

Einleitung und Ziel

Alles hängt mit Allem zusammen.

„Hungersnöte in den Entwicklungsländern trotz oder wegen der grünen Revolution? Überschwemmungen und Bergrutsche trotz oder wegen moderner Bachverbauung? Reaktorunfälle und Serienunfälle auf den Straßen trotz oder wegen High Tech?“

Mit diesen Worten begann Frederic Vester sein hellsichtiges Buch „Leitmotiv vernetztes Denken“, in dem er die eindimensionale Betrachtungsweise in einer komplexen Welt anprangerte. Das war im Jahre 1988. Vieles hat sich in der Zwischenzeit geändert. „High Tech“ von damals? Entlockt uns nur noch ein müdes Lächeln. Tschernobyl? Längst vergessen. Bergrutsche und Überschwemmungen? An der Tagesordnung. Das regt längst keinen mehr auf.

Eines aber ist geblieben oder hat sich gar noch verschlechtert - das Unverständnis für die Zusammenhänge zwischen Technik, Gesellschaft, Politik und Wirtschaft. Gerade beim Thema Automobil erweist sich vieles, was eigentlich ein Fortschritt hätte sein sollen, im Nachhinein als überflüssig oder sogar gefährlich.

Man könnte jetzt hergehen und die Problematik von oben her beleuchten, auf Neudeutsch Top - Down. Welche Auswirkungen hat der Bau neuer Straßen auf das Verkehrsaufkommen? Welcher Zusammenhang besteht zwischen der Kilometerpauschale und der durchschnittlichen Entfernung Wohnung - Arbeitsplatz? Hier soll zur Abwechslung der umgekehrte Weg beschritten werden, sozusagen Bottom - Up. An einem automobilen Einzelbauteil soll demonstriert werden, wie gut gemeinte Aktionen, Beschlüsse und Entwicklungen sich in ihr Gegenteil verkehren können. Das gewählte Objekt ist der Reifen.

Das Bessere ist des Guten Feind

auto motor und sport, **AutoBild** und andere Automobilgazetten werden nicht müde, von den Automobilherstellern immer das Beste zu verlangen. In aufwendigen Vergleichstests mit ausgeklügelten Bewertungsschemata beurteilen sie Sicherheit, Verbrauch, Komfort, Fahrleistungen, Transporteigenschaften, Handling und vieles andere mehr.

Den Einfluss dieser Testberichte auf die Automobilentwicklung sollte man nicht unterschätzen. Der Gewinn eines solchen Tests gegen härteste Konkurrenz ist an Werbewirksamkeit kaum zu überbieten. Kein Wunder, dass die Hersteller alles versuchen, um bei solchen Tests gut abzuschneiden. Dieses Bemühen nach Überlegenheit blieb natürlich nicht ohne Folgen auf die Gestaltung der Automobile. Die Autos wurden in allen wesentlichen Eigenschaften über die Jahre

hinweg immer „besser“, zumindest nach **ams** Maßstäben. Leider wurden sie dabei aber auch immer größer, schwerer und teurer.

Mittlerweile hat der Entwicklungsfortschritt eine gewisse Sättigung erreicht. Geringe Vorteile an einer Stelle werden oft mit erheblichen Nachteilen an mindestens einer anderen Stelle erkaufte. Im Bestreben, die Autos nach den Testkriterien auszulegen und nicht nach den Kundenbedürfnissen, wurden sich die Autos in den letzten Jahren nicht nur optisch sondern auch technisch immer ähnlicher. Wichtigstes Differenzierungsmerkmal ist mittlerweile das Markenemblem.

Das wiederum stellt die Tester vor die schwierige Aufgabe, aus winzigen Unterschieden einen möglichst großen Abstand zwischen den Probanden zu generieren. Das geht nur über eine Verschärfung der Bewertungsmaßstäbe, die deshalb oft weit über das kundenwertige Maß hinauschießen. Der verzweifelte Versuch der Hersteller diesen Kriterien immer besser gerecht zu werden mündet in einem Teufelskreis, der schließlich dem Kunden mehr schadet als nützt.

Am Reifen soll - pars pro toto - dieser Sachverhalt exemplarisch dargestellt werden.

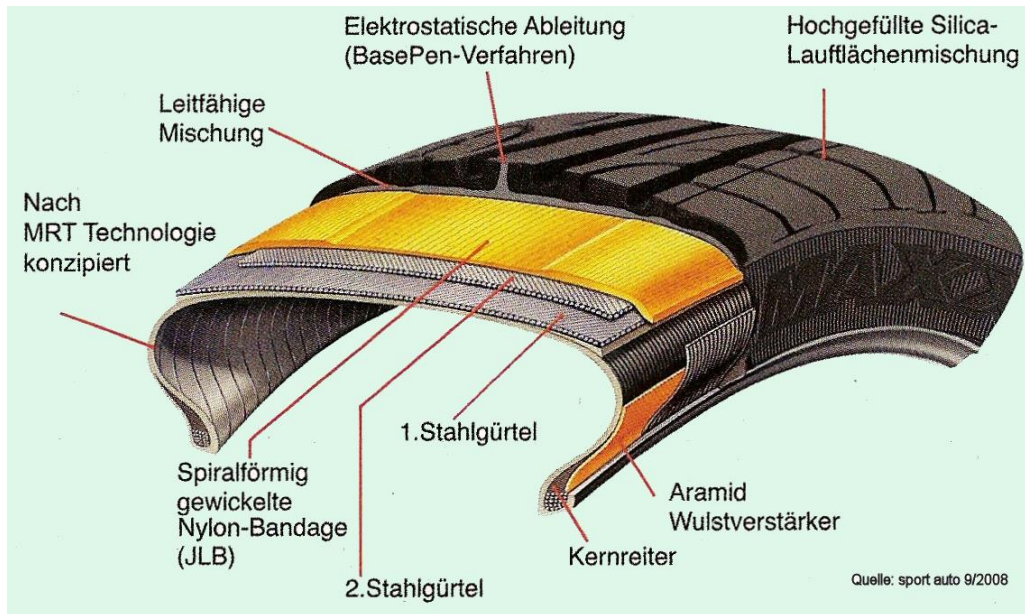
Eigenschaften, Aufbau und Herstellung

Gibt es für den Reifen eine wichtigere Aufgabe, als für eine möglichst große Fahrsicherheit zu sorgen? Wohl kaum! Aber was bedeutet eigentlich Fahrsicherheit? Sind es eine möglichst hohe Querbeschleunigung und ein möglichst kurzer Bremsweg? Das sind bestimmt wichtige Aspekte, aber die Liste ist damit noch lange nicht vollständig. Um die Frage nach den Aufgaben und Eigenschaften umfassend zu beantworten, muss man sich notgedrungen **alle** Fahrzeugkriterien anschauen, die der Reifen maßgeblich beeinflusst. Nachfolgende Tabelle zeigt die Fülle an Parametern.

- Fahrdynamik
- Bremsverhalten
- Fahrsicherheit
- Fahrkomfort
- Energiebedarf
- Kosten
- Tragfähigkeit
- Höchstgeschwindigkeit
- Pannenresistenz

Reifenherstellung – Chemie mit einem Schuss Alchemie

Bevor man sich mit den Reifeneigenschaften befasst, schadet es nichts, einen kurzen Blick auf die Reifenherstellung zu werfen. So ein Reifen ist in seinem mechanischen Aufbau, der chemischen Zusammensetzung und dem Fertigungsverfahren ein unerhört komplexes Gebilde.



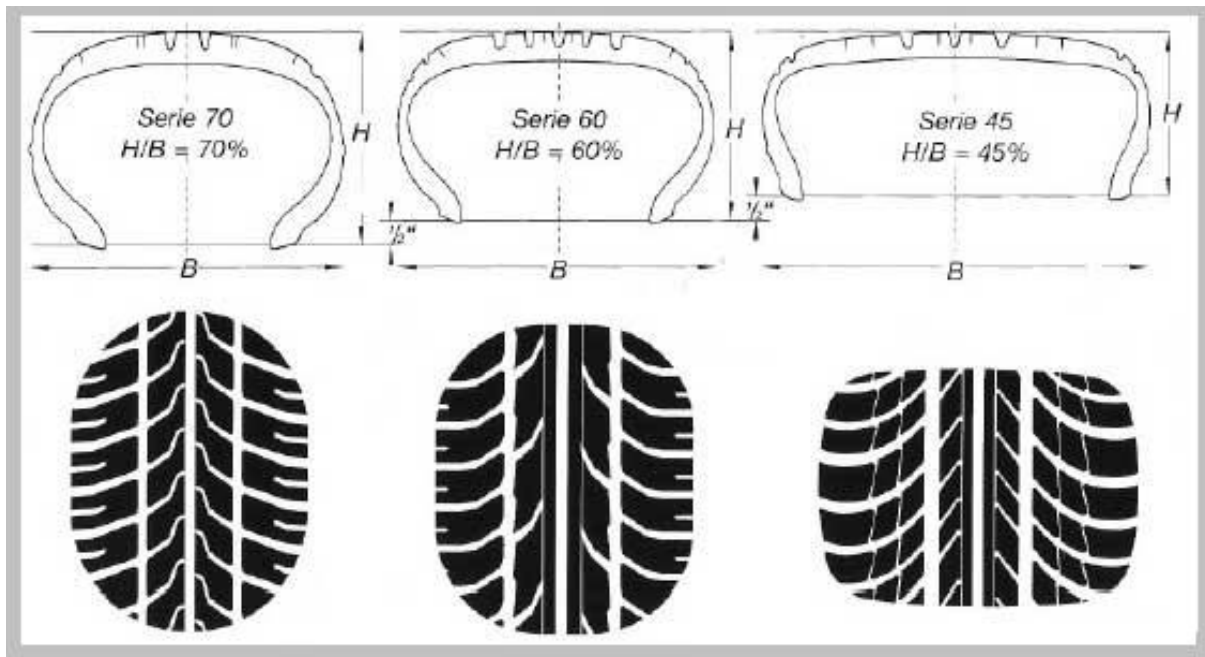
Mechanischer Aufbau

Um ein gleichmäßiges, reproduzierbares Ergebnis zu bekommen, dürfen die vielfältigen Ausgangsprodukte in ihrer Beschaffenheit keine Abweichungen aufweisen. Bereits geringste Streuungen führen zu nicht vorhersehbaren Schwankungen in den Eigenschaften. Ebenso werden höchste Anforderungen an den Fertigungsprozess selbst gestellt. Alle Parameter, wie Druck, Temperatur, Dauer der Verarbeitungsschritte müssen penibel eingehalten werden.

Die Komplexität der Reifenproduktion ist für die Entwickler nach wie vor eine große Herausforderung. Trotz aufwendigster Rechenverfahren und Simulationstechnik ist man noch nicht in der Lage, die gewünschten Eigenschaften zu hundert Prozent im Voraus zu bestimmen. Für die letzten Feinheiten benötigt man immer noch Experten mit einer langjährigen Erfahrung im Umgang mit der „schwarzen Magie“.

Reifen gestern und heute

Werfen wir zunächst einen Blick auf die Evolution des Reifens von den 60er Jahren bis heute. Die wohl größte Veränderung im Laufe von 40 Jahren betrifft das Breitenwachstum. Das Querschnittsverhältnis wandelte sich vom Ballonreifen zum extremen Niederquerschnittstyp.



Vergleich der Aufstandsfläche bei unterschiedlichen Querschnitten

Das Wachstum in die Breite wurde erst ermöglicht durch den Übergang vom Diagonal- zum Radial- oder Gürtelreifen. Bei letzterem besteht die Karkasse, das tragende Gerüst, aus quer zur Drehrichtung angeordneten Schichten aus Stahldraht. Dieser Hang zur Breite hat natürlich seine Gründe. Es verkleinert den Schwimmwinkel, verbessert Lenkpräzision und Agilität und reduziert Über- und Untersteuern. Außerdem ermöglicht es weichere Gummimischungen und verbessert dadurch Kurvengeschwindigkeiten und Bremswege. Die Auswirkungen des Querschnittsverhältnisses auf die Fahrdynamik unterzog **auto motor und sport** einem ausführlichen Test in der Ausgabe 25/2009 an einem Audi TT.

Der Vergleichstest liefert ein eindeutiges Ergebnis. Je größer das Querschnittsverhältnis, desto besser die Straßenlage. So kann man zumindest die reinen Zahlenwerte interpretieren. Man darf aber eines nicht vergessen: Je größer der Felgendurchmesser und das Querschnittsverhältnis, desto kompromissloser sind die Reifen auf Sportlichkeit getrimmt – unter Vernachlässigung vieler anderer Kriterien. Das betrifft Steifigkeit, Gummimischung und Profil. Es liegt also nicht nur an der Geometrie allein.

Für einen marginalen Gewinn an Fahrdynamik verschlechtert sich signifikant der Komfort, und lt. Aussage von **ams** verstärkt der größere Reifen auch noch die ohnehin schon deutlich vorhandenen Lastwechselreaktionen. Unter den negativen Eindrücken des 19“-Rades und in Anbetracht der immensen Mehrkosten rät sogar **ams** von dieser Bereifung ab.

Eine weise Entscheidung, denn der Normalfahrer kann sehr wohl den Komfortunterschied wahrnehmen, und zwar tagtäglich und bei jeder Gelegenheit. Ein auf der Rennstrecke erzeugter

fahrdynamischer Gewinn von 0,7 s bzw. 1 % lässt sich auf öffentlichen Straßen nicht realisieren – zumindest nicht unter Inkaufnahme von hohen Sicherheitsrisiken und Übertretung der Straßenverkehrsordnung. Sogar der vermeintliche Sicherheitsgewinn relativiert sich in Anbetracht des immer schmäler werdenden Grenzbereichs und der schlechteren Fahrzeugbeherrschbarkeit aufgrund der heftigeren Fahrzeugreaktionen.

Dazu kommen noch die exorbitant hohen Kosten. Auf den ohnehin schon hohen Preis von 2.300 Euro für die 17“ Räder sind noch einmal 1.200 Euro für die 19-Zöller draufzulegen.

Reifentrend im automobilen Alltag

Bei der geschichtlichen Betrachtung der Reifendimensionen kann man auf zweierlei Art und Weise vorgehen. Entweder man verfolgt die Historie anhand eines einzigen Modells, das seit den 60ern kontinuierlich gebaut und weiterentwickelt wurde. Oder man vergleicht ein Modell aus den 60ern mit einem leistungsgleichen Modell aus den 10er-Jahren des neuen Jahrtausends. Im Folgenden wird nach beiden Methoden vorgegangen.

Reifenhistorie einer Modellreihe

Für ein Beispiel der ersten Methode steht eine reichhaltige Auswahl zur Verfügung. Man könnte z.B. den VW Golf oder den Passat nehmen, ferner bieten sich Mercedes C- und E-Klasse, Audi 80/A4 oder Audi 100/A6 an. Unsere Wahl fällt auf ein Modell der oberen Klasse, die BMW 5er-Baureihe. Um sich nicht zu sehr im Detail zu verlieren, lässt der folgende Vergleich einige Zwischenstufen unberücksichtigt.

Typ	BMW E3	BMW E39	BMW F10
Modell	3,0 Si	540i	550i
Baujahr	1968	2003	2010
Leistung (kW)	147	210	300
Leergewicht (kg)	1.410	1.815	1.900
Länge (mm)	4.700	4.800	4.900
Breite (mm)	1.750	1.800	1.860
Reifen vorne Reifen hinten	195/70 R 14	225/55 R16	245/45 R 18
Felge vorne Felge hinten	6J x 14	7J x 16	8J x 18
Wendekreis (m)	10,5	11,5	12,0

Vergleich technische Daten



Maßstäblicher Vergleich der Reifenquerschnitte

Vergleich leistungsgleicher Fahrzeuge

Bei obigem Vergleich wurde im jeweiligen Produktionszeitraum das Spitzenmodell einer Modellfamilie herangezogen. Klar ist aber, dass das ständige Größen- und Leistungswachstum nicht ohne Auswirkungen auf die Reifen bleiben kann. Deshalb ist diese Vorgehensweise nicht ganz fair. Will man die Leistungseskalation aus der Betrachtung ausschalten, muss man das Modell aus den 60er Jahren mit einem leistungsgleichen Fahrzeug der Jetztzeit vergleichen.

Wir nehmen als Ausgangsbasis für diesen Vergleich wiederum den BMW E3. In der BMW Palette sind zu jedem beliebigen Zeitpunkt die passenden Vergleichsmodelle zu finden.

Typ	BMW E3	BMW E36	BMW E82
Modell	3,0 Si	328i Coupé	125i Coupé
Baujahr	1968	1994	2010
Leistung (kW)	147	142	160
Leergewicht (kg)	1.410	1.400	1.480
Länge (mm)	4.700	4.433	4.360
Breite (mm)	1.750	1.710	1.750
Reifen vorne Reifen hinten	195/70 R 14	205/60 VR 15	205/50 R 17 V
Felge vorne Felge hinten	6J x 14	7J x 15	7J x 17
Wendekreis (m)	10,5	10,4	10,7

Vergleich technische Daten



Maßstäblicher Reifenvergleich

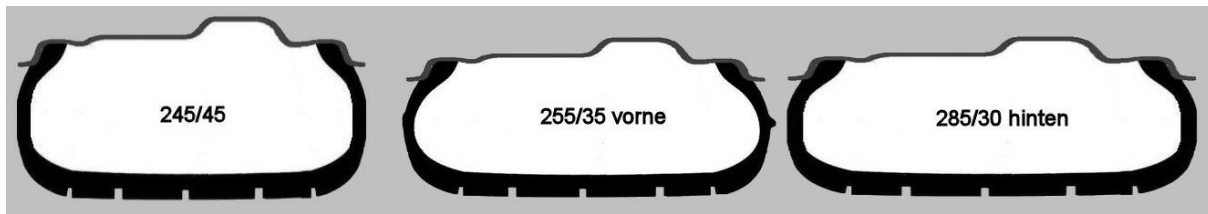
Erstaunlich, wie sich die Daten gleichen. Ist das der so oft und gern zitierte automobiler Fortschritt? Wenn ein BMW Kunde damals wie heute mit 150 kW zufrieden ist und die Leistungseskalation nicht mitmachen möchte, muss er über die Jahre Schritt für Schritt zu immer kleineren Modellen ausweichen, bis er schließlich in der kleinsten Baureihe angelangt ist. Man kann sich leicht vorstellen, wieviel „Freude“ ihm dieser kontinuierliche Rückschritt bereitet. Noch weniger Freude wird ihm allerdings das Mitziehen mit der Hochrüstung bis zum 550i bereiten. Denn das ist ein gänzlich anderes Fahrzeug mit einer völlig anderen Philosophie und Zielgruppe. Aber was kommt unten herum als Nächstes? Die BMW Nuller-Serie?

Was hat das mit den Reifen zu tun? Nur so viel, als das Größenwachstum der Fahrzeuge zu einem nicht geringen Teil auf dem Breitenwachstum der Räder und Reifen beruht.

Sportlimousinen

Wie weit die Breitreifentechnik inzwischen auch bei den Straßenfahrzeugen gediehen ist, zeigt sich am Beispiel Alpina B5 Biturbo. Das Alpina Fahrzeug ist ein optisch und technisch aufgewerteter und leistungsgesteigerter BMW 550i.

Typ	BMW F10	Alpina
Modell	550i	B5 Biturbo
Baujahr	2010	2010
Leistung (kW)	300	373
Leergewicht (kg)	1.900	2.000
Länge (mm)	4.900	4.900
Breite (mm)	1.860	1.860
Reifen vorne Reifen hinten	245/45 R 18	255/35 ZR 20 285/30 ZR 20
Felge vorne Felge hinten	8J x 18	8,5J x 20 9,5J x 20
Raddurchmesser	567	577 573
Wendekreis (m)	12,0	12,6



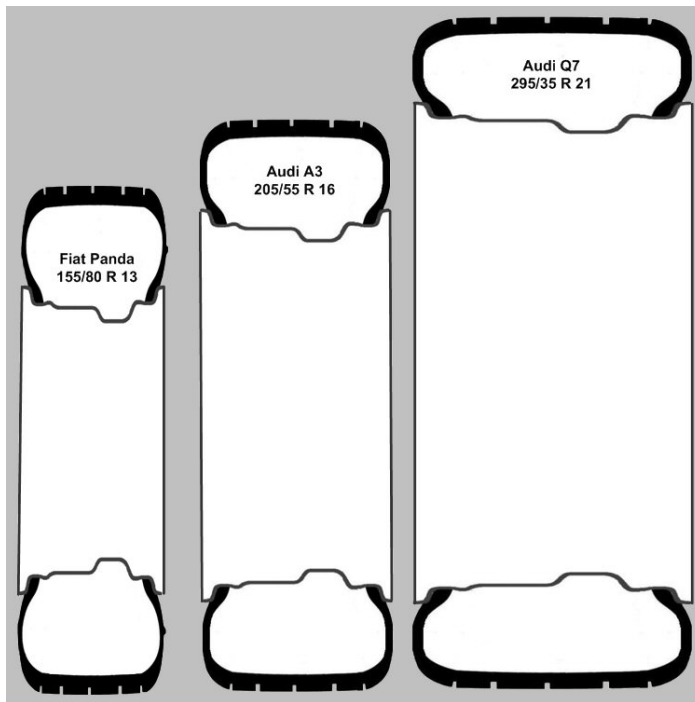
Reifen Alpina B5 Biturbo im maßstabsgetreuen Vergleich zu BMW 550i

Das Breitenwachstum der Vorderräder stößt mittlerweile an seine Grenzen. Die breiten „Schlappen“ sind im Radhaus nicht mehr unterzubringen, wenn der Wendekreis noch einigermaßen akzeptabel sein soll. Das sportlich orientierte Modellderivat weicht deshalb auf eine Mischbereifung aus, sofern es sich um ein heckgetriebenes Fahrzeug mit ausgewogener Achslastverteilung handelt. Beim Alpina B5 Biturbo ist das der Fall. Kopflastigen Fronttrieblern steht diese Option nicht ohne weiteres zur Verfügung. Sie müssten den breiteren Reifen an der Vorderachse aufziehen, was vereinzelt sogar schon gemacht wurde.

Sondersituation SUV

Mit dem Auftreten von leistungsstarken SUVs auf deutschen Straßen wurde ein neues Kapitel in den Reifendimensionen aufgeschlagen. Ab sofort genügt Breite allein nicht mehr, es muss auch ein möglichst großer Felgendurchmesser damit einhergehen. Der folgende Vergleich zeigt anschaulich, bis zu welchen aberwitzigen Größenordnungen sich die „Gelände“-Reifen bereits entwickelten. Das entgegengesetzte Ende der Skala markiert der Reifen des Fiat Panda. Um aber den tendenziösen Eindruck etwas abzuschwächen wurde noch der Reifen des Audi A3 hinzugenommen.

Typ	Fiat Panda	Audi A3	Audi Q7
Modell	1.3 Multijet 16V	2.0 TFSI	6.0 TDi quattro
Baujahr	2011	2011	2011
Leistung (kW)	55	147	368
Leergewicht (kg)	1.010	1.395	2.680
Länge (mm)	3.538	4.286	5.063
Breite (mm)	1.589	1.765	2.000
Reifen vorne Reifen hinten	155/80 R 13	205/55 R16	295/40 ZR 20
Felge vorne Felge hinten	5J x 13	7J x 16	9J x 21
Raddurchmesser (mm)	578	632	740
Reifengewicht (kg)	5,5	9,5	15,0
Kosten Reifen ca. (€)	40	55	340
Kosten Felge ca. (€)	40	100	300
Wendekreis (m)	9,8	10,7	11,9



Maßstäblicher Reifen-/Radvergleich

Dieser Größenvergleich veranschaulicht die Tragik des modernen Automobilbaus. Die ständige Hochrüstung von Leistung und Größe führte zu einer riesigen, geradezu perversen Differenz zwischen den größten und den kleinsten Fahrzeugen. Wobei auch ein Fiat Panda über alles verfügt, was ein modernes Automobil braucht, sogar über vier Türen und vier Sitzplätze. Nur ein entscheidendes Element fehlt ihm, Prestige. Bekanntlich ist der Mensch bereit, dafür mehr Geld auszugeben als für vieles andere.

Die Fahrdynamik

Fetisch Bremsweg

Bremswegmessungen erfreuen sich bei uns steigender Beliebtheit. Sie liefern objektive Zahlenwerte und der Tester ist somit nicht auf sein subjektives Urteilsvermögen angewiesen. Zahlen lügen nicht. Aus diesem Grund erweiterte uns im Laufe der Jahre die Zahl der Bremsmanöver ganz erheblich. Insgesamt 35 Punkte kann ein Fahrzeug mit optimalen Bremsleistungen nach uns Definition erzielen. Diese Vorgehensweise täuscht Objektivität aber nur vor, denn die Subjektivität wird lediglich von der Fahrzeugbeurteilung auf die Auswahl der Testkriterien und deren Gewichtung verschoben. Von Churchill stammt der bekannte Ausspruch: „Traue keiner Statistik, die du nicht selbst gefälscht hast.“ Fälschung ist in den meisten Fällen gar nicht erforderlich. Die richtige Auswahl der Kriterien und deren Gewichtung führen ebenfalls zum angestrebten Ergebnis. Die Bremswegmessungen liefern den besten Beweis für diese These.

Objektivität der Bremswegmessungen

Zum Erzielen einer möglichst guten Bodenhaftung in den entscheidenden Manövern werden die Reifen sorgfältig ausgesucht und vorbereitet. Erst einmal werden sie auf dem Prüfstand vorsortiert. Rundlauf, Fertigungsgenauigkeit und andere Kriterien spielen dabei eine Rolle. Bevor sie mit dem Fahrzeug Bekanntschaft machen, werden sie in der Profiltiefe auf das gerade noch akzeptable Mindestmaß reduziert. Denn wie jeder am Rennsport interessierte Laie weiß, verhält sich die Bodenhaftung umgekehrt proportional zur Profiltiefe. Anschließend werden die Reifen einem ausgeklügelten Einlauf- und Einbremsprozess unterzogen, bevor sie schließlich mit dem Zielfahrzeug Bekanntschaft machen. Jetzt erst sind sie bereit, zum eigentlichen Event anzutreten.

So ähnlich präpariert die Formel 1 ihre Reifen vor dem Rennen. Die Rede ist hier aber nicht vom Rennsport, sondern von den Reifen für Testfahrzeuge. Das sind jene Fahrzeuge, die die Automobilhersteller den Testern kostenlos zur Verfügung stellen. Zugegeben, der Vergleich zur Formel 1 hinkt. Denn in der Formel 1 gibt es nur einen Hersteller und eine Größe. Das vereinfacht die Prozedur. Bei den Testfahrzeugen dagegen müssen die Autobauer aus der Palette der freigegebenen Reifenhersteller erst einmal denjenigen auswählen, der im Moment gerade die besten fahrdynamischen Eigenschaften aufweist. Außerdem kommt es darauf an, den breitesten zulässigen Reifen zu nehmen, auch wenn dieser nur als Sonderausstattung verfügbar ist.

Così fan tutte - so machen es alle (Damen), und wer nicht mitmacht, wird gnadenlos im Vergleichstest mit schlechten Noten abqualifiziert. Darob entbrennt bei den Reifenherstellern ein gnadenloser Kampf um die beste Bodenhaftung und die besten Handlingeigenschaften. Denn diese Kriterien entscheiden, ob sie bei den Automobilherstellern als Lieferant in Frage kommen. Und wie so oft, hat mal dieser mal jener die Nase vorn. Einmal ist es Pirelli, dann wieder sind es Dunlop, Michelin, Bridgestone oder andere, die in der „Szene“ als die „Besten“ gehandelt werden.

Die Folgen für die Reifenentwicklung sind absehbar. Eine steife Karkasse, eine weiche Gummimischung der Lauffläche, eine geringe Profiltiefe und wenig Profilaussparungen, das sind schon einmal wichtige Grundvoraussetzungen für ein gutes Abschneiden in den fahrdynamischen Untersuchungen. Zu diesen zählen die verschiedenen Ausweichtests, der Slalom und der Handlingkurs in Hockenheim. Und nicht zu vergessen, die Bremswegmessungen.

Bremswege im Fahrzeugvergleich

Bremswege sind Reifensache! Je breiter und größer der Reifen, desto kürzer der Bremsweg. Mit diesem simplen Wissen kann man den Ausgang von Bremsweg-Vergleichsmessungen zweier oder mehrerer Fahrzeugmodelle mit großer Wahrscheinlichkeit vorhersagen. Zum Beweis dieser Behauptung sei aus der Fülle an möglichen Beispielen exemplarisch ein Vergleich

zwischen Opel Astra und VW Golf angeführt, entnommen aus dem **auto motor und sport** Test-jahrbuch 2011.

Fahrzeug		Opel Astra 1.4 Edition		VW Golf 1.2 TSI Comfortline	
Bereifung		215/50 R 17 V Bridgestone Turanza ER 300		205/55 R 16 V Dunlop Fastresponse	
		Bremsweg	Punkte	Bremsweg	Punkte
aus 100 km/h kalt leer	m	35,0	10	35,6	9
aus 100 km/h kalt beladen	m	35,9	4	36,3	4
aus 100 km/h warm beladen	m	35,1	10	37,6	7
aus 130 km/h kalt leer	m	58,0	4	64,6	3
μ -split-Bremsweg	m	98	4	114	3
aus 100 km/h nass	m	42	5	44	5
Summe Punkte			37		31

Bremswegvergleich in der Kompaktklasse

Spielen denn die Bremsen und das Bremsregelsystem ABS bei den Bremswegmessungen überhaupt keine Rolle? Doch, natürlich! Die Bremsen selbst müssen ausreichend dimensioniert sein, um den Kraftschluss der Reifen optimal auszunutzen, und um bei thermischer Belastung nicht in das Fading zu geraten. Und das Anti-Blockier-System soll einerseits möglichst wenig Bremsweg verschenken, andererseits bei μ -split-Bremsungen und in der Kurve eine gute Bremsstabilität gewährleisten.

Für die Erfüllung der ersten Forderung nach einer mehr als ausreichenden Dimensionierung der Bremsanlagen sorgte **ams** in der Vergangenheit durch regelmäßige Bremsenvergleichstests. Die Palette der Tests ergänzen sie bei diesen Gelegenheiten um einige Prozeduren, die die Bremsen leistungsmäßig bis an die Grenzen belasten. Bei den Standardmanövern der Fahrzeugtests ist das in der Regel nicht mehr der Fall, dazu sind die Bremsen zu großzügig dimensioniert.

Zu Hilfe kommt der Autoindustrie die Tendenz zu immer größeren Felgendurchmessern, und dies sogar in zweierlei Hinsicht. Zum einen vergrößert sich mit dem Felgendurchmesser der Einbauraum der Bremsen. Ein größerer Bremsscheibendurchmesser bedeutet aber einen größeren wirksamen Hebelarm der Bremsbacken. Der zweite Effekt ist eine bessere Bremsenküh-

lung durch eben diese größeren Bremsscheiben und durch eine bessere Luftdurchströmung der großen Felgen.

Vergleicht man die Bremsanlagen unterschiedlicher Fahrzeuge aus dem gleichen Segment, stellt man eine weitgehende Übereinstimmung aller Bauteile fest. (Wie man überhaupt feststellen kann, dass sich die Fahrzeuge immer mehr ähneln.) Dies liegt z. T. daran, dass sich die Bremsenindustrie auf einige wenige Hersteller beschränkt, die am liebsten identische Komponenten in Golf, Astra, Fokus usw. einbauen würden. Eine von den Kosten gesteuerte Tendenz, die sich an vielen Stellen im Fahrzeug wiederfindet, nicht nur bei den Bremsen. Weitere Treiber dieser Vereinheitlichungstendenz sind die Fahrzeughersteller, die bei den Komponenten ihrer Autos aus Wettbewerbsgründen gerne mehrere Lieferanten vorhalten, die sie dann gegeneinander ausspielen können. Dazu dürfen sich die Bauteile und Systeme nur marginal voneinander unterscheiden.

Das Paradebeispiel für diesen Sachverhalt ist das ABS/ESP-System. Auf dem Weltmarkt sind nur eine Handvoll Hersteller die in der Lage, ein solches System anzubieten. Dazu gehören z.B. Bosch und Conti (vormals Teves). Im Laufe der Jahre wurden sich die Systeme nicht nur in ihren Grundfunktionen sondern auch äußerlich zum Verwechseln ähnlich.

Der kurze Ausflug in die Bremsen- und ESP-Technik soll verdeutlichen, dass die Unterschiede im Bremsweg nicht von den reinen Hardware-Komponenten herrühren. Zwar können noch kleinere Differenzen aus unterschiedlichen Prioritäten bei der Abstimmung des ABS/ESP-Systems resultieren. Der eine Hersteller legt vielleicht mehr Wert auf Bremsweg, der andere auf Bremsstabilität. Aber ebenso wie bei der Hardware sind auch bei der Betriebssoftware die Unterschiede nur noch marginal.

Keinesfalls darf man einen weiteren möglichen Einfluss unterschlagen. Es handelt sich um das Fahrzeug selbst. Je länger der Radstand, je tiefer der Schwerpunkt und je gleichmäßiger die Achslastverteilung, desto einfacher wird die Bremsenauslegung. Und desto kürzer kann der Bremsweg unter allen Betriebsbedingungen ausfallen, z.B. beim Bremsen in der Kurve oder auf μ -split. Fahrzeuge mit geringer Eigenstabilität wie der Smart oder die SUVs sind hier definitiv im Nachteil. Deshalb beschränken wir uns beim Bremswegvergleich auf Fahrzeuge aus dem gleichen Segment, so wie es in unserem Beispiel mit Opel Astra und VW Golf der Fall ist.

Wenn aber alle maßgeblichen Bremsen- und Fahrzeugeinflüsse auf den Bremsweg ausgeschlossen sind, bleibt nur noch der Reifen als bestimmendes Element übrig. Und von den Reifenparametern wiederum sind im wesentlichen Gummimischung und Aufstandsfläche für den Bremsweg verantwortlich. Daraus erklärt sich z. T. die Tendenz zum Durchmesser- und Breitenwachstum der Reifen. Denn mit diesen beiden Größen korreliert die Aufstandsfläche. Gleichzeitig nehmen auch Flächeninhalt der Lauffläche und Verschleißvolumen zu, was die Möglichkeit eröffnet, eine weichere und damit haftfähigere Gummimischung einzusetzen. In

Summe ergeben sich also enorme Bremswegvorteile für Breitreifen mit großem Durchmesser – aber nur unter idealen Bedingungen, wie wir gleich sehen werden.

Den Testern einen Astra mit Breitreifen aus dem Sonderausstattungsprogramm in den Fuhrpark zu stellen, war sicherlich ein geschickter Schachzug der Opel Presseorgane – was den Bremsweg angeht. Jene dankten es ihnen mit einem Bewertungsbonus von sechs Punkten gegenüber dem VW Golf. Allerdings ist mit dem Wissen um diese Zusammenhänge das Verhalten der Tester schlichtweg unverständlich, um nicht zu sagen unfair. Denn würde man die Reifen zwischen Astra und Golf tauschen, hätte ohne Zweifel der Golf die kürzeren Bremswege. Korrekt wäre es, beide Fahrzeuge mit ihrer Basisbereifung und sogar mit einem identischen Fabrikat auszustatten.

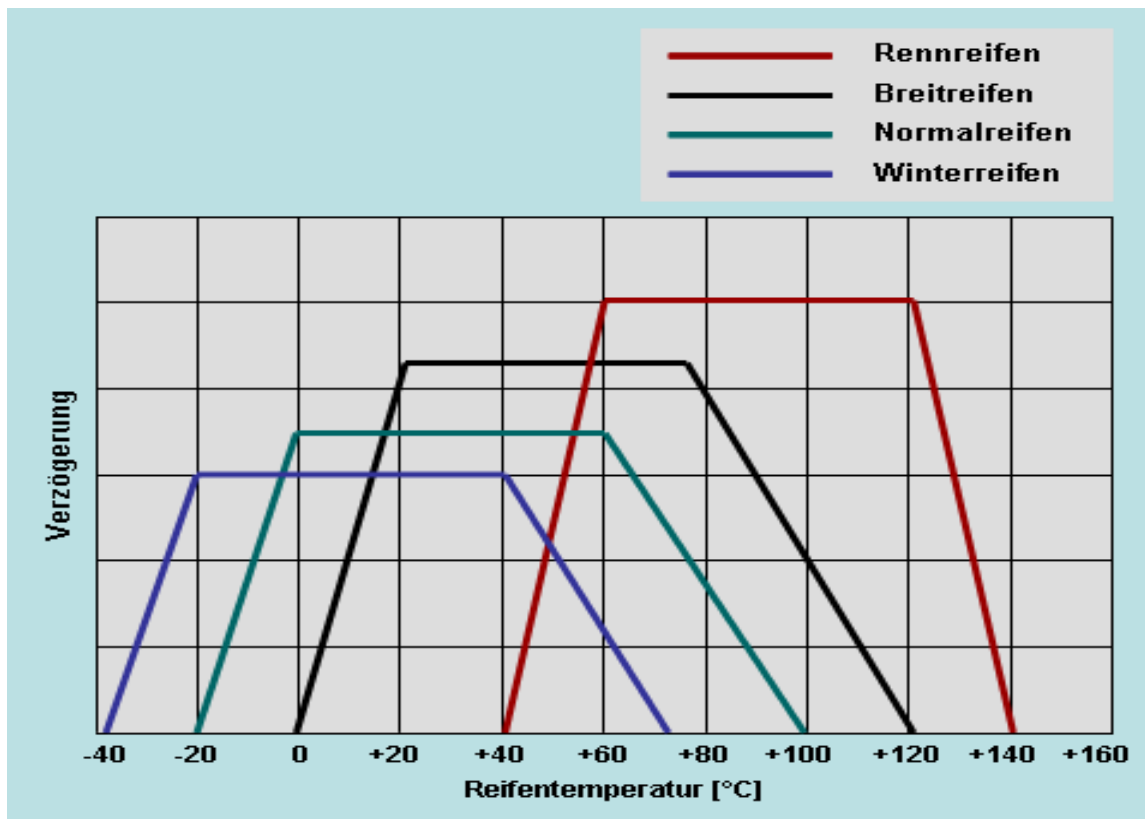
Das Temperaturfenster

Wer schon einmal eine Formel 1 Übertragung auf RTL über sich ergehen ließ, weiß über die Reifenproblematik Bescheid. Die beiden hinreichend bekannten Kommentatoren werden nicht müde, immer wieder die Reifenproblematik breitzutreten. Im Prinzip geht es immer um das Gleiche. Die Reifen funktionieren nur in einem bestimmten, engen Temperaturfenster. Deshalb warten die Reifen mit Heizdecken schön eingepackt und vorgewärmt auf ihren Einsatz, damit sie der Pilot nach dem Reifenwechsel nicht erst langwierig auf Betriebstemperatur bringen muss. Aber der Fahrer muss aufpassen, die Reifen im Eifer des Gefechts nicht zu überhitzen, denn sonst bauen sie rapide an Haftvermögen ab. Es entstehen dann die gefürchteten Körner, das sind kleine Gummiklumpen, die sich von der Lauffläche lösen, und auf denen der Reifen wie auf Kugellagern anfängt zu rutschen. Was wiederum die möglichen Beschleunigungen weiter verringert.

Muss man bei Reifen für Serienfahrzeuge mit einer ähnlichen Problematik rechnen? Zur Beantwortung gehen wir noch einmal zurück zur Vergleichstabelle. Der größte Unterschied tritt bei der Bremsung warm auf. Der Bremsweg beim VW Golf verlängert sich erwartungsgemäß, was die Interpreten bei **ams** auf die nachlassende Bremswirkung schieben. Eine Bremse erwärmt sich durch wiederholtes scharfes Abbremsen und verliert dann durch das sog. Fading an Wirkung, so steht es in jedem Lehrbuch für Bremsen. Aber was passiert beim Opel Astra? Paradoxerweise verkürzt sich hier der Bremsweg um fast einen halben Meter. An dieser Stelle sollte sogar den Testern von **ams** klar geworden sein, dass diese Veränderungen nichts mit den Bremsen zu tun haben. In beiden Fällen liegt es an den Reifen.

Ähnlich wie Rennreifen erreichen Breitreifen ihre maximale Bodenhaftung in einem ganz bestimmten Temperaturbereich. Eigentlich gilt diese Behauptung für alle Reifen, nur ist bei normalen Reifen das Fenster relativ breit und zu niedrigen Temperaturen hin verschoben. Je breiter

der Reifen, desto schmaler das Temperaturfenster, und desto höher liegt die Temperatur der besten Haftwirkung.



Qualitativer Vergleich der Arbeitstemperaturen unterschiedlicher Reifentypen

Bei der Anwendung des qualitativen Diagramms sind ein paar Dinge zu beachten:

- Die unterste Linie bedeutet nicht Null-Verzögerung, sondern lediglich eine deutlich verringerte Verzögerung.
- Die Kurvenzüge sind keineswegs allgemeingültig. Sie können höher oder breiter ausfallen, sowie sämtliche Zwischenstufen einnehmen.
- Der Verlauf ist bei weitem nicht so geometrisch exakt wie dargestellt.

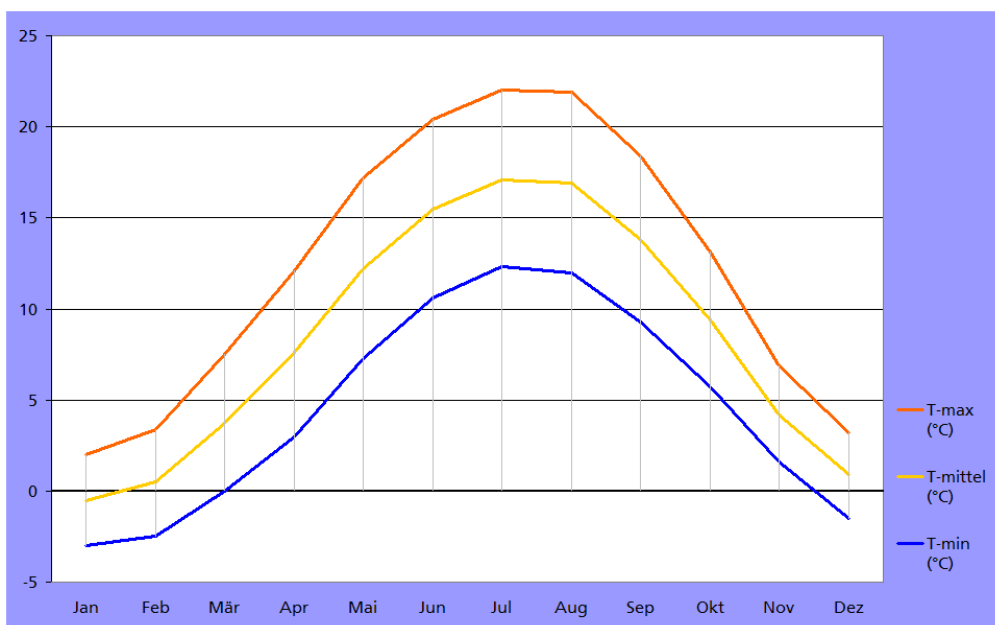
Mit diesem Bild vor Augen fällt die Erklärung der Bremswegunterschiede anders aus. Angenommen die Reifentemperatur bei der ersten Bremsung liegt in beiden Fällen bei 20°C. Bei der zehnten liegt Opel bei 70°C. VW liegt bei 80°C, weil sich der schmalere Reifen stärker erwärmt. Ferner angenommen der VW Reifen verhält sich wie der grüne, der Opel Astra wie der schwarze Kurvenzug.

Anfangs sind die Unterschiede sehr klein mit leichten Vorteilen von Schwarz. Mit steigender Erwärmung legt der schwarze Reifen weiter zu, während Grün auf dem Anfangsniveau verharrt.

Ab 60°C baut der grüne Reifen bereits ab, während Schwarz sein hohes Reibniveau bis etwa 75°C beibehält. Das bedeutet Freispruch für die Bremsen des VW Golf. Die Verantwortung für die Bremswege liegt eindeutig bei den Reifen.

Das (meteorologische) Klima in Deutschland

Nicht nur im gesellschaftlichen und wirtschaftlichen Bereich herrscht in Deutschland ein recht frostiges Klima. Während sieben Monaten des Jahres liegen in Deutschland die Durchschnittstemperaturen unterhalb 10°C. Nur selten steigen die maximalen Temperaturen über 20°C an, die Durchschnittstemperaturen erreichen nicht einmal im Hochsommer die 20°C Marke.



Durchschnittliche Tagestemperaturen (Quelle Wikipedia)

Daraus kann man ableiten, mit welcher Wahrscheinlichkeit Vollbremsungen bei diesen Temperaturen stattfinden werden. Ca. 80 Prozent aller Bremsungen ereignen sich bei Außentemperaturen unter 15°C. Für unter 10°C sind es immerhin noch ca. 50 Prozent. In der Gewissheit, dass in mindestens 95 Prozent aller Fälle die Außentemperatur identisch mit der Reifentemperatur ist, können diese Werte unverändert für die Bremswegmessungen übernommen werden. Anders ausgedrückt: Mit einer Wahrscheinlichkeit von 20 Prozent findet eine Bremsung, bei der es auf jeden Zentimeter Bremsweg ankommt, bei Reifentemperaturen oberhalb von 15°C statt, oberhalb 10°C sind es 50 Prozent.

Angenommen, in unserem Beispiel läge das Temperaturniveau um 10 °C niedriger? Dann hätte Grün am Start sogar einen leichten Vorteil und würde am Ende bei 70°C nicht ganz so stark abbauen. Wäre es für den Kunden nicht wesentlich günstiger, die Reifen würden nach diesen

Erkenntnissen ausgelegt? Ist es nicht sogar äußerst bedenklich, dasjenige Fahrzeug mit Punktabzug zu bestrafen, das sich an diese Auslegungsrichtschnur hält? Müsste nicht die Kaltbremsung wesentlich mehr Gewicht bekommen? Sollte nicht der Warmbremsweg erst dann einen Punktabzug bekommen, wenn nachweislich nachlassende Bremsen daran schuld sind?

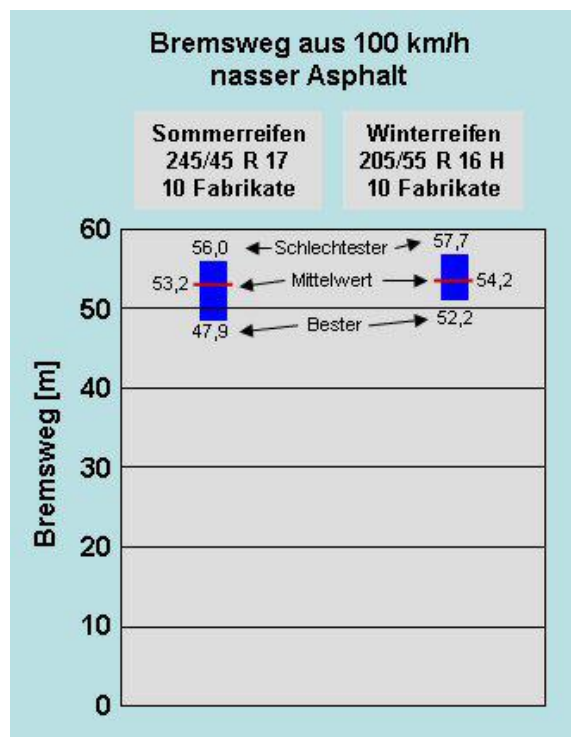
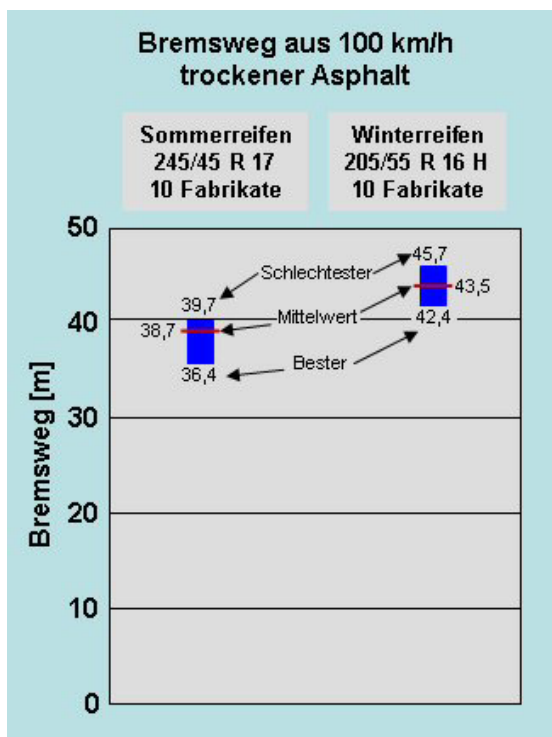
Der Bremsweg bei Tieftemperaturen

Wesentlich kritischer sieht die Lage aus bei noch tieferen Temperaturen. Bereits bei 0°C ist der Breitreifen dem Normalreifen hoffnungslos unterlegen. Bei Minusgraden hat selbst der Normalreifen schon Einbußen zu verzeichnen, das Haft(un)vermögen des Breitreifens wird geradezu kriminell. Fahrzeuge mit diesen Reifen werden zur potentiellen Bedrohung aller Verkehrsteilnehmer, sie selbst mit eingeschlossen. Durch die Breitreifenbrille gesehen erweist sich die Forderung nach Winterreifen als absolut sinnvoll und richtig. Auch **ams** und natürlich der **ADAC** befürworten vehement eine Winterreifenpflicht. Die blaue Kurve spiegelt das Potential dieses Reifentyps bei tiefen Temperaturen wider. Mit der Problematik von Winterreifen beschäftigt sich ein eigenes Kapitel.

Reifenvergleichstests

Zur Ehrenrettung von **ams** muss man konstatieren, dass sich die Bremswegmessungen nicht nur auf Fahrzeugvergleiche beschränken. Jedes halbe Jahr werden aufwendige Versuche unternommen, den besten Sommer- bzw. Winterreifen zu ermitteln. Zu diesen Vergleichen treten jeweils zehn verschiedene Fabrikate einer bestimmten Reifengröße gegeneinander an, montiert auf jeweils ein- und demselben Fahrzeug. Der jüngste Winterreifentest im Oktober 2010 beinhaltete insgesamt 15 Testkriterien, vier davon auf Schnee und jeweils fünf auf nassem und trockenem Asphalt. Bei diesen Tests geht **ams** selbstverständlich davon aus, dass das jeweilige Fahrzeug in der Lage ist, den Kraftschluss zwischen Reifen und Fahrbahn maximal auszunutzen.

Interessant ist der Vergleich der Winterreifen mit dem Test von Sommerreifen des Typs Breitreifen, der im Mai 2010 von **ams** ebenfalls an 10 Fabrikaten durchgeführt wurde. Bei der Gegenüberstellung dieser beiden Testergebnisse in den folgenden Diagrammen wurde bewusst auf Einzelheiten verzichtet, da es nur auf die prinzipiellen Unterschiede ankommt.



Deutlich zu sehen ist der relativ große Unterschied im Bremsweg auf trockener Straße. Mit den „schmächtigen“ Winterreifen verlängert sich der Bremsweg aus 100 km/h im Mittel um etwa zehn Prozent. Das Diagramm verdeutlicht auch die große Streuung der Sommerreifen im Gegensatz zu den Winterreifen. Verantwortlich dafür ist ein positiver Ausreißer mit 36,4 Metern.

Gänzlich anders sieht die Lage bei nasser Straße aus. Der Vorteil der Breitreifen beträgt im Mittel nur noch 1 Meter. Und das nur, weil auch hier wieder ein positiver Ausreißer den Mittelwert verbessert, während ein negativer Ausreißer bei den Winterreifen deren Mittelwertverschlechtert. Jedenfalls ist der beste Winterreifen deutlich besser als der schlechteste Sommerreifen.

Die Testbedingungen

Diese Betrachtung vermittelt eine Ahnung davon, wie aufwendig die Tests gestaltet sein müssen, um allen Probanden die gleichen Voraussetzungen zu gewährleisten. Oder muss man nicht vielmehr im Konjunktiv bleiben, denn absolut identische Rahmenbedingungen lassen sich beim besten Willen nicht erzeugen.

Das beginnt bei der Temperatur, und setzt sich fort bei der Luftfeuchtigkeit, der Sonneneinstrahlung und dem Wind. Man kann davon ausgehen, dass sich die Tests über mehrere Tage hinziehen, und sich die Parameter grundlegend ändern. Schon allein ein Bremsversuch am Morgen bietet andere Voraussetzungen als einer am Nachmittag.

Dazu kommt noch das Problem, dass nicht jeder Reifen mit dem Testfahrzeug gleich gut harmoniert. Die Hersteller Audi, BMW und Mercedes sind schon seit langem dazu übergegangen, für ihre Fahrzeuge spezielle Reifen zu entwickeln. Das sind keine gänzlichen Neukonstruktionen, sondern „nur“ modifizierte Standardreifen. Bei den Vergleichstests kommen aber die Standardprodukte zum Einsatz, und nicht die für das Testfahrzeug zugeschnittenen Derivate.

Das Fahrverhalten

Was für den Bremsweg gilt, gilt gleichermaßen für das Fahrverhalten. Die entsprechenden Tests für die Beurteilung der Straßenlage sind 18m Slalom, ISO-Wedeltest und VDA Ausweichgasse, letztere umgangssprachlich Elchtest genannt. In seltenen Fällen, etwa bei Sportgeräten wird auch noch eine schnelle Runde auf dem Hockenheimring absolviert. Als Kriterium für Straßenlage und Sicherheit gilt die Geschwindigkeit, mit der die Testobjekte diese Manöver absolvieren können. Nach der Maßgabe, je schneller, desto besser.

Für die Übungen gibt es eine Gesamtnote von maximal zehn Punkten. In diesem Fall erhielten beide Kandidaten neun Punkte, was in Anbetracht der minimalen Unterschiede völlig in Ordnung geht. Die geringen Differenzen sind als Indiz zu werten, dass die Entwicklungsmannschaften beider Häuser ihr Handwerk verstehen, die Wolfsburger vielleicht eine Spur besser als die Rüsselsheimer. Denn sonst könnte sich der Opel Astra zumindest geringfügige fahrdynamische Vorteile verschaffen. Beiden gelingt es aber, ihre Fahrzeuge möglichst neutral abzustimmen, denn das ist eine der wichtigsten Voraussetzungen für ein rasches Durcheilen der Pylonengassen, ohne dass das ESP korrigierend und bremsend eingreifen muss.

Der Komfort

Paradebeispiel Jaguar

Anlässlich Testfahrten mit Jaguar XJ12 und Jaguar Sovereign schwärmten die Automobiltester in den 80er Jahren landauf, landab vom überragenden Komfort, vom geschmeidigen, samtweichen Abrollen selbst auf holperiger Straße, vom sanften Dahingleiten ohne störende Impulse vom Fahrwerk. Völlig zu Recht trägt eines der exklusivsten Modelle den Namen Sovereign.

Das empfanden die Marketingexperten aber als nicht zeitgemäß. Deshalb veranlassten sie die Ingenieure mit dem Zeitgeist Schritt zu halten und die Marke in Richtung Sportlichkeit zu trimmen. Angestachelt durch den Erfolg von BMW und mit dem Blick auf höhere Stückzahlen verließen sie ihre angestammte Marktnische, und gaben damit ihr kostbares Alleinstellungsmerkmal auf. Sie brachten es fertig, das Markenimage durch ein pseudomodernes Design, eine unübersichtliche Modellvielfalt und ein „sportliches“ Fahrverhalten irreparabel zu beschädigen.

Wichtigster Bestandteil der „Modernisierung“ waren natürlich die Reifen. Unschwer kann man erraten, wohin die Reise bei den Reifendimensionen führte, nämlich zur gleichen Verneigung vor den extremen Niederquerschnitten wie bei allen anderen Herstellern auch.

- Jaguar XJ 12 von 1980: 205/70 VR 15
- Jaguar XJ 5.0 V8 Kompressor von 2010: 245/45 R19 Y

Um den Komfort war es da nicht mehr zum Besten bestellt, denn der Niederquerschnitt federt im Verhältnis zu seinem alten Kameraden sehr schlecht. Er teilt harte, trockene Schläge aus, was auf drei Ursachen zurückzuführen ist.

- Der Breitreifen besitzt zur Vermeidung von Verformung unter Seitenkräften über äußerst steife Flanken. In Verbindung mit der geringen Flankenhöhe gibt er in vertikaler Richtung kaum noch nach.
- Die Lauffläche soll auch unter Belastung noch gleichmäßig über die ganze Breite auf der Straße aufliegen, also muss sie sehr steif ausgeführt sein.
- Zusätzlich sorgt ein hoher Luftdruck dafür, dass das ganze Gebilde sich möglichst wenig unter allen vorkommenden Belastungsrichtungen verformt.

Das alles zusammen verbessert zwar die Handlingeigenschaften, die Lenkpräzision, die Agilität und die möglichen Beschleunigungen. Es vermindert aber ganz dramatisch die Federungs- und Dämpfungseigenschaften des Reifens. Leider besagt der technische Sachverhalt, dass es für den Federungs- und Abrollkomfort umso besser ist, je näher am Entstehungsort die Fahrbahnunebenheiten abgefangen werden. Am allerbesten ist es demnach, wenn der Reifen bereits das Meiste schluckt. Hat die Bodenunebenheit erst einmal das schwere Rad einschließlich der Bremse in Bewegung versetzt, wird es bedeutend schwieriger, diesen Impuls abzufangen und vom Fahrer fernzuhalten. Diese Aufgabe müssen jetzt aufwendige Achskonstruktionen und Feder-/Dämpfersysteme übernehmen.

Ende 1. Teil

Im 2. Teil geht es weiter mit den Themen Fahrwerk, Verkehrsflächenbedarf, Umwelt und Sicherheit.

Jacob Jacobson

.