

Reifen - die runden, schwarzen Dinger

*„Ich, **John Boyd Dunlop**, Tierarzt, Belfast, 50 Gloucester Street, erkläre hierdurch die Art der Erfindung wie folgt: Ein aus Gummi und Tuch oder anderem geeignetem Material hergestellter hohler Reifen oder Schlauch, der Druckluft oder anderes enthält, wird auf das Rad oder die Räder auf eine solche Weise befestigt, wie sie am geeignetsten ist. 20. Juli 1888, John Boyd Dunlop.“*

Man erkennt es ohne Schwierigkeiten: Es handelt sich um den ersten **Luftreifen**. Das erste damit ausgerüstete Fahrzeug war das Dreirad von Dunlops zehnjährigem Sohn Johnny, der damit zu seiner großen Begeisterung der schnellste und auch wendigste Fahrer weit und breit war.

Nach heutigen Maßstäben war das eine äußerst primitive Konstruktion, die aber aus einem mit Luft gefüllten Schlauch und einem Mantel bestand und sich in der Praxis als sehr vorteilhaft erwies. Dennoch, welche Entwicklung liegt zwischen damals und heute!

Der Reifen – Kompromiss aus gegensätzlichen Eigenschaften

Ein moderner PKW-Reifen ist ein weit raffinierteres und komplexeres Gebilde, als man gewöhnlich meint. Das Problem liegt vor allem darin, dass er eine Vielzahl von Eigenschaften haben muss, die sich aber teilweise ausschließen:

Der Reifen sollte z. B. weich sein, damit er sich der Fahrbahn optimal anschmiegt, ihre Unregelmäßigkeiten optimal „schluckt“ und nicht springt und er sollte andererseits hart sein, damit der Abrieb gering ist und der Reifen lange lebt.

Für eine trockene Fahrbahn wäre ein Reifen ohne Profil vorteilhaft, damit er die maximale Kontaktfläche zur Straße besitzt, voll und satt aufliegt und beim Gas geben, Kurven fahren und Bremsen eine optimale Kräfteübertragung bringt. Man nennt das Kraftschlüssigkeit.

Für nasse Fahrbahnoberflächen aber und nicht kompakte Straßenoberflächen muss er ein Profil haben das z. B. die Wasserschicht auf der Straße zerteilt, das Wasser aufnimmt, zur Seite presst und dadurch das berüchtigte Aquaplaning verhindert oder aber durch „Verzahnung“ mit der Straßenoberfläche z. B. im Winter bei Schnee, für Vortrieb des Fahrzeugs sorgt. Man nennt dies dann Formschlüssigkeit.

Die Reifeneigenschaften werden neben dem eingeschlossenen Luftvolumen und dessen Druck im Reifen (Luftfeder) durch die elastischen Eigenschaften der Gummielemente (Gummielastizität, Gummireibung) sowie die Geometrieverhältnisse (Reifenquerschnittsverhältnis) beeinflusst. Aufgabe von Ingenieuren, Physikern und Chemikern ist es die drei Einflüsse unter einen Hut zu bringen. Schwierig wird das, da die meisten Reifeneigenschaften nicht voneinander unabhängig sind und Änderungen an einer Eigenschaft meistens andere Eigenschaften in Mitleidenschaft ziehen.

Zwei Beispiele:

Eine relativ harte Laufflächenmischung erhöht die Lebensdauer des Reifens, verschlechtert jedoch den Fahrkomfort.

Bessere Ableitung des Regenwassers erzielt man durch höheren Negativ-Profilanteil und mehr Querprofilierung, mit der nachteiligen Folge einer geringeren Laufleistung und eines lautereren Abrollgeräusches.

Der Reifenentwickler muss also in Verbindung mit seinen Kollegen der Fahrzeugentwicklung stets einen Eigenschaftskompromiss finden, der den Kunden zufrieden stellt wobei alle Eigenschaften, welche die Fahrzeugsicherheit betreffen im Vordergrund stehen.

High-Tech-Produkt Gürtelreifen

Der Reifen muss als Bindeglied zwischen Fahrzeug und Fahrbahn alle angreifenden Kräfte übertragen: Senkrechte Kräfte durch das Fahrzeuggewicht und Radlastschwankungen, die Längskräfte durch Beschleunigen und Bremsen, die Querkkräfte beim Kurven fahren und schließlich die Fliehkräfte, die durch die Rotation des Reifens erzeugt werden.

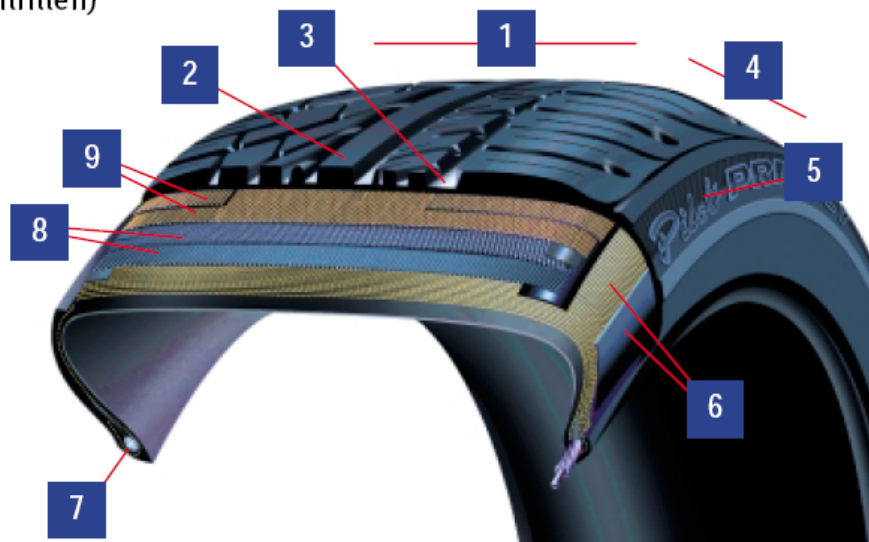
Moderne Stahlgürtelreifen sind High-Tech-Produkte mit hoher Leistungsfähigkeit. Die Kontur des Gürtels stabilisiert die Lauffläche und sorgt auch in Kurven für optimale Kräfteübertragung zwischen Fahrzeug und Strasse, auch bei hohen Fahrgeschwindigkeiten bleibt diese erhalten.

Der Gürtel sorgt auch dafür, dass beim Abrollen des Reifens die Deformation des Laufflächengummis gering gehalten wird, was sich in geringer Erwärmung, damit geringerem Rollwiderstand und somit geringerem Kraftstoffverbrauch aber auch geringerem Abrieb auswirkt. Aber all das wird nur erreicht wenn der Reifenbenutzer dafür sorgt, dass der für die Tragfähigkeit des Reifens notwendige Reifenluftdruck eingehalten wird.

Die „Architektur“ des Reifens

Wie sieht so ein rundes schwarzes Ding, das all das kann, eigentlich innen aus? Dies zeigt am Beispiel eines Pkw-Stahlgürtelreifens modernster Bauart das nachfolgende Bild.

- 1 Lauffläche
- 2 Profil positiv (Profilstollen)
- 3 Profil negativ (Profilrillen)
- 4 Reifenschulter
- 5 Flanke
- 6 Karkasslagen
- 7 Wulstkern
- 8 Stahlgürtellagen
- 9 Abdecklagen



Der Reifen besteht aus zwei Arten von Komponenten:
Gummierten Festigkeitsträgern
Gummierelementen.

Die Festigkeitsträger sind:
Die zwei Wulstkabel
Die Textilkarkasse (oder Karkassgewebe)
Der Stahlgürtel (oder Gürtelgewebe)

Alle diese Reifenteile, Wulste, Karkasse, Seitenstreifen, Stahlgürtel, Nylon- Bandage und Lauffläche werden in einer Vorstufe der Reifenfertigung auf Extrudern und Kalandern getrennt gefertigt und dann in einem weiteren Schritt zum Reifen zusammengefügt.

In der Summe aus allen drei Materialarten ergeben sich die folgenden Gewichtsanteile:

- ca. 85 % Gummimischung
- ca. 5 % Textilgewebe
- ca. 10 % Stahldraht

Der überwiegende Teil des Materials ist also Gummi. Aus diesem Grund gehört die Reifenindustrie auch zur Gummiindustrie.

Die Kautschuke des Reifens

Welche Arten von Kautschuk werden beim Pkw-Reifen hauptsächlich verwendet?

Naturkautschuk (NR)

Wegen seiner hohen Kerbzähigkeit und der geringen Wärmeentwicklung beim dynamischen Einfederungsvorgang des PKW-Reifens verwendet man ihn hauptsächlich im Seitenwandbereich. Aber auch die Gummierungsmischungen der Festigkeitsträger enthalten einen hohen Anteil Naturkautschuk.

Styrol-Butadien-Kautschuk (SBR) und Butadien-Kautschuk (BR)

Wegen ihrer hohen Haftung auf der Straße bzw. ihrer hohen Abriebfestigkeit finden wir die größten Mengen hauptsächlich in Laufflächenmischungen. Zusammen sorgen sie für gutes Handling, sicheres Bremsen und gute Laufleistung.

Butylkautschuk (IIR)

Wegen seiner überragenden Gasdichtigkeit wird dieser Kautschuk für die Innendichtschicht beim schlauchlosen Gürtelreifen eingesetzt.

In der Frühgeschichte des Reifens hatte man als Rohstoff für Fahrzeugreifen nur Naturkautschuk zur Verfügung, gewonnen aus dem tropischen Baum *Hevea Brasiliensis*. (Siehe dazu den wdk Report Nr. 7 „Der Baum, der Kautschuk schwitzt“.) Doch bereits im Jahre 1912 wurden die ersten vollsynthetischen Reifen, damals aus Methylkautschuk, hergestellt und vom seinerzeitigen Chef der Farbenfabriken Bayer, Geheimrat **Carl Duisberg**, auf einer Fahrt von Leverkusen nach Freiburg im Breisgau benutzt – ohne Panne, was zu dieser Zeit eine Sensation war.

Im ersten Weltkrieg war man in Deutschland vom Naturkautschukweltmarkt abgeschnitten und somit sehr dankbar für diesen, wenn auch teuren, Rohstoff für die Reifenfabrikation. In den 20er-Jahren kehrte man dann wieder zur Verwendung des noch besseren Naturkautschuks zurück. Doch ab etwa 1930 wurde endgültig mehr und mehr Synthetikautschuk eingesetzt.

Heute werden in der PKW-Reifen-Fertigung Natur- und Synthetikautschuke in fast allen Reifenmischungen im Verschnitt eingesetzt, wodurch die Vorteile der einzelnen Kautschuke besser genutzt werden können.

Gummimischungen

Gummimischungen bestehen aus einer Kautschukmatrix, einem oder mehreren Füllstoffen, Weichmacheröl, Alterungsschutzmitteln und einem Vernetzungssystem (Schwefel und einem oder mehreren Beschleunigern). Im Idealfall sind alle Komponenten in der Matrix ideal verteilt.

Hier ist die Kreativität der Chemiker gefragt. Sie wählen die Mischungskomponenten aus und bestimmen ihre Anteile. Als Füllstoffe werden heute **Ruß** und **Kieselsäure**

eingesetzt. Sie sind maßgebend für die Mischungseigenschaften und steuern Reifeneigenschaften wie Laufleistung, Rollwiderstand und Fahrverhalten.

Für die einzelnen Komponenten des Reifens gibt es natürlich jeweils eigene Rezepturen, abgestimmt auf die gewünschten physikalischen Eigenschaften.

Eine „mittlere“ Pkw-Reifen-Mischung enthält in Gewichtsprozenten gerechnet:

- ca. 45 % Kautschuk
- ca. 30 % Ruß und Kieselsäure („Silica“)
- ca. 10 % Schwefel, Beschleuniger, Alterungsschutzmittel und sonstige Chemikalien
- ca. 15 % Öl

Mischungsherstellung

Die Mischungsherstellung erfolgt absatzweise mit einem Stückgewicht von etwa 250 bis 300 kg. Alle Mischungskomponenten werden exakt verwogen („Mischungsrezeptur“) und kommen in ein Knetwerk. Dort wird das Ganze gründlich vermischt und durchgeknetet, wobei die Masse sich je nach dem auf 100 °C bis 200°C erwärmt.

Das Ergebnis ist eine zähe Masse, die anschließend sofort auf einem Extruder, der im Prinzip wie ein Fleischwolf funktioniert, über einen so genannten Roller-Dye zu 1 cm dicken Bahnen ausgewalzt wird.

Die wieder abgekühlten Bahnen versieht man gegen das Zusammenkleben mit einem Trennmittel und faltet sie dann zu Stapeln zusammen. Eine Zwischenlagerung dient zum Abkühlen und zum „Ausruhen“ der Masse. Während dieser Zeit werden die einzelnen Mischungschargen auf ihre physikalischen Eigenschaften untersucht.

Karkass-Gewebe-Herstellung

Den Unterbau des Reifens bildet die Karkasse, ein „Gewebe“ aus Kunstfasern, das nur aus Längsfäden besteht. Eine Spezialausrüstung macht die Fäden „gummifreundlich“. In einem Kalandrier (Walzwerk mit mehreren Walzen) wird das Gewebe beidseitig mit einem dünnen Gummifilm belegt.

Diese Kalandrierbahnen werden anschließend in Streifen entsprechend der späteren Karkass-Breite im Reifen geschnitten. Gleichzeitig wird die Fadenrichtung um 90° gedreht. Die Streifen werden wieder zu einem endlosen Band zusammengefügt und auf die spätere Innenseite wird eine luftundurchlässige Schicht aus Butylkautschuk aufgebracht. Der nämlich hat die größte Luft-Undurchlässigkeit aller Kautschuke und verhindert weitgehend Luftverlust beim schlauchlosen Reifen. Zum Schluss folgt das Schneiden des Endlosstreifens in reifengerechte Längen.

Wulstringherstellung

Die beiden Wulstringe sorgen für den festen und sicheren Sitz des Reifens auf der Felge. Gleichzeitig dienen sie der Verankerung der Karkasse (Karkass-Umschlag).

Ihren Kern bilden mehrere Drähte aus einem mit Kupfer oder Bronze überzogenen Spezialstahl, die beim Durchgang durch einen Querspritzkopf mit Kautschuk ummantelt und zu Ringen entsprechend dem Felgendurchmesser aufgewickelt werden.

Stahlgürtel-Gewebe-Herstellung

Der hierfür verwendete Stahldraht wird in einem mehrstufigen Ziehprozess in Verbindung mit einer Vermessung aus einem Rohdraht mit 5 mm Durchmesser hergestellt.

Danach hat dieser Draht einen Durchmesser von etwa 0,25 – 0,30 mm. Mehrere dieser Einzellitzen werden miteinander verdrillt und bilden einen so genannten Cord.

Eine Vielzahl solcher Corde werden wieder zu einem Cordgewebe verarbeitet. Es folgt, wie beim Textildcord für die Karkasse, die Beschichtung mit Kautschuk – wieder in einem Kalandrierwerk.

Den fertig kalandrierten breiten Stahlcord schneidet man mit einer Schlagschere zu Streifen der gewünschten Gürtelbreite und des vorgesehenen Gürtelwinkels. Zwei solcher Gürtellagen werden später im Reifenbau auf einer Wickeltrommel gekreuzt zum Stahlgürtel zusammengefügt.

Laufflächen-Herstellung

Hierfür verwendet man besonders „zähe“ Mischungen aus einem Kautschukverschnitt, für Sommerreifen ausschließlich synthetischer Herkunft, für Winterreifen mit einem Anteil Naturkautschuk, der besseren Tieftemperatureigenschaften wegen.

In einem Extruder wird die Mischung zu einem endlosen Band in Laufstreifenbreite geformt. Nach Abkühlung schneidet man es in Stücke von der Länge des gewünschten Reifenumfangs.

Während dieses ganzen Prozesses wird immer wieder gewogen und gemessen, um sicher zu sein, dass am Ende jeder Laufstreifen seine exakten Masse und das richtige Gewicht hat. Diese Vorgehensweise gilt natürlich für die Herstellung aller Komponenten.

Die Teile Nummer fünf, die beiden Seitenstreifen, werden nach dem gleichen Prinzip gefertigt wie der Laufstreifen.

Somit liegen nun folgende vorgefertigte Teile, so genannte „Halbzeuge“ vor:

- 1 Karkasse mit Textileinlage
- 2 Wulstringe
- 2 Seitenstreifen
- 1 Stahlgürtel aus mehreren Lagen
- 1 noch unprofilierte Lauffläche

Der Reifen wird „gebaut“

Die Teile werden jetzt an der so genannten Aufbaumaschine zu einem Reifen zusammengesetzt. Dies geschieht weitgehend automatisch, trotzdem ist die Reifenproduktion ausgesprochen arbeitsintensiv.

Zuerst wird die Karkasse auf einer zylinderförmigen expandierbaren Aufbautrommel aufgelegt. Dann schiebt man die beiden Wulste über die Karkasse und verankert sie.

Schließlich werden die Karkass-Enden um die Wulstkabel „umgeschlagen“. Danach werden die Seitenteile aufgelegt und fixiert.

Nun zum Stahlgürtel-Laufflächenpaket: Auf einer zweiten Maschine werden zwei Gewebelagen mit gekreuztem Gürtelwinkel auf einer weiteren zylindrischen Aufbautrommel mit größerem Durchmesser aufgelegt. Darüber kommt dann der Laufstreifen.

Der so gefertigte Ring wird nun mittels eines Transfersystems über dem Karkass-Ring so positioniert, dass die beiden Elemente miteinander verbunden werden können. Dies geschieht dadurch, dass die Karkasse wie ein Ballon aufgeblasen wird bis sie an der Innenseite des Gürtels satt anliegt. Nun werden die beiden Bauteile miteinander intensiv verbunden. Der Reifen-Rohling ist fertig.

Jetzt hat das Ganze schon das Aussehen eines Reifens. Nur das Profil fehlt noch. Das bekommt der Reifen bei der Vulkanisation in der Reifenform, die in einer automatischen Heizpresse eingebaut ist.

Der Heizvorgang bewirkt, dass sich die verschiedenen Kautschukteile und -schichten unter Druck und Hitze unlösbar miteinander verbinden und dass sich der noch plastische Kautschuk durch Vulkanisation in elastischen Gummi umwandelt.

Die Parameter für den Vernetzungsprozess sind die Zeit und die Temperatur sowie der Pressendruck. Je nach Reifengröße beträgt die mittlere Verweilzeit etwa 10 bis 15 Minuten. Nun hat der Reifen sein endgültiges „Gesicht“.

Endkontrollen – wichtig für die Sicherheit

Am Anfang steht die Sichtkontrolle jedes Reifens. Es folgen Prüfungen in präzise arbeitenden Kontrollmaschinen, Röntgenapparaten und Laser-Interferenz-Foto-Geräten.

Geprüft werden die Reifengleichförmigkeit nach Massenverteilung, Geometrie und Kräften, die exakte Ausrichtung des Stahlgürtels, Freiheit von Lufteinschlüssen.

Nach einem festgelegten Plan werden zudem stichprobenartig Reifen der laufenden Produktion entnommen und nach verschiedenen Kriterien in dynamischen Prüfstands- und Fahrttests untersucht.

Diese Prüfungen sind für die Verkehrssicherheit unverzichtbar. Denn die Reifen sind es, die das Fahrzeug mit der Strasse verbinden und als solche sind sie Sicherheitsbauteile. Von der auf den ganzen Umfang wirkenden Fliehkraft abgesehen, packen

sämtliche dynamischen Kräfte und Bewegungen beim Auto an den vier kaum Postkarten großen Aufstandsflächen der Reifen an. Deshalb kann sich ein Fehler in einem Reifen weit schlimmer auswirken als ein Fehler etwa in der Zündanlage des Motors, im Kraftstoffsystem oder in der Beleuchtung.

Freilich nützt die fehlerfreie Fertigung des Reifens nichts, wenn nachher der Fahrer mit zu geringem Reifendruck oder zu weit abgefahrenem Profil fährt oder wenn er die Seitenwand eines Reifens unsanft mit Bordsteinen o. ä. in Kontakt bringt.

Nur die pflegliche Behandlung der „runden Dinger“ garantiert, dass sie lange und ohne Probleme ihren Dienst leisten können.

Stationen der Reifenfertigung



Extrusion der Lauffläche



Zusammenfügen der Einzelkomponenten



Rohling vor der Vulkanisation



Fertiger Reifen nach der Vulkanisation



Qualitätskontrolle

Fotos: Continental AG