

Inhaltsverzeichnis

| | |
|--|-----------|
| Vorwort | 10 |
| 1. Die Idee zu diesem Buch | 12 |
| 1.1 Die WW-Story oder: Woher stammt das Wissen für dieses Buch? | 15 |
| 1.2 Wie liest man dieses Buch? | 20 |
| 2. Die Bauteile eines Fahrwerks | 21 |
| 2.1 Reifen | 21 |
| 2.1.1 Aufbau des Reifengummi | 22 |
| 2.1.2 Elastizitätsmodul | 22 |
| 2.1.3 Temperatureinfluss auf den Gummi | 22 |
| 2.1.4 Verzahnungseffekt | 23 |
| 2.1.5 Fahrbahnbeschaffenheit | 24 |
| 2.1.6 Grip, Latsch und Last | 24 |
| 2.1.7 Reibungskoeffizient oder Seitenkraftkennlinie | 26 |
| 2.1.8 Reifenbreite | 30 |
| 2.1.9 Reifendruck | 32 |
| 2.1.9.1 Der konstante Reifendruck im Motorsport | 35 |
| 2.1.10 Messung der Reifentemperatur | 36 |
| 2.1.10.1 Praxistipps zur Temperaturmessung | 43 |
| 2.1.10.2 Praxistipp Thermografie | 43 |
| 2.1.10.3 Zusammenhang zwischen Reifentemperatur und optimalem Grip | 46 |
| 2.1.10.4 Was ist »Graining« oder »Körnen«? | 47 |
| 2.1.11 Schräglaufwinkel und Schlupf | 48 |
| 2.1.11.1 Schlupf | 48 |
| 2.1.11.2 Schräglaufwinkel | 52 |
| 2.1.11.3 Optimale Balance oder maximales Kurventempo? | 55 |
| 2.1.12 Abrollumfang und Reifensteifigkeit | 56 |
| 2.1.13 Vektorbeschleunigung | 59 |
| 2.1.13.1 Der Kamm'sche Kreis – idealisiert | 59 |
| 2.1.13.2 Rollphasen | 62 |
| 2.1.13.3 Der Kamm'sche Kreis in der Realität | 63 |
| 2.1.14 Nässehaftung | 65 |

| | | |
|-----------|---|------|
| 2.1.15 | Der Reifen als Feder-Dämpfer-System | .68 |
| 2.1.16 | Rollwiderstand | .70 |
| 2.1.17 | Praxistipp: Fahrerische Minimierung des Rollwiderstands | .71 |
| 2.1.18 | Rennreifen vs. Straßenreifen | .72 |
| 2.1.19 | Praxistipp: Welchen Reifen für den Einsatzzweck | .73 |
| 2.2 | Die Elemente der Radaufhängung | .76 |
| 2.3 | Die Federn | .78 |
| 2.3.1 | Praxistipp zu Helferfedern | .84 |
| 2.3.2 | Schnelle Federratenänderung ohne Demontage | .84 |
| 2.3.3 | Übersetzungsverhältnis zwischen Rad und Feder | .86 |
| 2.3.4 | Die natürliche Eigenfrequenz eines Fahrwerks | .89 |
| 2.3.5 | Radlasten, deren Einstellung und Nebenfederraten | .92 |
| 2.3.6 | Praxistipp: Der schnelle Federwechsel | .99 |
| 2.3.7 | Federschäden | .99 |
| 2.4 | Die Stoßdämpfer | .101 |
| 2.4.1 | Technische Varianten | .102 |
| 2.4.1.1 | Zweirohrdämpfer | .102 |
| 2.4.1.2 | Einrohrdämpfer | .104 |
| 2.4.1.2.1 | Upside-Down-Bauweise | .105 |
| 2.4.1.3 | Rennsportdämpfer | .106 |
| 2.4.2 | Dämpfungskennlinien | .108 |
| 2.4.2.1 | Die progressive Dämpfung | .108 |
| 2.4.2.2 | Die lineare Dämpfung | .109 |
| 2.4.2.3 | Die degressive Dämpfung | .109 |
| 2.4.2.4 | Kennlinien-Diagramme in der Praxis | .110 |
| 2.4.3 | Wie stellt man einen Dämpfer richtig ein? | .113 |
| 2.4.4 | Theorie und Praxis der Dämpfungstechnik im Vergleich | .115 |
| 2.4.5 | Das Verhältnis von Zug- zu Druckstufe | .116 |
| 2.4.6 | Der Dämpfer – ein aktives Bauteil | .118 |
| 2.4.7 | Die Ventiltechnik im Detail | .118 |
| 2.4.7.1 | Aufbau und Funktionsweise der Druckstufe | .119 |
| 2.4.7.2 | Aufbau und Funktionsweise der Zugstufe | .120 |
| 2.4.8 | Standardsituationen für Federn und Dämpfer | .121 |
| 2.4.9 | Radbewegungen bei der Kurvenfahrt | .128 |
| 2.4.10 | Der Komfort | .130 |
| 2.4.10.1 | Definition | .130 |
| 2.4.10.2 | Komfort ist auch, was man nicht hört | .131 |
| 2.4.11 | Praxistipps zum Ansprechverhalten | .132 |

| | | |
|--------|--|-----|
| 2.4.12 | Elektronisch verstellbare Fahrwerke | 133 |
| 2.4.13 | Dämpferschäden | 136 |
| 2.4.14 | Die Zukunft von Stoßdämpfern | 138 |
| 2.5. | Anschlagselastomere, Federwegsbegrenzer | 139 |
| 2.5.1 | Bumpstopps | 142 |
| 2.5.2 | Ermittlung des benötigten Federweges und der erforderlichen Länge der Bumpstopps | 143 |
| 2.5.3 | Praxistipp zur Ermittlung von Fahrhöhe und Restfederweg | 145 |
| 2.6 | Stabilisatoren | 146 |
| 2.6.1 | Innovationen in der Stabilisatorentechnik | 153 |
| 2.6.2 | Praxistipp von Georg Plasa | 153 |
| 2.7 | Fahrwerkslagerungen aus Gummi | 154 |
| 2.8 | Verstärkungstreben und Sicherheitskäfige | 158 |

3. Die Achsgeometrie160

| | | |
|--------|--|-----|
| 3.1 | Voraussetzungen für eine korrekte Messung | 163 |
| 3.2 | Die Spur | 164 |
| 3.2.1 | Die Gesamtspur | 165 |
| 3.2.2 | Einfluss der Spurwerte auf das Fahrverhalten | 167 |
| 3.2.3 | Spur nicht einstellbar – Was tun? | 170 |
| 3.3 | Der Radsturz | 172 |
| 3.4 | Der Nachlauf | 176 |
| 3.4.1 | Der Nachlauf in der Praxis | 180 |
| 3.5 | Der Lenkrollradius | 181 |
| 3.6 | Die Spreizung | 184 |
| 3.7 | Der eingeschlossene Winkel | 188 |
| 3.8 | Die Geometrie der Lenkung | 188 |
| 3.8.1 | Das Ackermannprinzip | 188 |
| 3.8.2 | Der Spurdifferenzwinkel | 190 |
| 3.8.3 | Die Spurdifferenz im Rennsport | 192 |
| 3.8.4 | Der Ackermann für Renningenieure | 194 |
| 3.9 | Was muss nach Änderungen am Fahrwerk eingestellt werden? | 195 |
| 3.10 | Individuelle Einstellmethode anhand der Abriebsbilder der Reifen | 197 |
| 3.10.1 | Die verschiedenen Abriebserscheinungen der Reifen | 198 |
| 3.10.2 | Praxistipp zum Verschleißbild | 205 |
| 3.11 | Die Achskinematik | 206 |
| 3.11.1 | Veränderungen der Achsgeometrie während der Fahrt | 206 |
| 3.11.2 | Vorspurkurve | 207 |

| | | |
|--------|--|------|
| 3.11.3 | Messung der Spur- und Sturzänderungen entlang des gesamten Federweges | .211 |
| 3.11.4 | Weitere Messgrößen bei der Achsvermessung | .214 |
| 3.12. | Vorgehensweise bei der Vermessung | .218 |
| 3.12.1 | Ursachen für ein schief ziehendes Fahrzeug oder ein schräg stehendes Lenkrad | 222 |
| 3.13 | Vermessung in der Box | .224 |
| 3.13.1 | Professionelle Achsmesssysteme für Rennteams | .228 |
| 3.13.2 | Praxistipp: Ein geniales Achsmessgerät braucht kein Hightech | .229 |
| 3.14 | Die häufigsten Fehler bei der Achsvermessung | .232 |

4. Physikalische und geometrische Grundlagen unseres Fahrzeuges . . .235

| | | |
|---------|--|------|
| 4.1 | Chassis | .235 |
| 4.1.1 | Schwerpunkt | .235 |
| 4.1.2 | Ermitteln des Schwerpunkts | .236 |
| 4.1.3 | Statische Gewichtsverteilung | .237 |
| 4.1.4 | Dynamische Gewichtsverlagerung längs und seitwärts | .238 |
| 4.2 | Rollzentren und Rotationspole | .240 |
| 4.2.1 | Rollzentren | .240 |
| 4.2.2 | Rotationspole oder Pitchcenter | .243 |
| 4.2.3 | Chassissteifigkeit | .245 |
| 4.3 | Bremsen | .245 |
| 4.3.1 | Einstellmöglichkeiten | .246 |
| 4.3.2 | Die Auswahl der Bremsbeläge | .249 |
| 4.3.2.1 | Bremsbelagsarten | .249 |
| 4.3.2.2 | Praxistipp: Einfahren von Bremsbelägen | .250 |
| 4.3.3 | Praxistipps zur Waagebalkenanlage | .251 |
| 4.4 | Eigenlenkverhalten | .254 |
| 4.4.1 | Elektronische Fahrhilfen | .257 |
| 4.5 | Aerodynamische Hilfsmittel | .258 |
| 4.5.1 | Heckflügel | .258 |
| 4.5.2 | Unterböden und Diffusoren | .261 |
| 4.5.3 | Sonstige aerodynamische Tricks | .262 |
| 4.6 | Gefederte, ungefederte und rotierende Massen | .265 |

5. Differenziale, Sperren und Getriebe . . .268

| | | |
|-------|--|------|
| 5.1 | Differenzialsperren | .268 |
| 5.1.1 | Differenzialsperren und Fahrdynamik | .272 |
| 5.2 | Differenzialsperren im Motorsport | .273 |
| 5.2.1 | Das Spiel mit der aktiven Drehmomentverteilung | .276 |

| | | |
|-------|---|------|
| 5.3 | Die Auswahl der Hinterachsübersetzung | .280 |
| 5.4 | Getriebeauslegung | .280 |
| 5.4.1 | Schaltarten der Getriebe | .284 |
| 5.5 | Reibungsminimierung | .285 |

6. Fahrwerkssetup

| | | |
|------------|---|-------------|
| 6.1 | Einbau des Fahrwerks | .287 |
| 6.1.1 | Vorgehensweise für den Einbau vom Tieferlegungssatz bis hin zum Komplettfahrwerk | .288 |
| 6.1.2 | Vorgehensweise beim High-End-Fahrwerk | .288 |
| 6.2 | Die richtige Reihenfolge | .289 |
| 6.3 | Ziele und Methoden | .289 |
| 6.3.1 | Balance bei Federn und Stabilisatoren | .291 |
| 6.3.2 | Abstimmung der Stoßdämpfer | .294 |
| 6.3.3 | Vorgehensweise | .299 |
| 6.4 | Setup-Varianten | .301 |
| 6.4.1 | Vorgehensweise bei einem zweifach verstellbaren Fahrwerk mit selektiver Zug- und Druckstufenverstellung | .304 |
| 6.4.2 | Vorgehensweise bei einem im Zug verstellbaren Fahrwerk | .306 |
| 6.4.3 | Vorgehensweise bei einem in Zug und Druck gleichzeitig verstellbaren Fahrwerk | .307 |
| 6.4.4 | Praxistipp: Fahrwerk nicht einstellbar | .307 |
| 6.4.5 | Spezialfall Driftsetup | .307 |
| 6.4.6 | Asymmetrische Fahrwerkseinstellung | .311 |
| 6.4.7 | Praxistipp: Testfahrten zur Fahrwerksabstimmung | .311 |
| 6.4.8 | High-End-Abstimmung auf dem Fahrdynamikprüfstand | .312 |
| 6.5. | Dokumentation | .320 |
| 6.5.1 | Die elektronische Datenaufzeichnung | .320 |
| 6.5.2 | Vorbereitung eines Rennwochenendes | .324 |
| 6.6 | Hilfe zur Kaufentscheidung | .325 |
| 6.7 | Durchhaltevermögen ist gefragt | .326 |

7. Sonstiges

| | | |
|-----|--------------------------|------|
| 7.1 | Randbedingungen | .329 |
| 7.2 | Glossar | .329 |
| 7.3 | Bildnachweis | .339 |
| 7.4 | Quellen, Literatur | .339 |
| 7.5 | Danke | .340 |
| 7.6 | Anhang | .341 |