
24T		5.96(C)	
25T		5.72(D)	5.41(A)

Abbildung 6.2: Übersetzungstabelle eines Tamiya TB-01

unbedingt bei der ersten Fahrt auf die Temperatur des Motors achten. Wenn die Übersetzung falsch gewählt ist, wird der Motor unter Umständen zu heiß. Der Motor sollte dabei eine maximale Temperatur von 70 °C nicht überschreiten.

Der Antrieb sollte regelmäßig auf Leichtgängigkeit kontrolliert werden, sowie ob alle Zahnräder sauber ineinander greifen. Greifen Zahnräder zu stark ineinander reiben sie zuviel und das macht den Antrieb schwergängiger. Greifen sie zu leicht ineinander könnte es sein das die Zahnräder „durchrutschen“, was wiederum den Kraftschub unterbricht und obendrein nicht besonders gut für das Getriebe ist. Bei Zahnriemenantrieb ist ebenfalls darauf zu achten ,dass der Riemen gut gespannt ist, nicht zu fest, aber auch nicht zu locker.

6.2.3 Modul und Pitch

Eines der wichtigsten Merkmale eines Zahnrades ist das Modul. Es ist definiert als der Quotient des Teilkreisdurchmessers d (in mm) und der Zähnezahl z .

$$m = \frac{d}{z}$$

Ritzel und Hauptzahnrad müssen den gleichen Modul haben

Ein kleines Modul bedeutet, dass sich mehrere Zähne im Eingriff befinden. Dadurch werden die einzelnen Zähne weniger belastet und es kommt zu einer gleichmäßigeren Kraftübertragung mit geringer Reibung der Zahnflanken.

Ein großes Modul ist dagegen unempfindlicher gegenüber Schmutz und Steinchen.

Immer größere Bedeutung findet auch die Verzahnung mit pitch Angaben. Hier verhält es sich so, dass je größer die Zahlenangabe desto feiner ist die Verzahnung. Modul- und pitch Verzahnung sind untereinander nicht kombinierbar. Denn auch wenn die Verzahnung auf den ersten Blick gleich aussieht, kommt es aufgrund von geringen Massabweichungen erhöhter Reibung zwischen den Zähnen und somit zu hohem Verschleiß. In Tabelle 6.2 sind die im Rc Car Bereich üblichen Modul und pitch Angaben aufgelistet.

Tabelle 6.2: Pitch und Modul Verzahnung

Pitch				
	32 dp	48 dp	64 dp	
grob	→			fein
	m 0,8	m 0,6	m 0,4	
Modul				

6.3 Stossdämpfer

Sollte Ihr Modell nur mit Reibungsdämpfern ausgestattet sein sollten Sie diese gegen Öldruckstossdämpfer austauschen. Diese besitzen eine Kolbenstange welche sich in einem Öl bewegt. Die Aufgabe der Stossdämpfer ist es Energie zu vernichten und den Stoss der Aufhängung zu dämpfen. Mehr dazu finden Sie in diesem Handbuch in Kapitel 9 „Fahrwerkseinstellung“.

6.4 Einstellbares Fahrwerk

Um das Fahrwerk besser einstellen zu können bietet der Fachhandel sogenannte Rechts/Links Gewindestangen an. Mit denen lässt sich sowohl die Spur als auch der Sturz sehr schnell und präzise Ver-/Einstellen. Mehr dazu finden Sie in diesem Handbuch in Kapitel 9 „Fahrwerkseinstellung“.

6.5 Reifen

Wer noch mit den Standard Profil Reifen unterwegs ist, sollte auf Slicks wechseln. Glatte Reifen haben weniger Rollreibung und laufen daher ruhiger und auch schneller. Ausserdem verbessern Slicks die Haftung, was ja bei höheren Geschwindigkeiten nicht verkehrt ist. Mehr dazu finden Sie in diesem Handbuch in Kapitel 10 „Reifen die Qual der Wahl“.

6.6 Motor

Um eine schnelle Leistungssteigerung zu erzielen ist es möglich den Motor gegen einen Leistungsstärkeren auszutauschen. Dazu sollten sie im Vorfeld mit den Grundlagen des Elektromotors wie z.B. Gehäusegröße und Turns wie sie in Kapitel 2.8 beschrieben werden vertraut sein. Ebenfalls sollte man darauf achten, dass der verwendete Regler diesen neuen Motor auch verträgt. Mehr dazu finden Sie in diesem Kapitel 2.6.

Günstige Standard Tuning Motoren, mit Wicklungen zwischen 27 und 23 Turn sind z.B. die Carson Motoren *CE-4 Machine*, *Fighter Machine*, *Cup Machine*. Diese nicht zerlegbaren Motoren kosten zwischen 5 und 10 Euro und werden, wenn sie verschließen sind einfach ersetzt. Ein weiterer Vorteil ist, dass diese Motoren schon komplett entstört sind und über Anschlusskabel verfügen. Speziell die *Cup Machine* ist ein Leistungssteigerung gegenüber dem Standard Motor und bietet ein gutes Preis-Leistungs-Verhältnis. Bei dem einfachen und robusten Motor *Cup Machine*, welcher auch in einigen Rennklassen als Motor vorgeschrieben ist, kann die Standardübersetzung zunächst beibehalten werden.

Eine andere Art von Tuning Motoren sind zerlegbare Motoren mit Wicklungen bis zu 6 Turn, wie sie von Herstellern wie LRP, Tamiya und GM angeboten werden. Jedoch sollte hierbei nicht nur auf die Turn Zahl, sondern auch auf deren Bedeutung für das Fahrzeug, den Wartungsaufwand und das Anwendungsgebiet geschaut werden. (vgl. Kapitel 2.8)

6.7 Akku

Damit Sie aus ihrem Rc Car die volle Leistung heraus holen können, sind gute Akkus eine Grundvoraussetzung. Diese sollten eine möglichst hohe Spannungslieferung unter Last aufweisen, denn ist der Akku in der Lage, sehr hohe Ströme an den Motor abzugeben, wird auch ihr Modell schnell(er) sein. Hat ihr Akku auch noch eine grosse Kapazität, wird die Fahrzeit entsprechend verlängert. Mehr dazu finden Sie in Kapitel 3.

6.8 Gewichtsreduzierung

Eine weitere Möglichkeit mehr Leistung zu erzielen ist es, dass Gewicht zu reduzieren. Dazu gibt es im Fachhandel Tuning Parts aus Kohlefaser oder anderem Faserverbundwerkstoffen. Diese haben den Vorteil das sie stabiler und leichter sind als Kunststoff oder Aluminium. Durch die erhöhte stabilität wird Ihr Fahrzeug steifer und ist somit noch besser über die Stossdämpfer abzustimmen. Eine andere Möglichkeit das Gewicht zu reduzieren, ist es Teile des Chassis auszufräsen bzw. wegzulassen.

7 Geschwindigkeit berechnen

Benötigtes Material: Pylonen od. ähnliches, Stoppuhr, Schreibzeug und Taschenrechner.

Vorwort: Geschwindigkeit ist zwar nicht das wichtigste, aber dennoch ist es interessant zu wissen, wie schnell sein Fahrzeug fährt. Nicht jeder kann/will sich ein Geschwindigkeitsmessgerät (Laserpistole) leisten, und daher erkläre ich Ihnen hier kurz, wie Sie die Geschwindigkeit Ihres Wagens trotzdem berechnen können. Sie benötigen eine lange gerade Strecke, auf der Sie Ihr Fahrzeug bewegen können. Übrigens ist es von Vorteil, wenn Sie eine weitere Person zur Seite haben. Messen Sie mit einem Maßband oder Maßstab eine gerade Strecke von beispielsweise 50 Meter ab. Markieren Sie den Anfangs- und den Endpunkt der Gerade mit zwei Pylonen oder ähnlichem. Je länger die Strecke ist, desto genauer ist die Messung. Die Stoppuhr bereit in der Hand, beschleunigen Sie Ihr Fahrzeug mit genügend Anlauf auf die Höchstgeschwindigkeit. Wenn Ihr Wagen den Anfangspunkt der Gerade passiert, starten Sie die Zeitmessung. Wenn Ihr Wagen dann den Endpunkt der Geraden erreicht hat, stoppen Sie die Zeitmessung. Jetzt geht es ans Rechnen. Sie haben jetzt die exakte Wegstrecke und die Zeit, die das Fahrzeug für diese Wegstrecke benötigt hat. Die Formel zur Berechnung von Geschwindigkeiten lautet wie folgt:

$$v_{\text{Geschwindigkeit}} = \frac{s_{\text{Weg}}}{t_{\text{Zeit}}}$$

Beispiel:

Wegstrecke: 50 Meter

Benötigte Zeit: 3,7 Sekunde

$$v = \frac{s}{t} = \frac{50m}{3,7s} = 14,7 \frac{m}{s}$$

Der Wagen fährt also mit 14,70 Meter pro Sekunde. Mit dem kann man jetzt noch nicht viel anfangen, darum rechnen wir das jetzt mal in Kilometer pro Stunde um.

$$v = 14,7 \frac{m}{s} \cdot \frac{60 \cdot 60}{1000} = 52,94 \frac{km}{h}$$

Die Umrechnung ergibt sich daraus, dass eine Minute 60 Sekunden hat, eine Stunde hat 60 Minuten, (60·60). Die Meter werden in Kilometer umgerechnet indem alles durch 1000 geteilt wird. Die Höchstgeschwindigkeit des Wagens beträgt ca. 53km/h. Ein Programm zur Berechnung der theoretischen Geschwindigkeit aus der Motordrehzahl und der Übersetzung finde Sie in Kapitel 13.1.



Abbildung 7.1: Programm: Übersetzung, näheres dazu in Kapitel 13.1

8 Eigenlenkverhalten ermitteln und abstimmen

8.1 Eigenlenkverhalten ermitteln

Damit man das Fahrwerk seines Fahrzeuges in eine Grundabstimmung bringen kann, muss man zuerst das Eigenlenkverhalten des Fahrzeuges kennen. Dieses wird in der KFZ-Industrie mittels Kreisfahrttest ermittelt. Und genau diesen Test kann man auch mit Rc Cars machen.

Dazu benötigen Sie erst mal einen geeigneten Platz, auf dem mittels Pylonen einen kreisförmigen Parcours aufgebaut wird. Nun bewegen Sie das Fahrzeug mit konstanter Geschwindigkeit im Kreis. Beginnend mit langsamer Geschwindigkeit, fahren Sie ein paar Runden und steigern diese danach. Machen Sie immer so weiter, Geschwindigkeit steigern, einige konstante Runden drehen, Geschwindigkeit steigern,..... Ab einer gewissen Geschwindigkeit (z.B.: bei Halbgas) wird Ihr Fahrzeug plötzlich vom neutralen Eigenlenkverhalten in Unter- oder Übersteuern übergehen. Das heißt, es steuert ohne weitere Lenkeinwirkungen des Fahrers, in eine bestimmte Richtung. Denn ab einer bestimmten Geschwindigkeit geht die Haftreibung der Vorder- oder Hinterachse in Gleitreibung über, und die entsprechende Fahrzeugachse bricht aus.

Beim Untersteuern schiebt das Fahrzeug über die Vorderachse (Vorderräder) hinaus, also an die Kreis/Kurvenaußenseite dh. der Kurvenradius wird dadurch größer. Beim Übersteuern drängt die Hinterachse (Hinterräder) an die Kreis/Kurvenaußenseite, dh. der Kurvenradius wird dadurch kleiner.

8.2 Eigenlenkverhalten abstimmen

Um dem Eigenlenkverhalten (Unter- oder Übersteuern) entgegen zu wirken, muss das Fahrwerk abgestimmt werden. Dadurch erzielt man eine bessere Richtungsstabilität und erreicht somit die maximale Kurvengeschwindigkeit.

Das Fahrwerk hat großen Einfluss auf die Kurvenfahrt, da es hierbei zu einer Gewichtsverlagerung aufgrund der Trägheit des Fahrzeuges kommt (Fliehkraft). Wird bei einer Kurvenfahrt zusätzlich gebremst oder beschleunigt ist ein gut eingestelltes Fahrwerk nötig, damit das Fahrzeug auf der Strecke bleibt.

Im Kapitel 11.1.1 wird die Kurventechnik „Langsam-Rein und Schnell-Raus“ beschrieben. Bricht das Fahrzeug in einer auf diese Weise gefahrenen Kurve aus oder untersteuert, ist zu beachten in welchem Kurvenabschnitt dies geschieht. Abbildung 8.1 zeigt eine Kurve in deren ersten Abschnitt gebremst wird, wodurch es zu einer Gewichtsverlagerung auf die Vorderachse kommt. Möchte man nun das Fahrverhalten in diesem Kurvenbereich verändern, sollten zunächst Änderungen an der Vorderachse vorgenommen werden. Im zweiten Kurvenabschnitt wird beschleunigt und es erfolgt eine Gewichtsverlagerung auf die Hinterachse. Soll das Fahrverhalten in diesem Kurvenbereich verändert werden, sollten Änderungen an der Hinterachse durchgeführt werden.

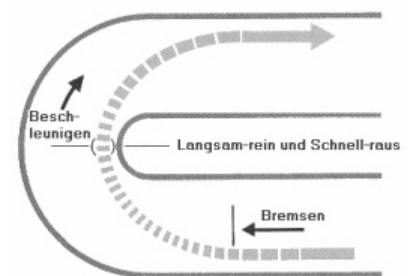


Abbildung 8.1: Zwei Kurvenabschnitte

Da man nicht mehrere Änderungen des Fahrwerk gleichzeitig durchführen sollte, sondern eine Änderung nach der Anderen, kann es eine Weile dauern bis ein gut funktionierendes Fahrwerk gefunden wird. Dabei sind viel Geduld und ein solides Wissen (oder dieses Handbuch) gefragt. Die nachfolgenden Punkte stellen die wichtigsten Anforderungen an ein gutes Fahrwerk dar:

- Hohe Kurvengeschwindigkeiten
- Kontrollierbare Fahreigenschaften im Grenzbereich
- Sicheres Verhalten bei Wechselkurven (Schikanen, S-Kurven,...)
- Ausreichende Richtungsstabilität bei hohen Geschwindigkeiten
- Ausreichende Unempfindlichkeit bei äußeren Einwirkungen (Unebenheiten, Wind,..)
- Gutes Beschleunigungs- und Bremsverhalten

8.3 Untersteuern

Beim Untersteuern schiebt das Fahrzeug über die Vorderachse (Vorderräder) hinaus, also an die Kurvenaußenseite dh. der Kurvenradius wird dadurch größer. Dem Untersteuern wirkt man mit folgenden Maßnahmen entgegen:

- Weichere Reifen an der Vorderachse montieren
- Härtere Reifen an der Hinterachse montieren
- Breitere Reifen an der der Vorderachse montieren
- Schmalere Reifen an der Hinterachse montieren
- Weichere Federn und/oder Dämpfer an der Vorderachse einbauen
- Härtere Federn und/oder Dämpfer an der Hinterachse einbauen
- Negativen Radsturz an den Vorderrädern erhöhen
- Negativen Radsturz an den Hinterrädern reduzieren
- Vorspur an der Vorderachse erhöhen
- Stabilisator an der Hinterachse einbauen oder verstärken
- Gewichtsverteilung ändern, mehr Gewicht auf die Vorderachse verlagern

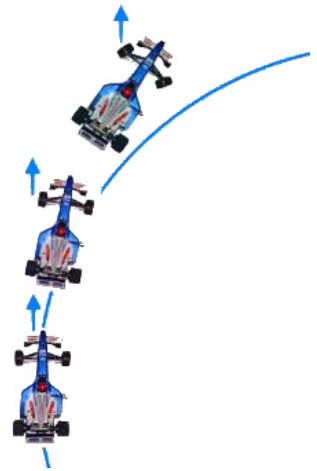


Abbildung 8.2: Untersteuern

8.4 Übersteuern

Beim Übersteuern drängt die Hinterachse (Hinterräder) an die Kreis/Kurvenaußenseite, dh. der Kurvenradius wird dadurch kleiner. Dem Übersteuern wirkt man mit folgenden Maßnahmen entgegen:

- Weichere Reifen an der Hinterachse montieren
- Härtere Reifen an der Vorderachse montieren
- Breitere Reifen an der Hinterachse montieren
- Schmalere Reifen an der Vorderachse montieren
- Weichere Federn und/oder Dämpfer an der Hinterachse einbauen
- Härtere Federn und/oder Dämpfer an der Vorderachse einbauen
- Vorspur an der Vorderachse reduzieren
- Negativer Radsturz an den Vorderrädern reduzieren
- Negativer Radsturz an den Hinterrädern erhöhen
- Stabilisator an der Vorderachse einbauen oder verstärken
- Gewichtsverteilung ändern, mehr Gewicht auf die Hinterachse verlagern

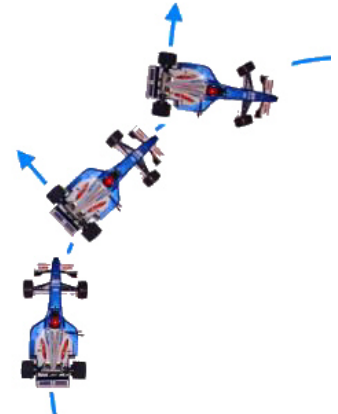


Abbildung 8.3: Übersteuern

Ich möchte noch einmal betonen, dass niemals mehrere Maßnahmen gleichzeitig durchgeführt werden sollten. Immer nur eine Anpassung nach der anderen, dazwischen immer wieder testen. Testen ist ein sehr wichtiger Punkt, ohne ausgiebige Tests kann sich eine Fahrwerkabstimmung sehr negativ auswirken. Jetzt haben Sie eine solide Grundabstimmung hergestellt. Für den Alltagsgebrauch mag diese Abstimmung fast immer passen. Wenn Sie aber an Wettbewerben teilnehmen wollen, kommen weitere Schwierigkeitsfaktoren dazu. Die Bodenbeschaffenheit, Wetter,.... Das Fahrwerk muss stets an die entsprechenden Bedingungen angepasst werden. Ist die Fahrbahn beispielsweise nass, verändert sich die Haftreibung und somit das Eigenlenkverhalten des Wagens. D.h. wieder tüfteln und testen. Mit der Zeit kann man aber eine Art Routine aufbauen, denn die Fahrwerksabstimmung läuft immer wieder nach einem gewissen Schema ab. Aus diesem Grund gibt es so genannte „Setup Sheets“ wo alle Details auf einem Blatt festgehalten werden und jederzeit wieder verwendbar sind ohne dass man alles noch einmal testen muss.

9 Fahrwerkseinstellung

9.1 Gewichtsverteilung auf den Rädern

Je höher die Belastung eines Rades ist, umso höher ist wegen des stärkeren Aufstandsdrucks seine Bodenhaftung. Aus diesem Grunde beeinflusst die Gewichtsverteilung auf Vorder- und Hinterrädern das Handling-Verhalten eines Autos. Im allgemeinen liegt die Gewichtsverteilung zwischen 35:65 (V:H (in Prozent)) und 45:55 (V:H). Einstellen kann man die Gewichtsverteilung durch Verlegung schwerer Bauteile wie des Akkus in die gewünschte Richtung. Die Belastung von Vorder- und Hinterrädern kann



Abbildung 9.1: Gewichtsverteilung

9.2 Schwerpunkt und Rollzentrum

9.2.1 Schwerpunkt

Der Schwerpunkt eines Fahrzeuges stellt dessen Zentrum dar, und sollte von oben betrachtet in der Fahrzeugmitte liegen. Dazu sollten die unter 9.1 beschriebenen Punkte betrachtet und die Radlasten der einzelnen Räder mittels einer Waage vermessen und ggf. vorhandene Unterschiede, zum Beispiel durch zusätzliche Gewichte, ausgeglichen werden. Wichtig ist, dass der Schwerpunkt möglichst tief liegt, d.h. dass schwere Bauteile möglichst weit unten im Chassis verbaut sein sollten, um eine negative Gewichtsverlagerung zu minimieren. Beim Bremsen und Beschleunigen erfolgt bedingt durch die Trägheit des Fahrzeuges eine Gewichtsverlagerung, welche in Kapitel 11.3 genauer beschrieben wird.

9.2.2 Rollzentrum

Das Rollzentrum ist der theoretische Punkt, um den das Fahrzeug bei einer Kurvenfahrt kippen würde. Es ist dabei in erster Linie von der Konstruktion der Achse abhängig und kann nur in geringem Maß beeinflusst werden. Vorderachse und Hinterachse haben bedingt durch ihren unterschiedlichen Aufbau auch verschiedene Rollzentren. Diese beiden Rollzentren können mit einer gedachten Linie verbunden werden und bilden somit eine Rollachse.

Wie stark ein Fahrzeug zum Kippen neigt, ist abhängig vom Abstand des Schwerpunktes zur Rollachse. Im Allgemeinen liegt der Schwerpunkt über dem Rollzentrum, wodurch es zu einer Seitenneigung in Kurven kommt. Je näher der Schwerpunkt an/auf der Rollachse liegt, desto geringer ist das auftretende Moment und somit die Seitenneigung des Fahrzeuges.

Das Rollzentrum lässt sich nicht direkt sehen, sondern wird geometrisch bestimmt, wie in Abbildung 9.2 dargestellt ist. Dabei liegt:

- Linie A parallel zum oberen Querlenker
- Linie B parallel zum unteren Querlenker
- Linie A und B treffen sich in Punkt AB
- Linie C zieht sich vom Mittelpunkt, der Auflagefläche, des Rades zum Punkt AB

- An dem Punkt an dem Linie C, die Fahrzeugmittelpunktachse FM schneidet befindet sich das Rollzentrum RZ

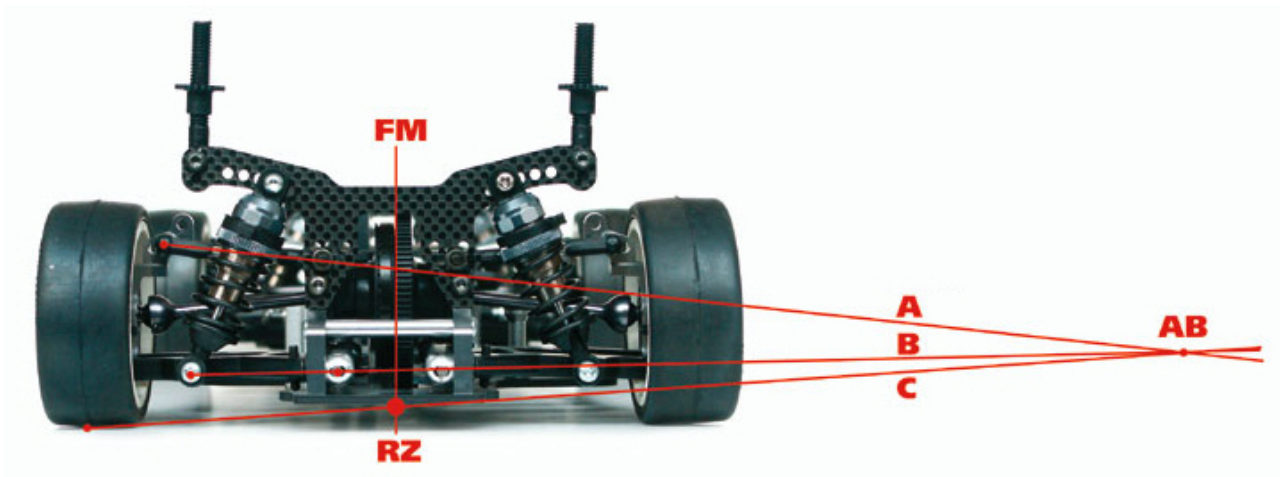


Abbildung 9.2: Rollzentrum [6]

Wie aus der Abbildung 9.2 ersichtlich wird, lässt sich das Rollzentrum über die oberen und unteren Querlenker beeinflussen. Je nach Fahrzeug können dabei größere oder kleinere Änderungen getroffen werden. Für die Querlenker sind an vielen Modellen verschiedene Aufnahmepunkte vorhanden an denen diese befestigt werden können. Dabei können Änderungen an den inneren und äußeren Aufhängungspunkten vorgenommen werden. Immer vorausgesetzt, das Fahrzeug lässt es auch zu. Je nach Fahrzeug haben diese Änderungen mehr oder weniger starke Auswirkungen auf das Fahrverhalten. In Tabelle 9.1 ist aufgelistet wie das Rollzentrum erhöht (und somit dem Schwerpunkt angenähert) oder abgesenkt (und somit vom Schwerpunkt entfernt) werden kann, und welche Auswirkung dies auf die Vorderachse sowie auf die Hinterachse hat. Abbildung 9.3 dient dabei noch einmal zum einfacheren Verständnis.

Tabelle 9.1: Auswirkung des Rollzentrums

	obere Querlenker		unterer Querlenker	Auswirkung auf die Vorderachse	Auswirkung auf die Hinterachse
Rollzentrum absenken	Äußeren Aufhängungspunkt am Radträger absenken	Inneren Aufhängungspunkt an der Dämpferbrücke erhöhen	Inneren Aufhängungspunkt des unteren Querlenkers absenken	Mehr Lenkung beim Beschleunigen Für glatte Strecken mit viel Grip	Mehr Haftung beim Beschleunigen Bessere Traktion
Rollzentrum anheben	Äußeren Aufhängungspunkt am Radträger erhöhen	Inneren Aufhängungspunkt an der Dämpferbrücke absenken	Inneren Aufhängungspunkt des unteren Querlenkers erhöhen	Weniger Lenkung beim Beschleunigen Verringerte Kippneigung Fahrzeug reagiert schneller	Verringerte Kippneigung Fahrzeug reagiert schneller

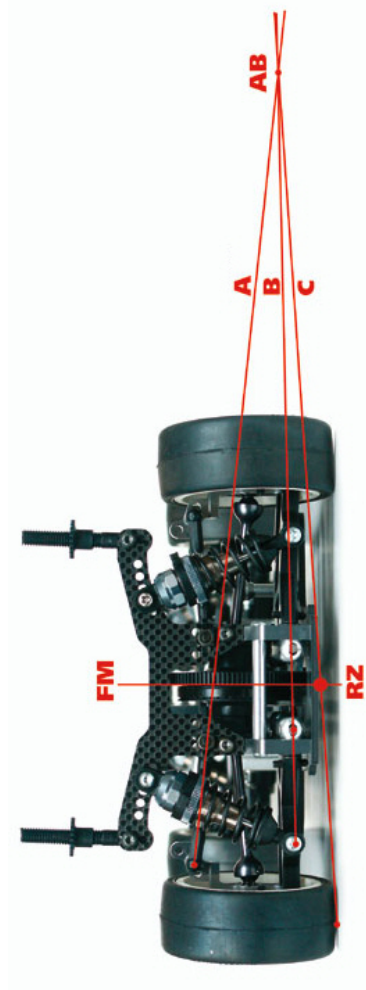


Abbildung 9.3: Rollzentrum [6]

Fahrzeug ist Träger Für glatte Strecken mit hohe Grip Mehr Haftung beim Beschleunigen bessere Traktion

Rollzentrum anheben Äußeren Aufhängungspunkt am Radträger erhöhen Inneren Aufhängungspunkt an der Dämpferbrücke absenken Inneren Aufhängungspunkt des unteren Querlenkers erhöhen Fahrzeug reagier schneller verringerte Kippneigung Fahrzeug reagier schneller verringerte Kippneigung

Wenn sie das Rollzentrum ändern, sollten sie diese Arbeit genau dokumentieren. Dazu gibt es für die meisten Fahrzeuge sogenannte Setup Sheets, in denen Änderungen aufgeschrieben, und nachvollzogen werden können. Änderungen am Rollzentrum wirken sich auch auf den Sturz (vgl. Kapitel 9.9) und die Bodenfreiheit (vgl. Kapitel 9.6) aus. Diese Punkte müssen im nachhinein kontrolliert werden.

9.3 Flügel und Spoiler

Der an vielen Rennwagen angebrachte Flügel verhindert einen Strömungsabriss am Dach des Fahrzeuges, wodurch die Strömung auch über das Heck des Fahrzeuges fließt und somit die Stabilität bei hohen Geschwindigkeiten erhöht. Bei einem funkferngesteuerten Auto wird der hintere Flügel dazu verwendet, die Hinterräder „herabzudrücken“, um damit die Haftung auf der Straße zu verbessern. Da hierdurch der Druck der Hinterräder auf die Straße gegenüber den Vorderrädern erhöht wird, ändert sich das Fahrverhalten hin zu einem Untersteuern. Je schneller der Wagen wird, umso wirkungsvoller wird der Flügel. Das heißt, der Andruck auf die Hinterräder wird größer. Sie können dem Wagen eine ausgezeichnete Kurvenagilität für niedrige Geschwindigkeiten vermitteln und ihm dennoch seine hervorragende Stabilität bei schnell gefahrenen Langstrecken erhalten, je nachdem, wie der Flügel eingestellt wird. Ein derartiger Wagen wird sich bei hoher Geschwindigkeit durch eine gute Straßenlage auszeichnen.

Die Wirkung des Flügels läßt bei flacher Einstellung nach. Je höher der Anstellungswinkel ist, umso höher ist die Kraft nach unten. Leider erhöht sich dann auch der Luftwiderstand und die Schnelligkeit des Wagens nimmt ab. Deshalb muß die Einstellung des Flügels sehr sorgfältig vorgenommen werden. Bei einer guten Einstellung wird eine ideale Lenkbarkeit des Fahrzeuges erreicht.

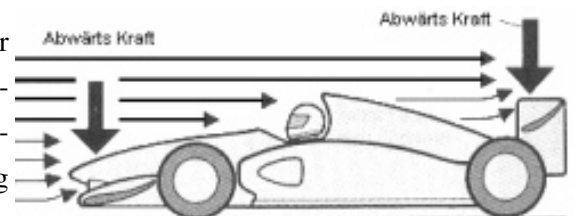


Abbildung 9.4: Spoiler

9.3.1 Ein zu grosser Flügel erhöht den Luftwiderstand

Je größer ein Flügel und sein Anstellungswinkel ist, umso stärker ist die vom Luftstrom während der Fahrt erzeugte Abwärtskraft. Andererseits wird ein zu großer oder zu steil angestellter Flügel mehr Luftwiderstand als wünschenswert erzeugen, wodurch die Fahrgeschwindigkeit des Autos zurückgeht. Die Anordnung eines Flügels/Spoilers hat auch Einfluß auf seine Wirkung. Vorne angebracht erhöht er die Haftung der Vorderräder und umgekehrt.

9.3.2 Die Abwärtskraft ändert sich mit der Fahrgeschwindigkeit

Flügel und Spoiler erzeugen während der Fahrt mehr Abwärts-Kraft, wenn das Auto schneller fährt. Wenn das Auto zum Übersteuern neigt, verwenden sie einen großen, stark angestellten hinteren Flügel. Bei hoher Fahrgeschwindigkeit wird er

mehr Abtriebskraft erzeugen und die Haftung der Hinterräder erhöhen, wodurch ein untersteuerndes Fahrverhalten erreicht werden kann. Geht die Geschwindigkeit zurück, läßt der Effekt des Flügels nach und das Auto nimmt sein ursprüngliches Übersteuerverhalten wieder an.

9.3.3 Den Flügel sicher Befestigen

Wenn ein Flügel mit einer biegsamen Halterung am Fahrgestell befestigt ist, kann das Auto die von ihm erzeugte Abwärtskraft nicht wirkungsvoll nutzen. Die Flügel einiger Autos sind direkt an ihrer Polykarbonat-Karosserie befestigt. In diesem Fall muß die Karosserie selber sehr fest mit dem Chassis verbunden werden.

9.4 Stoßdämpfer und Federn

Eine der wichtigsten Fahrwerkseinstellung stellt das Zusammenspiel aus Stoßdämpfer und Feder dar. Die richtige Kombination der beiden Teile gewährleistet, dass die Räder optimalen Bodenkontakt haben, und somit ein stabiles und kontrolliertes Fahrverhalten sichergestellt wird.



Abbildung 9.5: Montierter Stoßdämpfer mit Feder

9.4.1 Stoßdämpfer

Hätte ein Auto nur Federn und keine Dämpfer würde das Fahrzeug auf dem Asphalt herumspringen. Die Aufgabe der Stoßdämpfer ist es dieses herrumspringen zu dämpfen.

Die im Rc Car Bereich zur Anwendung kommenden Hydraulischen Stoßdämpfer bestehen, wie in Abbildung 9.6 dargestellt, im wesentlichen aus einem an einer Kolbenstange in einem ölbefüllten Zylinder geführten Kolben. Bei axialer Bewegung der Kolbenstange (und damit des Kolbens) gegenüber dem Zylinder muss das Öl durch enge Öffnungen in der sogenannten Kolbenplatte strömen. Durch diesen Widerstand, der dem Öl dabei entgegengebracht wird, erfolgt eine Umwandlung der Bewegungsenergie des Kolbens in Thermischen Energie des Öls. Der Stoßdämpfer nimmt somit die Energie der Feder auf, bevor diese an das Chassis weitergegeben werden kann.

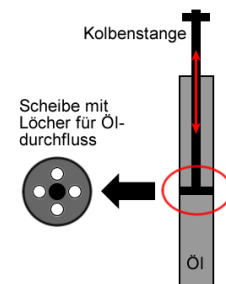


Abbildung 9.6: Funktionsprinzip eines Stoßdämpfers

Im Rc Car Bereich kommen synthetische Öle auf Silikon-Basis zum Einsatz. Der Vorteil dieser Öle gegenüber organischen Ölen, ist ihre Unempfindlichkeit gegenüber Temperaturschwankungen. Dadurch weisen synthetische Öle über ein breites Temperaturspektrum eine konstante Viskosität auf.

Die Dämpfer sorgen zusammen mit den Federn für ein sanftes Abfangen des Wagens. Bei zu harten Federn und zu weichen Dämpfern würde das Auto also springen. Hingegen bei weichen Federn und harten Dämpfern miserabel auf der Strecke

liegen. Es gilt also, ein ausgewogenes Verhältnis zu finden um sicherzustellen, dass die Räder immer einen optimalen Kontakt zum Boden haben.

Dazu kann die Geschwindigkeit mit welcher der Kolben ein- und ausfährt mit Hilfe verschiedene Stoßdämpferöle beeinflusst werden. Damit die Dämpfer z.B. schnell ausfahren, sollte man Dämpferöl verwenden, welches eine niedrige Viskosität besitzt verwenden. Ebenso lassen sich die Stoßdämpfer Eigenschaften über die Anzahl der Löcher in der Kolbenplatte beeinflussen. Wie in Abbildung 9.7 dargestellt bewegt sich eine Kolbenplatte mit mehr Löchern schneller durch das Öl, und wirkt somit weicher als eine Kolbenplatte mit weniger Löchern. Die Eigenschaften der verschiedenen Öle



Abbildung 9.7: Kolbenplatte

sowie Kolbenplatten sind nocheinmal in Tabelle 9.2 dargestellt. Es sollte jedoch immer nur das Öl oder die Kolbenplatte verändert werden um sich langsam an eine optimale Fahrwerkseinstellung heranzutasten.

Tabelle 9.2: Eigenschaften von Öl und Kolbenplatte auf das Fahrwerk

Öl	Eigenschaften	Kolbenplatte
Niedrige Viskosität	Weiches Fahrwerk da ein einfedern zugelassen wird	Kolbenplatte mit vielen Löchern
Hohe Viskosität	Hartes Fahrwerk da das einfedern durch die langsame Bewegung des Dämpfers unterbunden wird.	Kolbenplatte mit wenigen Löchern

Welche Einstellungen Sie treffen müssen um einem Über-/Untersteuern entgegenzuwirken finden Sie in diesem Handbuch in Kapitel 8.

9.4.2 Federn

Es kommen überwiegend Spiraldruckfedern zu Anwendung wie sich in Abbildung 9.8 dargestellt sind. Deren Eigenschaften werden über die Geometrie, also den Drahtdurchmesser, die Länge, die Anzahl der Windungen sowie das Material bestimmt. Die Federn haben einen großen Einfluss auf das Fahrverhalten des Fahrzeuges, da sie je nach Abstimmung eine mehr oder weniger ausgeprägte Gewichtsverteilung zulassen. (vgl. Kapitel 9).



Abbildung 9.8: Federn [1]

Je härter die Federn, desto weniger schaukelt der Wagen in Kurven oder beim Überfahren von Bodenwellen, die Straßenlage verbessert sich deutlich. Die Einstellung der Federhärte hängt eng mit dem Bodenabstand zusammen. Ist der Wagen tief, so sollten auch harte Federn benutzt werden, damit der Unterboden nicht aufsetzt. Allerdings können zu harte Feder dazu führen, dass der Wagen springt und man die Kontrolle über ihn verliert. Bei größerer Bodenfreiheit kann man ruhig weichere Federn einstellen, um einen besseren Bodenkontakt zu erzielen. Da jedoch meist eh auf glatten Asphaltflächen gefahren wird empfiehlt es sich, die Federn ruhig etwas härter einzustellen. In Tabelle 9.3 sind die Eigenschaften harter und weicher Federn aufgelistet.

Tabelle 9.3: Unterschied zwischen Harten und Weichen Federn

Harte Federn	Das Rc Car reagiert schneller auf Lenkbefehle Gut geeignet für enge, sehr griffige Strecken. Das Fahrverhalten wird agiler.
Weiche Federn	Bewirken eine bessere Haftung Geeignet für unebene Strecken mit wenig Haftung. Das Fahrverhalten wirkt träge und die Rollneigung wird erhöht.

Auf einer Achse sollte Links und Rechts immer die selbe Federhärte benutzt werden. Jedoch kann zwischen beiden Achsen variiert werden, also hart vorne - weich hinten oder umgekehrt. Welche Einstellungen Sie treffen müssen um einem Über-/Untersteuern entgegenzuwirken finden Sie in diesem Handbuch in Kapitel 8.

9.4.3 Optimale Einstellung

Ob die Wahl des Dämpfers und der Federn die richtige war, lässt sich überprüfen indem man das fahrfertige Chassis herunterdrückt. Dieses darf nicht ruckartig ausfedern, tut es dies doch, sind das Oel zu weich gewählt oder die Federn zu hart.

9.5 Stoßdämpferposition

Genau so wichtig wie die Stoßdämpfer und die Federn ist die Dämpferposition. Denn die Härte der Dämpfer kann durch die Wahl anderer Befestigungspunkte, an der Dämpferbrücke bzw am unteren Querlenker, zusätzlich beeinflusst werden.

Je steiler, bzw je weiter innen die Dämpfer am unteren Querlenker befestigt werden, desto härter wird die Federung. Die Federkennlinie bleibt über den gesamten Federweg konstant und die Seitenführungskräfte werden geringer.

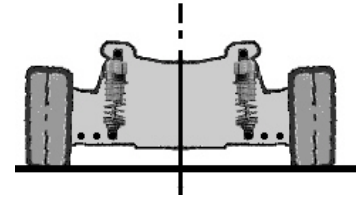


Abbildung 9.9: Dämpferposition: Steil

Je geneigter, bzw je weiter aussen am unteren Querlenker, die Dämpfer befestigt werden, desto weicher wird die Federung. Die Federkraft steigt beim Einfedern stetig an, dh. sie ist anfangs weich und wird immer härter je weiter der Dämpfer einfedert, man spricht von einer progressiven Federung mit mehr Seitenführungskraft.

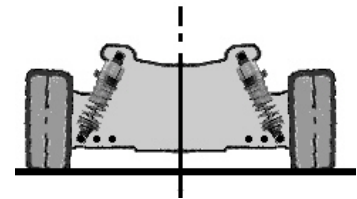


Abbildung 9.10: Dämpferposition: Geneigt

9.6 Bodenfreiheit

Die Bodenfreiheit lässt sich durch der verschiedene Varianten verändern. Die erste Möglichkeit ist die Änderung des Reifendurchmessers wodurch relativ schnell die Bodenfreiheit geändert werden kann. Eine andere Möglichkeit bietet sich an den Stossdämpfern, an denen Clips in C-Form oder eine Einstellmutter eine Anpassung der Bodenfreiheit erlaubt. Diese verändern nicht die Härte der Federn, denn die Federhärte ist durch den Fertigungsprozess der Federn vorgegeben und kann nicht so ohne weiteres verändert werden. Bei manchen Fahrzeugen ist es zusätzlich zu den beiden genannten Methoden möglich die Höhe der Vorder- / Hinterachse durch Unterlegscheiben zu verändern.

Die Einstellung der Bodenfreiheit sollte stets mit fahrfertigem Chassie geschehen (incl Akku). In der Regel reicht es aus das Auto vorn auf 5mm, und hinten auf 5-8mm Bodenfreiheit einzustellen. Die Bodenfreiheit kann man z.B. mit einer Lehre wie sie in [Abbildung 9.11](#) dargestellt ist kontrollieren. Wenn die Strecke keine großen Unebenheiten hat, kann auch weniger Bodenfreiheit eingestellt werden, um den Schwerpunkt des Fahrzeugs niedriger zu legen und so eine höhere Stabilität in Kurven zu erreichen. Es sollte darauf geachtet werden, dass sich im Rennen aufgrund der Geschwindigkeit und der damit verbundenen Abtriebskraft (vgl. [Kapitel 9.3.2](#)) das Chassie noch weiter nach unten gedrückt wird, und somit die Bodenfreiheit reduziert wird.

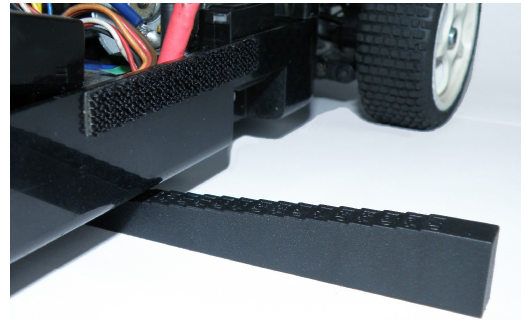


Abbildung 9.11: Lehre zum messen der Bodenfreiheit
(Firma: GM/Graupner)

Dies tritt vorallem bei einer weichen Fahrwerksabstimmung auf und kann dazu führen, dass das Chassis in Kurven aufsetzt. Ungeachtet dessen sollte der Unterschied zwischen Vorder- und Hinterachse nicht mehr als 4mm betragen.

Die Karosserie sollte so auf dem Chassie befestigt werden, dass sie auch beim einfedern nicht an den Reifen oder der Fahrbahn schleift.

Ob die richtige Bodenfreiheit eingestellt ist, lässt sich wie folgt kontrollieren. Zieht mit einem weißen Stift am Unterboden mehrere Striche und fährt nun ungefähr 5 Min auf der Rennstrecke. Sind die weißen Markierung danach nicht mehr sichtbar, ist eure Rc Car zu niedrig eingestellt. Im Idealfall sollten die weißen Markierung leicht abgeschliffen sein.

9.7 Nachlaufwinkel

Der Nachlaufwinkel bezeichnet den Winkel zwischen dem oberen und unteren Befestigungspunkt des vorderen Achsschenkels. Dies entspricht dem Winkel um den der Lenkzapfen aus der vertikalen Position nach hinten geneigt ist. Der Nachlaufwinkel verbessert den Geradeauslauf und bewirkt bei einer Kurvenfahrt eine Sturzänderung (vgl. Kapitel 9.9).

Je größer der Nachlaufwinkel desto ruhiger fährt das Fahrzeug auf der geraden und weist ein stabiles Fahrverhalten auf. Am Kurveneingang verhält sich ein großer Nachlaufwinkel etwas träge, erreicht aber in der Kurvenmitte aufgrund der Sturzänderung der Räder mehr Haftung und somit mehr Lenkwirkung.

Ein kleiner Nachlaufwinkel bewirkt ein schnelles Einlenken des Fahrzeuges und damit verbunden ein aggressiveres Fahrverhalten.

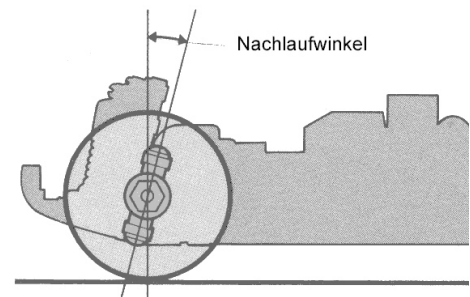


Abbildung 9.12: Nachlaufwinkel

9.8 Spur

Dieser Ausdruck gibt an, ob die Räder beiderseits parallel stehen oder von oben gesehen einen Winkel bilden. Wenn sie leicht nach vorne eingeschlagen sind, nennt man dies Vorspur-, wenn sie nach vorne auseinandergehen, ist das eine Nachspureinstellung. Wenn sie zueinander parallel sind, nennt man dies neutral. Mit Hilfe von Spurstangen welche ein Recht/Links Gewinde besitzen, lässt sich die Spur an der Vorderachse meist ohne Probleme schnell ändern. An der Hinterachse dagegen ist die Spur nur bei manchen Autos einstellbar, meistens ist hier der Austausch von Achsschenkeln etc. erforderlich. Es sollte darauf geachtet werden das sowohl Vor- als auch Nachspur nur in Bereichen zwischen 0° und maximal 3° eingestellt werden sollten, da sich sonst das Handling des Autos verschlechtert. Die Spur lässt sich mit Hilfe von speziellen Lehren überprüfen, oftmals reicht aber auch schon ein eben an das Hinterrad angelegtes Lineal aus, um Auskunft darüber zu geben wie die Spur eingestellt ist. Welche Einstellungen an der Spur durchgeführt werden müssen um ein Über- oder Untersteuern zu beseitigen finden Sie in Kapitel 8.2.

Vorspur:

Durch eine Vorspur der Vorderräder untersteuert das Auto. Dieses Fahrverhalten ist einfacher zu kontrollieren als Übersteuern, da durch Gaswegnahme das Auto wieder eingefangen werden kann. Durch ein Vorspur wird ein guter Geradeauslauf erzielt.

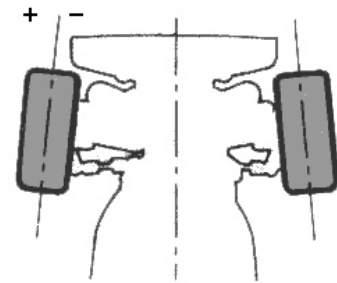


Abbildung 9.13: Vorspur

Nachspur:

Durch eine Nachspur der Vorderräder wird die Haftung der Vorderachse erhöht, und das Fahrzeug lenkt aggressiver in Kurven ein. Dieses Übersteuern ist teilweise schwer zu kontrollieren, da das Rc Car ins schleudern geraten kann.

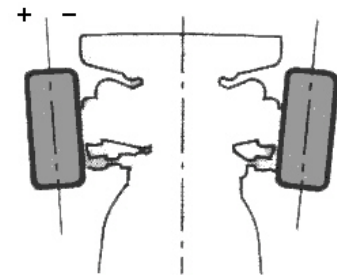


Abbildung 9.14: Nachspur

9.9 Sturz

Der Sturz beschreibt den Winkel, den die Räder bilden, wenn man sie genau von vorne oder hinten anschaut. Wenn sie sich oben nach innen neigen, bilden sie einen negativen Sturzwinkel. Falls sie oben nach außen geneigt sind, haben sie einen positiven Sturzwinkel. Bei Kurvenfahrten verlagert sich das Gewicht des Fahrzeuges, und das kurvenäußere Rad wird stärker belastet als das Kurveninnere. Diese Rad neigt nun dazu, bedingt durch die Fliehkraft und der Achsgeometrie, ein wenig einzuknicken, da das Auto seine momentane Fahrtrichtung beibehalten will. Bei einem neutralen Sturzwinkel von 0° wird die Lauffläche eines Reifens bei einer Kurvenfahrt kleiner. Um diesen Effekt entgegen zu wirken, wird der Sturz so angepasst, dass bei einer Kurvenfahrt die volle Lauffläche des Reifens Kontakt mit der Fahrbahn hat. Um die Haftung bei Kurvenfahrt zu erhöhen ist ein negativer Sturz einzustellen. Der Einfluss des Sturzes ist besonders bei hohen Geschwindigkeiten spürbar, da hierbei höhere Fliehkräfte und somit eine stärkere Belastung des kurvenäußeren Rades auftritt. Ob der Sturz richtig eingestellt ist, erkennt man sehr gut am Verschleiß der Reifen. Laufen beide Vorderräder gleichmäßig über die gesamte Breite des Reifens ab, dann ist alles richtig eingestellt. Laufen die Reifen jedoch stärker auf der Innenseite ab, so ist zu viel negativer Sturz eingestellt. Laufen die Reifen zu stark auf der Außenseite ab, so ist zu viel positiver Sturz eingestellt. In beiden Fällen muss der Sturz korrigiert werden. Welche Einstellungen am Sturz durchgeführt werden müssen um ein Über- oder Untersteuern zu beseitigen finden Sie in Kapitel 8.2.

Negativer Sturz:

Weniger Griff an dieser Achse, aber ein besseres (ruhigeres) Kurvenverhalten. Deshalb fährt man auf Teppich mit recht viel Sturz ($2 - 3^\circ$ vorne und $2 - 5^\circ$ hinten) und auf Asphalt eher wenig Sturz ($1 - 2^\circ$ vorne und $0 - 1^\circ$ hinten). Man sollte es aber nicht übertreiben. Ein zu großer negativer Sturz vorn führt zu übersteuerndem Verhalten.

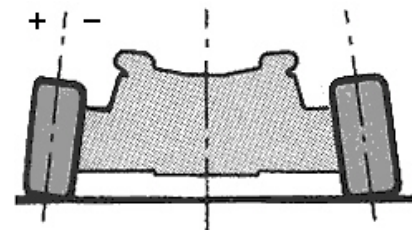


Abbildung 9.15: Negativer Sturz

Neutraler Sturz:

Dies ist meist die Grundlage für eine Änderung der Fahrwerkseinstellung.

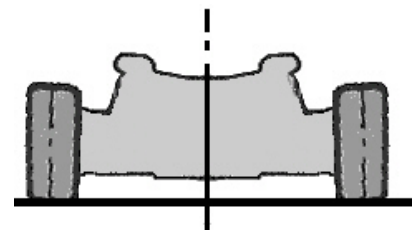


Abbildung 9.16: Neutraler Sturz

Positiver Sturz:

Mehr Griff an dieser Achse aber ein schlechteres Kurvenverhalten. Will man bewusst untersteuerndes Verhalten einstellen, so muss der Sturz der Vorderräder neutral bis leicht positiv sein.

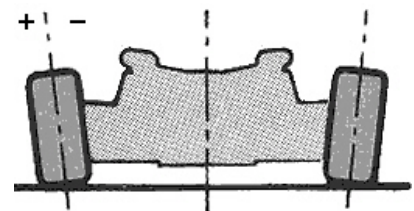


Abbildung 9.17: Positiver Sturz

9.9.1 Sturz einstellen

Um den Sturz einzustellen, können an vielen Fahrzeugen der obere Querlenker in ihrer Position verändert oder in ihrer Länge angepasst werden. Die Länge der Querlenker lässt sich relativ schnell mit Recht/Links Gewinden einstellen. Eine Verkürzung des oberen Querlenkers führt dabei zu einer negativen Sturz Einstellung. Um den Sturz an beiden Achsen exakt einstellen zu können, ist es von Vorteil eine Einstell-Lehre zu benutzen. Eine solche Lehre ist in Abbildung 9.18 dargestellt und ermöglicht es auf der linken und rechten Seite einen identischen Sturz einzustellen. Dabei lässt sich an der Lehre der eingestellte Sturz in einem Bereich von $\pm 10^\circ$ ablesen. Der Sturz lässt sich für einen Hobbyfahrer auch grob mit einem Geodreieck „einstellen“ (ehr abschätzen).

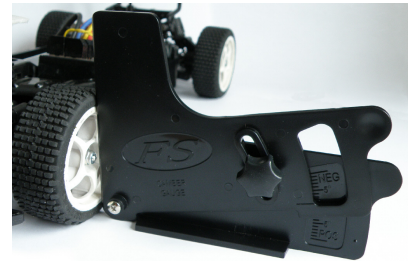


Abbildung 9.18: Lehre zum messen des Sturz (Firma: GM/Graupner)

9.10 Radstand und Spur

Radstand nennt man den Abstand zwischen Vorder- und Hinterachse eines Autos. Unter Spur ist der Abstand zwischen den linken und rechten Rädern zu verstehen. Bei gleicher Spur hat ein Auto mit längerem Radstand den besseren Geradeauslauf aber ein schlechteres Kurvenverhalten. Autos mit verstellbarem Radstand sind nicht üblich, in manchen Fällen ist dies durch Einbau von Distanzstücken oder Austausch von Fahrgestellteilen usw. möglich. Die Spur kann durch den Einsatz breiterer oder schmalerer Räder verändert werden, wobei Sie jedoch darauf achten sollten, daß die Räder nicht an der Karosserie schleifen.

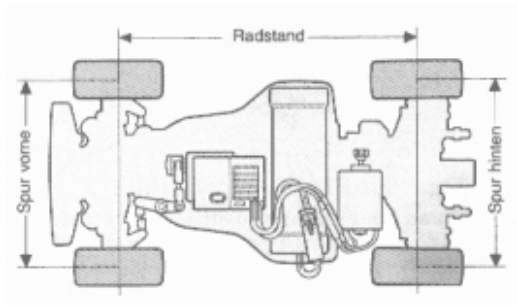


Abbildung 9.19: Radstand und Spur

9.11 Getriebe

Fährt ein Auto eine Kurve, ist die Strecke, welche die inneren Räder zurücklegen, kleiner als die der äußeren. Das Differentialgetriebe sorgt für ein besseres Kurvenverhalten, indem es diese Unterschiede mittels Drehzahlveränderung jeden Rades ausgleicht. Ohne Differential neigt ein Auto dazu, größere Bögen zu fahren oder Kurven unsauber zu nehmen.

9.11.1 Kegelrad Differential

Dieses Differentialsystem wird sowohl in richtigen Fahrzeugen als auch in Rc Cars eingesetzt. Bei Geradeausfahrt, wenn außerdem linke und rechte Räder auf dem Boden sind, arbeitet das Differential nicht, sondern die Motorleistung wird gleichmäßig auf beide Räder übertragen. Bei Kurvenfahrt drehen sich die Kegelräder im Differential entsprechend dem Weg der linken und rechten Räder und gleichen so deren Drehzahlunterschied aus. Ein Nachteil dieses Systems ist die Tatsache, dass wenn ein Rad auf den Bodenkontakt verliert, die Leistung nur verwendet wird, dieses Rad zu drehen, wogegen das Rad, das noch Bodenhaftung hat, stehen bleibt, wodurch der gesamte Vortrieb für das Auto verloren geht.

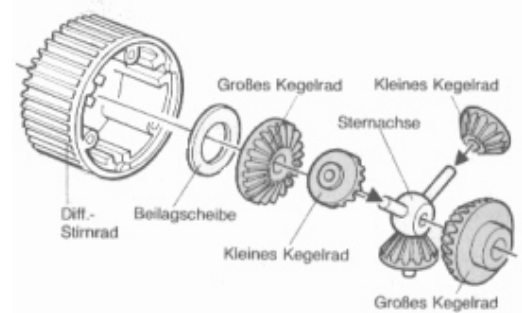


Abbildung 9.20: Kegeldifferential

9.11.2 Kugeldifferential

Dies ist ein ausschließlich in Rc-Cars verwendetes Differentialsystem. Ein Kugeldifferential besteht aus Metallkugeln, die zwischen zwei Druckplatten eingepackt sind. Diese Kugeln arbeiten wie kleine Kegelräder in einem Zahnradifferential und gleichen den Drehzahlunterschied zwischen den rechten und den linken Rädern bei Kurvenfahrt aus. Selbst wenn ein Rad den Boden verläßt, wird durch die Reibung, welche der Druck auf die Kugeln verursacht, immer noch in gewissem Ausmaß Leistung zu dem auf dem Boden stehenden Rad übertragen, so daß der völlige Verlust an Vortriebskraft vermieden wird. Der Druck zwischen den Kugeln und den Druckplatten kann durch anziehen einer Schraube und Zugabe von Distanzstücken oder Beilagscheiben etc. eingestellt werden. Zu geringer Anpreßdruck führt zum Durchrutschen der Kugeln, so daß keine Leistung an die Räder gelangt.

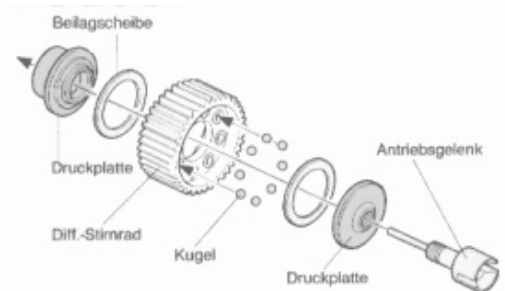


Abbildung 9.21: Kugeldifferential

9.12 Freilaufdifferentiale

Die Hinterachse fährt in einer Kurve weiter innen als die Vorderachse, so dass die vorderen Räder sich schneller drehen als die hinteren. In einem über Gelenkwellen getriebenen Allradauto sind Vorder- und Hinterachse über eine Antriebswelle verbunden, der Drehzahlunterschied verursacht eine Verspannung dieser Antriebswelle. Freilaufdifferentiale wurden entwickelt, dieses Problem zu beheben. Ein Freilaufdifferential ersetzt das vordere Differenzial und koppelt den Antrieb der Vorderräder aus, sobald die Drehzahl kleiner wird (bei Gaswegnahme). So dass die Vorderräder ohne Antrieb frei laufen. Das hat sowohl Vorteile als auch Nachteile.

Vorteile:

Das Untersteuern beim 4 WD Fahrzeug wird vermieden und eine höhere Kurvengeschwindigkeit erreicht, da der Freilauf die Vorderräder in der Kurve nicht Beschleunigt und somit die Räder ungleich schnell drehen können. Desweiteren hat man mehr Beschleunigung aus der Kurve raus, da der Freilauf sperrt und dann wie eine Starrachse wirkt. Damit kann man die meisten Strecken (ohne sehr Enge Wenden) zügiger und gleichmäßiger durchfahren.

Nachteil:

Man kann nicht mehr bremsen, da die Bremse nur noch auf der Hinterachse wirkt und die hinteren Räder dann blockieren, da die Vorderräder ja frei laufen können. Dies führt meist zu einem Dreher. Also ist ein Freilauf für Parkplatzfahrer wo eine Bremse gute Dienste leistet keine gute Lösung, da das Auto nur noch auf der Hinterachse gebremst wird. Allerdings ist es für Wettbewerbsfahrer ein Muss da es für Sie mehr Vorteile bringt.

10 Reifen, die Qual der Wahl

Die Reifen sind eine sehr wichtige Komponente, die einiges zum Fahrverhalten eines Fahrzeuges beiträgt. Denn der Reifen bildet das Bindeglied zwischen dem Fahrzeug und der Fahrbahn. Es gibt zwei grundlegende Arten von Rc Car Reifen. Zum einen den Hohlkammerreifen welche aus einer Gummigemisch hergestellt wird und zum anderen einen Vollreifen aus Moosgummi. Beide Arten von Reifen werden generell mit der Felge verklebt um ein abrutschen des Reifens von der Felge zu vermeiden.

10.1 Hohlkammerreifen

Hohlkammerreifen sind meist Standardausrüstung (Baukasten) eines Fahrzeuges. Diese Art von Reifen eignen sich für Hobbyfahrer, aber auch für Renneinsätze. Man unterscheidet hier zwischen „Belted“ und „Non Belted“ Reifen. „Belted“ Reifen haben auf der Innenseite der Lauffläche eine Gewebereinlage, die dem Reifen eine bessere Stabilität verleiht und auch das Aufblähen bei hohen Drehzahlen vermeidet. „Non Belted“ Reifen haben keinerlei Verstärkungen im Gummi eingearbeitet und neigen daher zur Instabilität, sprich Verformung. Dieser Verformung kann aber mittels „Belt Tape“ entgegengewirkt werden.



Abbildung 10.1: Slicks



Abbildung 10.2: Profilreifen

Die Reifen lassen sich desweiteren nach ihrer Oberfläche einordnen. Reifen mit glatter Oberfläche werden „Slicks“ (Abbildung 10.1) genannt, und Reifen die eine profilierte Oberfläche aufweisen nennt man „Profilreifen“ (Abbildung 10.2). Slicks haben den Vorteil, dass sie mehr Auflagefläche aufweisen und so auf geeignetem Untergrund für mehr Haftung sorgen. Ein weiterer Vorteil ist die geringere Gleitreibung des Reifens, die den Kraftaufwand und den Stromverbrauch senken könnte. Slicks sind jedoch nur auf sauberem Untergrund zu empfehlen (Halle, permanente Strecke), denn Staub und sonstige Verunreinigungen bilden unter dem Slick eine Art Gleit-Polster (vergleichbar mit Kieselsteinen unter einem 1:1 Autoreifen). Für staubige Bodenbeschaffenheiten eignet sich ein Profilreifen. Dieser kann durch seine Längsrillen den Staub absorbieren und sorgt somit für optimale Bodenhaftung. Natürlich ist auch der Härtegrad des Reifens ausschlaggebend. Es gibt dafür zwei einfache Grundregeln:

Je wärmer der Asphalt, desto härter der Reifen und umgekehrt.

Je rutschiger der Untergrund, desto weicher der Reifen und umgekehrt.

Der Härtegrad des gesamten Reifens wird durch eine Reifeneinlage bestimmt. Diese Reifeneinlagen sind in verschiedenen Härten erhältlich und sollten auf die Rennstrecke abgestimmt werden. Zum Abschluss des Hohlkammerreifens noch ein kurzer Beitrag zum Thema Reifenbreite. Bevorzugt werden Reifen mit einer Breite von 25mm bis 27mm verwendet. Ausnahmen sind vor allem 2WD-Fahrzeuge, diese haben an der Hinterachse meist breitere Reifen (30mm) aufgezogen, um mehr Haftung auf die antreibenden Hinterräder zu bekommen. Grundsätzlich ist es aber so, dass schmalere Reifen schneller warm werden und so für konstante Bodenhaftung sorgen.

10.2 Moosgummireifen

Der Vorteil eines solchen Reifens liegt darin, dass er leicht ist aber dennoch die ganze Auflagefläche zur Verfügung hat. Mit seiner geschäumten Oberfläche krallt sich dieser Reifen am Untergrund fest und sorgt somit für eine gute Haftung. Nachdem die Moosgummireifen auf den speziellen Felgen verklebt sind, wird jeder Reifen auf einer Art Drehbank angeschliffen um den Rundlauf der Läuflfläche zu optimieren. Auf einer sauberen Strecke wird Staub durch die Vielzahl der kleinen Poren absorbiert und das Haftvermögen bleibt erhalten, liegt allerdings zuviel Staub auf der Strecke, setzen sich die Poren zu, und der Reifen verliert an Haftung. Bei nasser Fahrbahn, sind Moosgummi Reifen nahezu nicht zu gebrauchen, da der Reifen das Wasser aufsaugt. Der Härtegrad wird in „Shore“ angegeben. Je höher die Shore-Zahl ist, desto härter ist der Reifen und umgekehrt. Was den Untergrund betrifft, gelten auch hier die beiden Regeln:

Harte Reifenmischung = bei hohen Temperaturen.

Weiche Reifenmischung = bei niedrigen Temperaturen.



Abbildung 10.3: Moosgummi Reifen

10.3 Reifeneinlagen

Um eine bessere Haftung des Reifens zu erzielen werden bei Hohlkammerreifen Einlagen aus Schaumstoff oder speziell geformten weichen Polyurethanschaum eingesetzt. Diese Einlagen wirken wie der Luftdruck bei einem richtigen Auto und sorgt für ein besseres gleichmässigeres "Verhältnis" zwischen der Fahrbahn und dem Reifen. Die Art und Beschaffenheit der Reifeneinlage hat entscheidenden Einfluss auf die Gesamtperformance des Reifens. Je weicher die verwendete Reifeneinlage, desto besser ist die Bodenhaftung auf der Strecke, desto höher ist allerdings auch der Verschleiß des Reifens. Mit drei Sorten an Einlagen kommt man sehr gut aus.

Weiche Einlage: Diese sollte man auf rutschigem Teppich oder rutschigem Asphalt probieren.

Mittelhart: Sie sind fast immer auf Teppich und griffigem Asphalt die erste Wahl.

Harte Einlagen: Diese sind manchmal an der Vorderachse sehr gut, weil sie ein präziseres Lenken ermöglichen.

Ein guter Trick bei der Suche nach dem richtigen Reifen ist es, die Reifen von vorne nach hinten zu wechseln, wenn das Auto sehr stark unter- bzw. übersteuert. Wer es nicht glaubt sollte es mal ausprobieren.

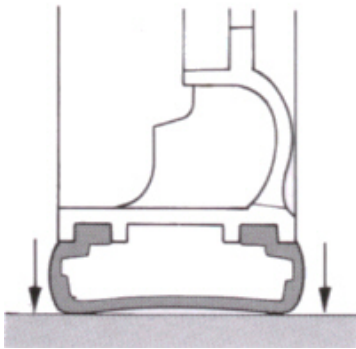


Abbildung 10.4: Ohne Reifeneinlagen

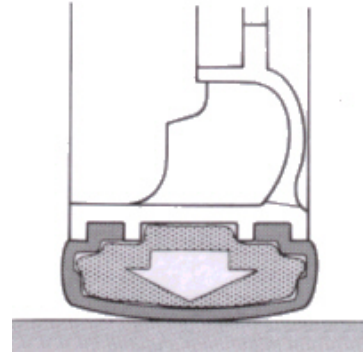


Abbildung 10.5: Mit Reifeneinlagen

10.4 Reifen von der Felge lösen

Manchmal ist es so dass man Reifen kauft die schon verklebt sind aber keine Einlagen haben, man könnte sie ohne fahren, aber dies hat den Nachteil dass das Fahrverhalten schlecht ist und die Reifen sich unnötig abnutzen. Also müssen da Einlagen rein, aber wie ? Es gibt mehrere Möglichkeiten den Reifen von der Felge zubekommen. Eine wäre Aceton, man legt den Reifen, samt Felge in eine Behälter der Aceton beinhaltet. Dies hat aber den Nachteil, dass der Reifen sich auflöst, bzw. kaputt geht. Diese Möglichkeit kann man also nur anwenden wenn man den Reifen so oder so wegschmeißen wollte. Es sollte auch ausprobiert werden ob die Felge das aushält, also einen Tropfen Aceton auf die Felge tropfen und kontrollieren was passiert. Man kann die Felgen samt Reifen auch in kochendes Wasser halten, dabei löst sich der Kleber auf, allerdings hat das bei mir noch nie funktioniert und ich bezweifle, dass das gut für Reifen und Felge ist. Die in meinen Augen beste Möglichkeit ist ein scharfes spitzes Messer, mit dem man vorsichtig in den Spalt zwischen Felge und Reifen schneidet, und so beides voneinander trennt. Dies verlangt zwar etwas Geduld und dauert auch ein weilchen, aber als Modellbauer sollte man das hinbekommen.

11 Fahren auf der Rennstrecke

Das Fahren eines Rc Cars auf freier Fläche, z.B. auf einem Parkplatz, ist das Eine, aber Fahren auf einer Rennstrecke ist etwas völlig Anderes. Selbst wenn es nicht darum geht der Sieger zu sein und man völlig alleine fährt, wird das Fahren auf einer Rennstrecke das Fahrkönnen des Fahrers beträchtlich erhöhen. Zusätzlich können Sie an einer Rennstrecke die Techniken studieren, welche erfahrene Piloten mit hochgezüchteten Autos anwenden. Als kleine Einführung sollen die folgenden Punkte dienen, die aber auch auf dem Parkplatz gefahren werden können/sollten.

11.1 Die Kurventechniken

Um einen Wagen geradeaus zu steuern, bedarf es keiner besonderen Fähigkeiten. Der Antrieb des Wagens wird durch seine eigene Leistung begrenzt. Jedoch in Kurven bestimmt die Geschicklichkeit des Fahrers ganz entscheidend das Ergebnis. Und dies selbst bei Wagen, welche die gleiche Leistung entwickeln. Besonders bei Hochgeschwindigkeitsrennen wird die Kurventechnik zu einem der entscheidenden Faktoren. Wenn man sich mit dem Wagen vertraut gemacht hat, sollte man versuchen, saubere, schnelle und gleichmäßige Kurven zu fahren. „Langsam-Rein und Schnell-Raus“ mit dieser Regel liegt man bei der Steuerung in Kurven goldrichtig. Und weiter unten in Kapitel 11.1.2 „Raus-Rein-Raus“ wird man sehen, wie man einen Wagen lenken muß. Kurz gesagt, sollte der Fahrer also die Geschwindigkeit nach der Devise „Langsam-Rein und Schnell-Raus“ kontrollieren und gleichzeitig den Wagen nach der „Raus-Rein-Raus“-Regel lenken.

11.1.1 Langsam-Rein und Schnell-Raus

Die Technik besteht darin, vor dem Hineinfahren in eine Kurve, die Geschwindigkeit zu drosseln und sie nach dem Kurveninnenbogen wieder zu erhöhen. Wenn man in eine Kurve hineinfährt ohne die Geschwindigkeit zu vermindern, wird der Wagen vor dem Ende der Kurve instabil reagieren. Die Geschwindigkeit muß verringert werden. Im Ergebnis ist das „Langsam-Rein und Schnell-Raus“ die schnellste Methode, um Kurven zu fahren.

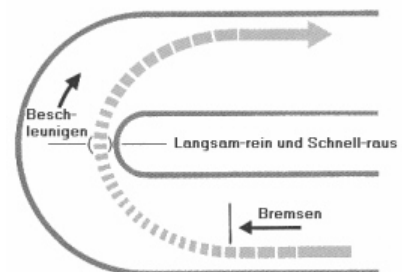


Abbildung 11.1: Langsam-Rein und Schnell-Raus

11.1.2 Raus-Rein-Raus

Wie in Abbildung 11.2 illustriert, ist das eine Methode, nach der man die Kurve von einer Linie am äußeren Rand der Kurve her ansteuert und dann nach innen zieht. Der Wagen wird dann dem Wendepunkt am nächsten kommen und auf der Linie am äußeren Rand am Ende der Kurve weiterfahren. Auf diese Art und Weise nimmt der Wagen die Kurve auf einem Wendekreis mit dem größten Durchmesser. Und indem der Wagen die volle Breite der Kurve nutzt, wird sie entschärft. Deshalb wird der Wagen in die Lage versetzt, sie schneller zu nehmen. Dies ist selbstverständlich in jedem Autorennen am Bildschirm zu erkennen. Selbst die aktuellen Autosimulationen am PC oder der Konsole können dazu dienen, dies zu simulieren.

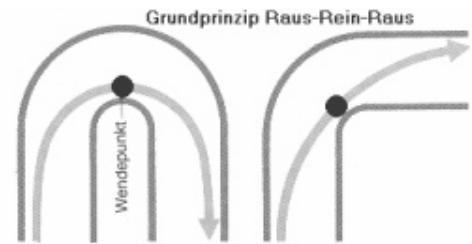


Abbildung 11.2: Raus Rein Raus

11.1.3 Den Wendepunkt nach dem Kurvenscheitel setzen

Eigentlich ist es noch vorteilhafter, wenn man den Wendepunkt etwas hinter den Kurvenscheitel legt, weil man dadurch den letzten Teil der Kurve noch schneller nehmen kann. Der Wagen kann zu Beginn der dann folgenden Geraden noch stärker beschleunigt werden, obwohl der Anfang der Kurve etwas schärfer genommen werden muß. Fahrzeuge mit einem Freilauf dürften hier Vorteile haben, da der Freilauf beim Beschleunigen sperrt.

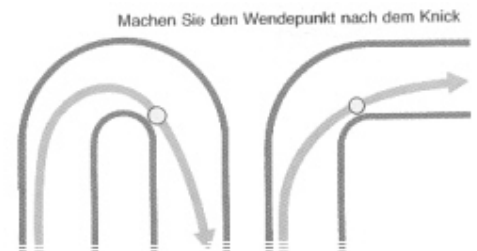


Abbildung 11.3: Wendepunkt nach dem Kurvenscheitel

11.1.4 Beschleunigen in der zweiten Kurvenhälfte ist wichtig

Die beiden Techniken „Langsam-Rein und Schnell-Raus“ und „Raus-Rein-Raus“ legen mehr Wert auf die Spritzigkeit des Wagens in der zweiten Hälfte der Kurve als in der ersten und wurden aus diesem Grund entwickelt. Dies hat etwas mit der Beschleunigung eines Wagens zu tun. Das heißt, ein Wagen, der in der zweiten Hälfte einer Kurve seine Geschwindigkeit schneller steigern kann als andere Wagen, kann leicht die Führung auf der vorausliegenden Geraden übernehmen. Voraussetzung ist natürlich eine gleiche Belastung der Wagen und eine gleiche Höchstgeschwindigkeit. Diese Grundregel gilt für alle Kurven mit Ausnahme der weitläufigen Kurven, in denen man die Geschwindigkeit gar nicht verändern brauchen.

11.1.5 In einer Schikane ist die letzte Kurve die Wichtigste

Bei hintereinanderliegenden Kurven ist die letzte Kurve die wichtigste. Man sollte das Fahrzeug auf einer Straße mit aufeinanderfolgenden Biegungen so steuern, daß er die leichteste Wendung an der letzten Kurve machen kann. Auf diese Weise kann man beschleunigen, sobald man wieder auf der Geraden angekommen ist.

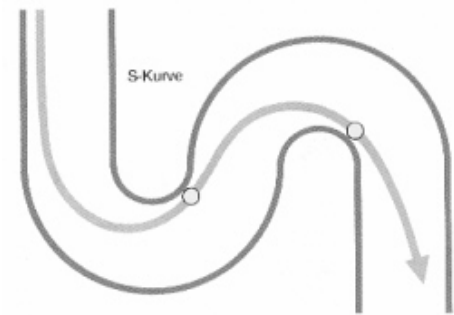


Abbildung 11.4: Hintereinanderliegende Kurven

11.1.6 Komplizierte Kurven wie eine Kurve betrachten

Man sollte komplizierte Kurven als eine geschlossene Einheit betrachten. Durch eine komplizierte Kombination von Kurven mit verschiedenen Durchmessern kommt man am besten durch, wenn man sie wie eine einzelne, komplexe Kurve betrachtet und sie entsprechend ansteuert. So ist es möglich selbst aufeinanderfolgenden Kurven mit dazwischen liegenden geraden Streckenteilen, elegant zu nehmen.

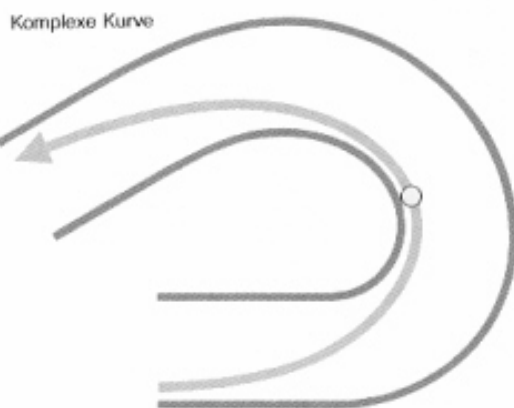


Abbildung 11.5: Komplexe Kurve

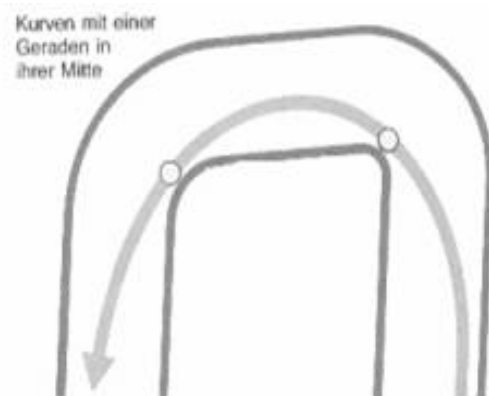


Abbildung 11.6: Kurve mit geraden Streckenanteil

11.1.7 Leichte Kurven an der Innenseite befahren

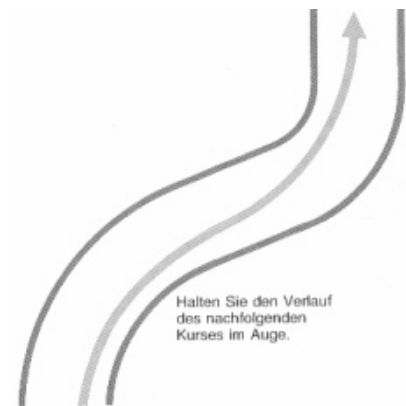
Auch wenn grundsätzlich die Regeln „Langsam-Rein, Schnell-Raus“ und „Raus-Rein-Raus“ für Kurvenfahren gelten, so gibt es doch, wenn die Kurve leicht genug ist, wenig oder keinen Anlaß, die Geschwindigkeit stark zurückzunehmen. Verständlicherweise bringt es Vorteile, die Kurve nach Möglichkeit an der Innenseite zu befahren.

11.1.8 Gesamtverlauf des Kurses

Auch wenn es eine ganze Reihe von Tips gibt, wie bestimmte Kurven zu nehmen sind, ist eine Rennstrecke doch eine Folge von Geraden und Kurven. Es ist daher wichtig, den gesamten Verlauf der Rennstrecke zu beachten und sich eine zügige Fahrspur über die gesamte Runde zurechtzulegen. Wiederholen Sie Ihre Übungsrounden und versuchen Sie dabei verschiedene Ideallinie, um die beste zu finden. Das Unterbieten der eigenen Rundenzeit bei Versuchsfahrten ist eines der größten Erfolgserlebnisse beim Rc Car Racing.

11.1.9 Bei höherer Leistung muss die gefahrene Linie geändert werden

Wenn ihr Auto eine bessere Höchstgeschwindigkeit erzielt, zum Beispiel weil Sie einen stärkeren Motor eingebaut haben, ist am Kurveneingang stärkeres Abbremsen erforderlich. Nicht nur die Geschwindigkeit, auch das Handling, die Reifenhaftung usw. bestimmen die Linie, die das Auto fahren sollte.



11.2 Fortschrittliche Kurventechniken

Nicht alleine mit Lenken, sondern durch zusätzliche Kombination mit der Gassteuerung, lassen sich verschiedene Kurventechniken erzielen. Üben und perfektionieren Sie dies für wesentlich schnellere und zügigere Kurvenfahrten.

11.2.1 Vierrad Drift

Diese Technik wird durch Übersteuern beim Anbremsen zu Beginn der Kurvenfahrt eingeleitet. Wenn die Hinterräder nachaußen zu rutschen beginnen und die Nase zum Kurveninnenrand hinzeigt, stellen Sie die Lenkung gerade und geben Gas. Das Auto wird die Kurve auf allen vier Rädern schiebend nehmen. Diese Technik ist für heck- und allradgetriebene Rc Cars geeignet.

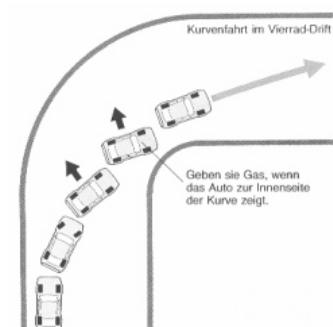


Abbildung 11.7: Vierrad Drift

11.2.2 Anreissen

Diese Technik ist ausschließlich für Autos mit Vorderradantrieb. Fahren Sie gerade auf die Kurve zu, nehmen das Gas weg und lenken gleichzeitig scharf in die Kurve. Das Auto wird ziemlich plötzlich die Richtung ändern. Richten Sie es gerade und beschleunigen aus der Kurve hinaus.

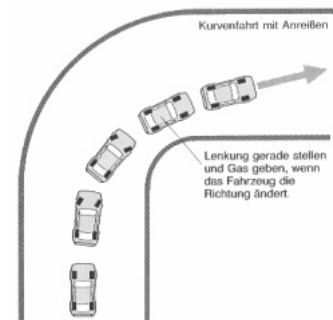


Abbildung 11.8: Anreissen

11.2.3 Gegenlenken

Der Ausdruck bedeutet, die Räder entgegengesetzt dem Kurvenverlauf einzuschlagen. Wenn ein Auto zu schnell in eine Kurve einfährt, können die Hinterräder ausbrechen, was zu einem Dreher führt. Um diesen zu verhindern, lenkt man in die Schleuderrichtung. Diese Technik wird verwendet, um einen Dreher des Autos zu vermeiden, nicht zur Erhöhung der Kurvengeschwindigkeit.

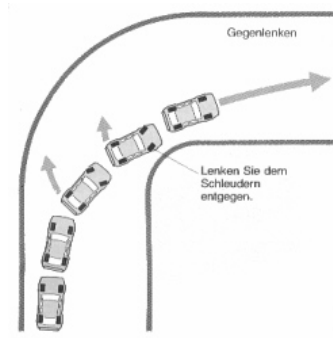


Abbildung 11.9: Gegenlenken

11.3 Gewichtsverlagerung bei Kurvenfahrten

Solange das Auto mit konstanter Geschwindigkeit fährt, entspricht seine Gewichtsverteilung auf Vorder- und Hinterräder einem festen Verhältnis. Beim Bremsen ergibt sich infolge der Massenträgheit eine höhere Belastung der Vorderachse, wodurch die Lenkung schärfer reagiert. Das Gegenteil davon passiert beim Beschleunigen, wo sich die Belastung der Hinterräder erhöht und damit das Ansprechen der Lenkung verringert. Sowohl der Vierrad-Drift (Kapitel 11.2.1) als auch das Anreissen (Kapitel 11.2.2) arbeiten mit dieser Gewichtsverlagerung um das gewünschte Kurvenverhalten zu erzeugen.

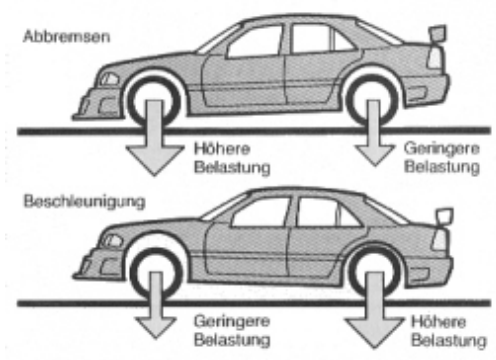


Abbildung 11.10: Gewichtsverlagerung

11.4 Der Start

Das Ergebnis des Rennens hängt manchmal ganz vom Start ab, obwohl ein schneller Start nicht immer von Vorteil ist. Auf der Strecke zwischen dem Start und der ersten Kurve ereignen sich häufig die meisten Unfälle, weil die Teilnehmer des Rennens zu eng aufeinander fahren. Entscheiden Sie je nach den Fahreigenschaften Ihres Wagens, der Auslegung der Strecke usw., wie Sie starten wollen.

11.5 Besetzen und halten der Ideallinie in einer Kurve

Wenn Sie in der Kurve mit einem Gegner kämpfen, besetzen Sie am besten die innere Fahrspur und behaltet diese, um in Führung zu bleiben. Nur wenn Ihr Auto eine höhere Höchstgeschwindigkeit als das des anderen hat, können Sie außen vorbeifahren. Was jedoch eine Menge an Fahrerischen Können voraussetzt. Zu frühes Einnehmen der inneren Fahrspur kann zum hinausschießen aus der Kurve, und somit zum Zeitverlust führen. Während es Sie an den Fahrbahnrand hinausträgt, fährt der Gegner locker innen vorbei. Um das zu vermeiden, klammern Sie sich an die Innenseite und zwingen Ihren Gegner, seine Beschleunigung zu verzögern. Das Besetzen und Halten der Ideal-linie in der Kurve ist das A und O, um in der Kurve die Führung zu halten. Das Aufeinandertreffen von Autos in einer Kurve sind die aufregendsten Momente im Rennen, vermeiden Sie aber eine zu ergeizige Fahrweise, die Kollisionen und Beschädigungen verursachen kann, was jedem die Freude am gesamten Rennen nehmen kann.

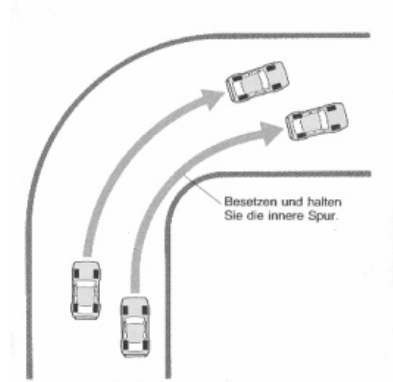


Abbildung 11.11: Besetzen und halten der Ideallinie in einer Kurve

11.6 Wie man andere Überholt

Sie können an verschiedenen Stellen versuchen, einen anderen Wagen zu überholen. Auf einer Geraden ist dies am sichersten. Es ist gefährlich den Überholvorgang zu beginnen, wenn Sie dem Wagen dicht auffahren. Stattdessen sollten Sie Ihren Wagen so bald wie möglich ein wenig ausscheren und dann Ihren Gegner überholen. Sie können ganz gleich auf welcher Seite überholen. Am besten da wo gerade viel Platz ist. Wenn der Platz auf jeder Seite ungefähr gleich breit ist, sollten Sie sich für die Innenseite der nächsten Kurve entscheiden, um somit die Kurve besser angehen zukönnen. Das Überholen in einer Kurve ist im Vergleich zum Überholen auf einer Geraden gefährlich. Wenn der Fahrer des Wagens, den Sie überholen wollen, nicht gut fahren kann, können Sie durch sein Schleudern in Mitleidenschaft gezogen werden. Um das Überholen einfacher zu machen, ist es ratsam, auf die Innenseite des gegnerischen Wagens zu fahren und nach der Kurve zu überholen.

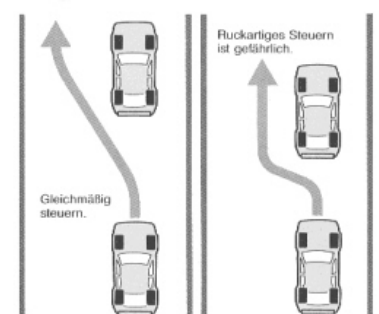


Abbildung 11.12: Überholmanöver

11.7 Abfangen des Fahrzeugs

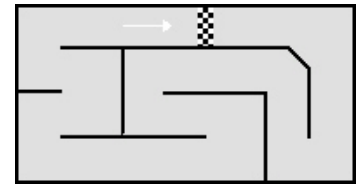
Wenn Sie in einen anderen Wagen hineingefahren sind, oder die Kontrolle über Ihr Rc Car verloren haben, sollten Sie an erster Stelle die Geschwindigkeit vermindern. Versuche die Stabilität des Wagens durch weiteres Steuern wiederzuerlangen, machen das Rc Car noch unkontrollierbarer. Beschleunigen Sie Ihr Rc Car erst wieder, wenn der Wagen langsam und stabil geworden ist.

11.8 Bereit für die Rennstrecke?

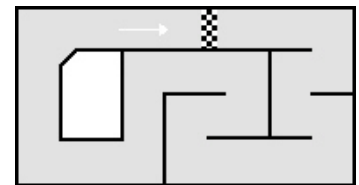
Wenn Sie die bis hierhin aufgezählten Fahrtechniken beherrschen sind sie bereit für die Rennstrecke. Erkundigen Sie sich in Rc-Zeitschriften, oder im Internet wo es in Ihrer Nachbarschaft Rc Car Vereine und Strecken gibt. Vergewissern Sie sich vorher, ob es eine Flachbahner- (Onroad) oder Geländestrecke (Offroad) ist und ob sie für Elektro- oder Verbrennerfahrzeuge gedacht ist. Da solche Plätze von vielen Rc-Fans besucht werden, ist der Frequenz-Abgleich sehr wichtig. Befolgen Sie die Platzhinweise, damit alle gleichen Nutzen aus der Strecke ziehen. Befolgen Sie die Vorschriften des Platzes und die Anweisungen der Zuständigen. Vergewissern Sie sich vor Einschalten des Senders, daß kein anderer diese Frequenz verwendet. Schalten Sie Ihren Sender ausschließlich dann ein, wenn Sie Ihr Rc Car auch fahren wollen. Fahren Sie nicht ewig an einem Stück, es könnte jemand mit Ihrer Frequenz auch fahren wollen. Überlassen Sie Ihren Platz dem Nächsten, wenn Sie einen Akku oder einen Tank leergefahren haben.

12 Streckenvorschläge

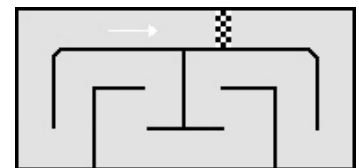
Einfach zu fahrende Strecke, auch geeignet für Einsteiger. Die schnelle Start u. Zielgerade wird gefolgt von engen Kurven.



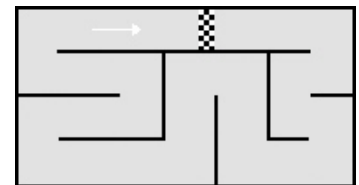
Der klare Streckenverlauf lässt auch den Rc Car Einsteiger gute Möglichkeiten sein Können unter Beweis zu stellen.



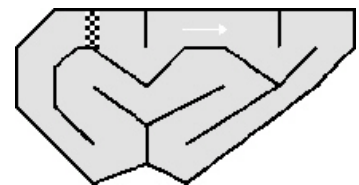
Gut zu fahrende Strecke, mit viel Topspeed. Die schnelle Start u. Zielgerade wird gefolgt von langen Kurven ermöglicht gute Überholmanöver.



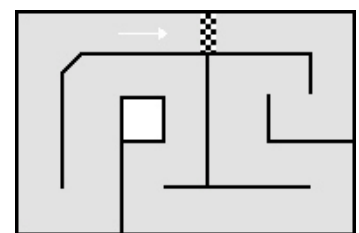
Der kurvige Kurs ist ideal für packende Zweikämpfe mit vielen Positionswechseln.



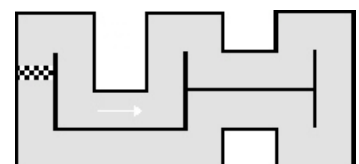
Der kurvige Kurs ist ideal für packende Zweikämpfe mit vielen Positionswechseln.



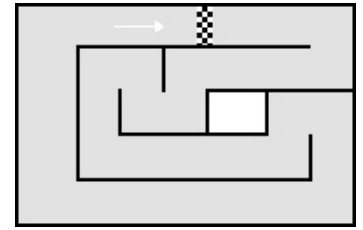
Sehr anspruchsvolle Strecke mit wenig Vollgaspassagen und vielen Haarnadelkurven. Fordert vom Fahrer den maximalen Einsatz.



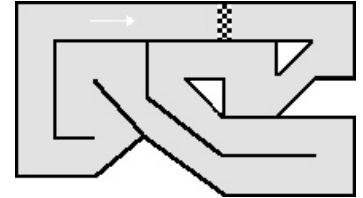
Sehr interessante Strecke mit schwierigem Start in die 1. Haarnadelkurve. Danach folgen schnelle Kurven die ein Überholen zulassen.



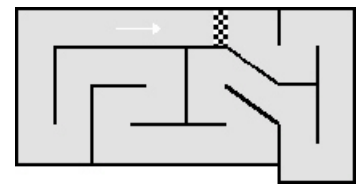
Absolute Hochgeschwindigkeitsstrecke mit wenig Schikanen. Hier werden mit die spektakulärsten Rennen ausgetragen, nicht zuletzt auch wegen den zahlreichen Crash's.



Abwechslungsreiche Strecke mit allem was den Rc-Car Fahrer begeistert. Schnelle Kurven und lange Geraden wechseln mit Haarnadelkurven.



Anspruchsvoller Streckenverlauf mit sowohl engen wie auch schnellen Kurven. Sehr kritisch ist die 1. Schikane nach Start u. Ziel.



13 Programme

Da man im Rc Car Bereich öfters mal etwas berechnen muss habe ich die folgenden Programm geschrieben welche kostenlos auf meiner Website (<http://www.der-dac.de.vu>) unter der Rubrik "Downloads" heruntergeladen werden können. Die hier gezeigten Programme wurden zum Teil schon im oben stehenden Text beschrieben, um jedoch eine vollständige Anleitung zu den Programmen zu liefern, möchte ich hier noch einmal auf alle Details eingehen. Wichtig ist das sie bei beiden Programmen bei der Eingabe von Zahlen ein Komma (,) statt eines Punktes(.) verwenden.

13.1 Programm: Übersetzung

Dieses Programm ist unterteilt in 3 einzelne Programmteile welche im nachfolgenden Text näher erklärt werden sollen.



Abbildung 13.1: Programm: Übersetzung

13.1.1 Innere Übersetzung

Die Innere Übersetzung ist eine Konstante Größe die sich aus dem Übersetzungsverhältnissen des vorderen oder des hinteren Differential (Kegel- oder Kugeldifferential) errechnet. Die Innere Übersetzung kann man ausrechnen denn die Standard Übersetzung mit der Angabe des entsprechenden Hauptzahnrades und Ritzels findet man meist in der Anleitung des Modells. Wenn Sie die Innere Übersetzung einmal berechnet haben, sollten Sie diese irgendwo notieren, um sie nicht ständig neu ausrechnen zu müssen. Im Programm müssen Sie die Anzahl der Zähne des Hauptzahnrades und die Anzahl der Zähne des Ritzels eingeben sowie die Übersetzung mit diesen. Nachdem sie auf „Berechnen“ geklickt haben erscheint die Innere Übersetzung als Ergebnis.



Abbildung 13.2: Programmteil: Innere Übersetzung

13.1.2 Übersetzung

Wie in Kapitel 6.2 bereits beschrieben, ist die Übersetzung das Verhältnis von Motorumdrehung zur Umdrehung der Antriebsräder. Durch die Übersetzung wird bestimmt wie schnell das Auto am Ende einer Geraden ist. Ist die Strecke eng und kurvig braucht man eine kurze Übersetzung, z.B. 1:8,5. Auf Strecken mit langen Geraden und weniger engen Kurven ist es sinnvoller sein Auto lang zu übersetzen, z.B. 1:5,3. Bei einer langen Übersetzung ist das Auto zwar nicht mehr so agil, dh. es beschleunigt langsamer aber es erreicht dafür eine höhere Endgeschwindigkeit. Geändert wird die Übersetzung, indem man die Motorritzel oder das Hauptzahnrad ändert. Wählt man ein Ritzel mit weniger Zähnen, wird die Übersetzung kurzer. Beim Hauptzahnrad ist es umgekehrt, da wird durch die Vergrößerung eine kürzere Übersetzung eingestellt. Je größer das Ritzel und je kleiner das Hauptzahnrad, desto höher die Höchstgeschwindigkeit und tiefer die Beschleunigung. umgekehrt gilt. Je kleiner das Ritzel und je größer das Hauptzahnrad, desto höher die Beschleunigung und tiefer die Höchstgeschwindigkeit. Im Programm müssen Sie die Anzahl der Zähne des Hauptzahnrades, des Ritzels sowie die Innere Übersetzung eingeben. Nachdem sie auf „Berechnen“ geklickt haben erscheint die Übersetzung als Ergebnis.

The screenshot shows a form titled 'Übersetzung'. It contains the following fields and values:

Hauptzahnrad	58	Zähne
Ritzel	21	Zähne
Innere Übersetzung	2,6	
Übersetzung	7,18	

A 'Berechnen' button is positioned below the 'Übersetzung' field.

Abbildung 13.3: Programmteil: Übersetzung

13.1.3 Theoretische Geschwindigkeit

Geschwindigkeit ist zwar nicht das wichtigste, aber dennoch ist es interessant zu wissen, wie schnell sein Rc Car fährt. Da man nicht immer ein Geschwindigkeitsmessgerät (Laserpistole) zur Hand hat, kann man die Geschwindigkeit mit Hilfe dieses Programmes berechnen. Dies ist besonders interessant bei einer Änderung der Übersetzung oder beim Motoren austausch. Im Programm müssen Sie die Übersetzung, Drehzahl des Motors und den Reifendurchmesser eingeben. Nachdem sie auf „Berechnen“ geklickt haben erscheint die theoretische Geschwindigkeit als Ergebnis. Diese theoretische Geschwindigkeit ist ein rein rechnerisches Ergebnis und beinhaltet keinerlei Reibung (Rollreibung, Luftwiderstand). Wenn Sie mit Hilfe des -10% Buttons von der errechneten Geschwindigkeit 10% abziehen erhalten sie einen ungefähren realistischen Wert.

The screenshot shows a form titled 'Theo. Geschwindigkeit'. It contains the following fields and values:

Übersetzung	7,18	
Drehzal des Motors	25000	U/min
Reifen Ø	6,5	cm
Th. Geschwindigkeit	42,7	Km/h

A 'Berechnen' button and a '-10%' button are positioned below the 'Th. Geschwindigkeit' field.

Abbildung 13.4: Programmteil: Theoretische Geschwindigkeit

13.2 Programm: Ladezeit

Wie in Kapitel 3 „NiCd/NiMH Akkus und Ladegeräte“ und Kapitel 5 „Ladezeit richtig berechnen“ bereits beschrieben, benötigen Akkus eine optimale Ladung um die beste Leistung abzugeben. Beim Ladevorgang benötigen Sie daher ca. 30-40% mehr an elektrischer Arbeit als wie sie wieder abgeben können. Daraus ergibt sich der Ladefaktor 1,3 (30%) oder 1,4 (40%). Nachdem Sie im Programm einen Ladefaktor gewählt haben, müssen Sie noch die Kapazität des Akkus (in mAh) und den Ladestrom des Ladegerätes (in mA) eingeben. Nachdem sie auf „Berechnen“ geklickt haben erscheint die benötigte Ladezeit in Stunden und Minuten.



Abbildung 13.5: Programm: Ladezeit

Literaturverzeichnis

- [1] DICKIE-TAMIYA Modellbau GmbH & Co. KG. URL: <http://www.tamiya.de>, Zugriff: 05.2008.
- [2] LRP electronic GmbH. URL: <http://www.lrp-electronic.de>, Zugriff: 05.2008.
- [3] Stiftung Modellflugsport Schweiz. URL: <http://www.modellflugsport.ch>, Zugriff: 09.2009.
- [4] Mabuchi. URL: http://www.mabuchi-motor.co.jp/en_US/, Zugriff: 09.2009.
- [5] HPI Racing Europe. URL: <http://www.hpieurope.com>, Zugriff: 09.2009.
- [6] Cars & Details. URL: <http://www.cars-and-details.de>, Zugriff: 12.2009.
- [7] Graupner GmbH & Co. KG. URL: <http://www.graupner.de>, Zugriff: 05.2007.
- [8] Rc World CH. URL: <http://www.rcworld.ch>, Zugriff: 06.2008.
- [9] Rc Car Berlin. URL: <http://www.rc-car-berlin.de>, Zugriff: 06.2008.