

Entwicklungsschwerpunkte zukünftiger Motorradreifen

Development trends of future Motorcycle Tires

Helmut Dähne

Kurzfassung

In den Industrieländern dieser Erde benutzt fast jeder zweite Mensch Reifen in irgend einer Form, zumeist PKW-Reifen. Viel mehr als „rund und schwarz“ ist aber kaum bekannt. Motorradreifen sind 2 mal rund und auch schwarz.

Mit diesen Unterlagen wollen wir so viel technisches Wissen weitergeben, wie man als „Reifenmensch“ haben sollte und noch ein wenig mehr für die technisch besonders Interessierten. Wir versuchen dabei Fachchinesisch zu vermeiden, um verständlich zu bleiben.

Abstract

Almost each second inhabitant of an industrialized country uses tires – at least tires for passenger cars. But more than “round and black” is not really known about them. Motorcycle tires are twice round and also black.

This paper intends to offer an overview about the motorcycle tires research and development in the last two decades as well as about the state of the art in this domain.

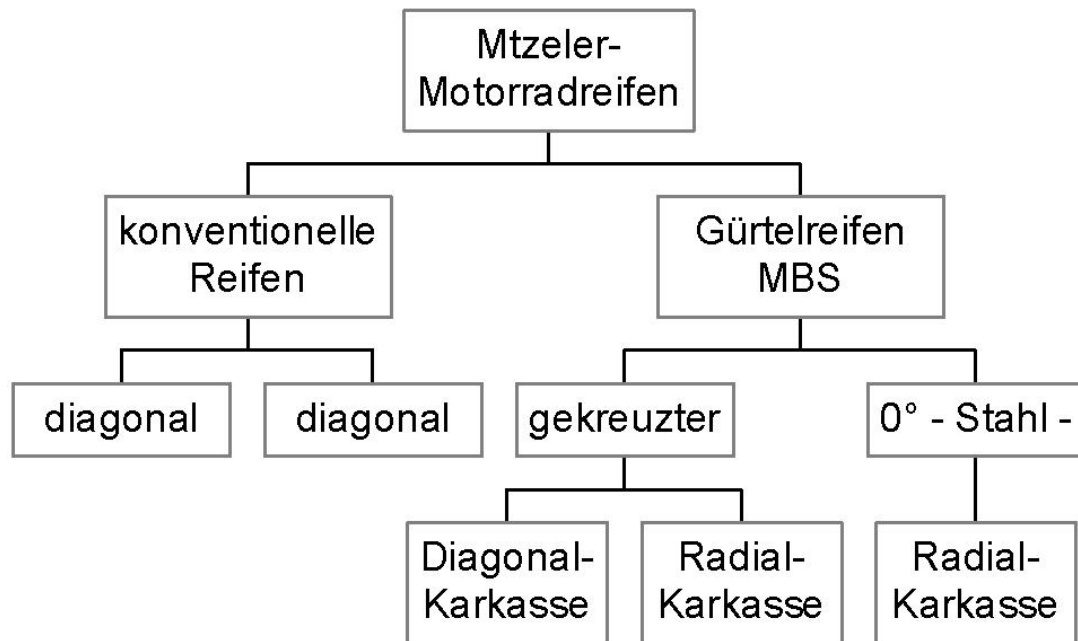
1. Einleitung

Im wesentlichen gibt es 4 verschiedene Konstruktionen von Motorradreifen. Diese lassen sich wiederum in verschiedene Varianten unterteilen. Darüber informiert Sie der Teil “Technologie” dieser Unterlagen.

Das Diagramm zeigt die Bandbreite der heute bei Metzeler produzierten Arten von Motorradreifen, wobei man zwischen Diagonalreifen, konventionellen Gürtelreifen (Diagonal u. Radial) und 0°-Gürtelreifen unterscheidet.

Dem Konstrukteur bieten sich hier besonders viele Möglichkeiten der Verwirklichung einer motorradspezifischen Lösung.

Metzeler führte 1983 das Gürtelreifensystems MBS ein, weil sich mit diesem am ehesten angepaßte Lösungen fürs Motorrad realisieren ließen. Anders als bei anderen Konstruktionen hat Metzeler damit in der Wahl der Karkasse (das ist der tragende Reifenunterbau) die Chance, den Anforderungen entsprechend jede Variante von diagonalen bis radialen Cord-Fadenlagen anzuwenden.



2. Diagonal

Der Diagonalreifen stand am Anfang der Reifengeschichte. Im PKW-Bereich ist diese Konstruktion bereits seit den 1960er Jahren vom Radialreifen abgelöst.

Oberflächlich betrachtet könnte deshalb der Eindruck entstehen die Motorradindustrie sei technologisch rückständig. Tatsächlich aber macht die unterschiedliche Geometrie und die anders geartete Fahrphysik doch einen beträchtlichen Unterschied zwischen Vierrad und Zweirad aus. Für eine Vielzahl von Einsatzfällen stellt, trotz zunehmender Radialisierung, nach wie vor der Diagonalreifen ohne Gürtel eine hervorragende Lösung dar.

Der Diagonalreifen stellt die Basis aller Reifenkonstruktionen dar. Deshalb betrachten wir ihn und die technischen Zusammenhänge im Weiteren etwas genauer:

Die Namen unterschiedlicher Reifenkonstruktionen sind aus ihrer Geometrie abgeleitet und beschreiben die Richtung in der die Karkassfäden verlaufen. Beim Diagonalreifen eben diagonal über den Reifenquerschnitt. Er ist am einfachsten herzustellen, nämlich im 1-Stufen Aufbauverfahren.

Die Karkasse besteht aus mindestens 2, bei Metzeler bis zu 4 Gewebelagen die beidseitig gummibeschichtet sind. Die Klebrigkeit des rohen Gummis sorgt dafür dass die einzelnen Lagen aneinander haften, wenn sie kreuzweise auf die Bautrommel aufeinander gelegt werden. Auf die erste Lage ist bei Schlauchlos-Reifen die Innenplatte aufdubliert. Sie übernimmt die Abdichtung.

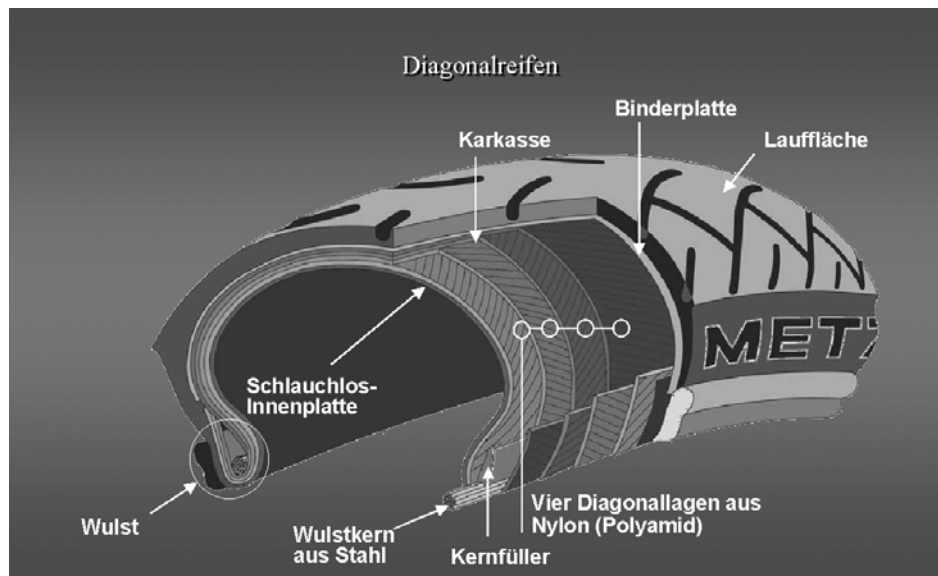


Bild 1: Das Beispiel zeigt einen 4-Lagen-Reifen aus unserer Produktpalette mit dem ME 880-Profil in Schlauchlos-Ausführung

Beiderseits sind an ihre Enden, dort wo später die Wulstdrähte liegen, noch schmale Bänder aus rothartem Gummi aufdubliert. Sie verhindern ein Durchdrücken der stählernen Wulstdrähte vor allem während des hohen Druckes bei der Vulkanisation, aber auch später im Einsatz.

Die Lagen sind breiter geschnitten als die Bautrommel misst. Die überstehenden Lagen werden im nächsten Schritt nach innen ungebogen um Platz zu machen für die Fußringe die zu beiden Seiten an die Umbüge angesetzt werden. Die überstehenden Karkassenden werden dann von innen nach außen um die Fußringe geschlagen und schließen diese damit ein.

Danach wird der Laufstreifen (das spätere Profil) aufgelegt, um den Umfang gewickelt und Anfang und Ende aneinander gestoßen. Der Rohling ist damit in einem Zug aufgebaut und hat eine zylindrische Form. Selbst die relativ schmalen Motorradreifen sehen in diesem Stadium aus wie Formel 1 Reifen.

Erst in der Vulkanisationsform wird der Rohling in die motorradtypisch runde Kontur gedreht, durch einen Balg mit 18 bar in die Form gepresst und bei 180° C geheizt. Hierbei erhält der Rohling den Formabdruck eingeprägt, sein Profil. Der Vulkanisationsprozess ist durchaus mit Backen vergleichbar. Nach rund 20 Minuten ist der Reifen fertig und durchläuft nur noch verschiedene Qualitätskontrollen bis zur Auslieferung.

Das klingt einfach. Tatsächlich verbergen sich dahinter komplizierte Vorgänge und viel Know How.

Zurück zur Karkasse. Sie ist das tragende Element im Reifen. Aber erst wenn ihre Fäden durch den Luftdruck gespannt sind, ist sie wirklich in der Lage zu tragen bzw., den Reifen fahrbar zu machen.

Der Winkel in dem die Karkasslagen von 1,60m breiten gummibeschichteten Gewebbahnen geschnitten werden ist konstruktiv vorgesehen und verändert sich während der Bombage. Das ist die Drehbewegung in der Form. Der Rohling wird dabei von breit nach schmal verändert. Diagonal verlaufende Fäden drehen sich in die Umfangsrichtung und erreichen erst danach ihren endgültigen Winkel.

Dieser hat wiederum einen großen Einfluss auf die Reifeneigenschaften. Man kann sagen:

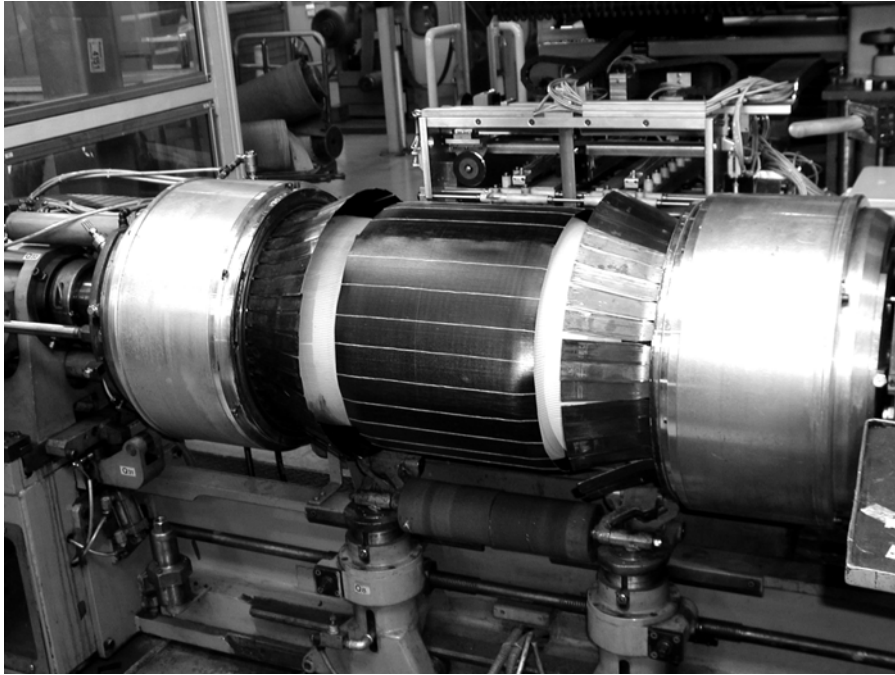


Bild 2: Karkassaufbau, hier Radial. Im nächsten Moment streifen die Fächer die Karkasseenden nach innen. Von den Trommeln links und rechts werden die Fußringe angesetzt.

Stumpfer Winkel bewirken mehr Fahrkomfort und bessere Eigendämpfung. Aber geringere Seitenkraft, mehr Walkarbeit und damit höhere Wärmeentwicklung.

Spitzere Winkel ergeben eine Umkehrung der Eigenschaften. Der Reifen wird seitensteifer, Komfort und Dämpfung geringer, aber weniger Walkarbeit entwickelt weniger Wärme. Ein besseres Schnelllaufergebnis ist die gewünschte Folge.

Als Karkassematerial wird allgemein im Reifenbau überwiegend Nylon oder Rayon verwendet. Neu bei Metzeler ist Pen, ein hochwertiges Polyester, dünn, leicht für besseres Handling. Es findet Anwendung in Supersport Reifen.

Rayon bietet hohe Dämpfung aber auch Temperaturentwicklung. Bei Diagonalreifen verwendet es Metzeler gerne am Vorderrad. Am Hinterrad nur bis zum Geschwindigkeitsbereich „S“.

„H“-Reifen und schneller haben am Hinterrad seit 1972 bei Metzeler Nylonkarkassen. Nylon ist elastischer und hat geringere Dämpfung und Wärmeentwicklung. Es erfordert allerdings einen zusätzlichen Produktionsschritt, PI=post inflation. Das heißt Abkühlen unter Innendruck, um die hohen Schrumpfkkräfte zu kompensieren.

Eingeschlossen in die Lagenumschläge ist der Wulstkern aus hoch zugfestem Stahldraht. Zur Herstellung werden 4 Drähte gleichzeitig gummiummantelt und zu einem Band zusammengeführt. Zwischen 3 und 4 Windungen dieses Bandes werden zum Ring gewickelt. Der Kernfüller aus steifem Gummi wird darauf aufgesetzt und bildet mit den Drähten den fertigen Fußring.

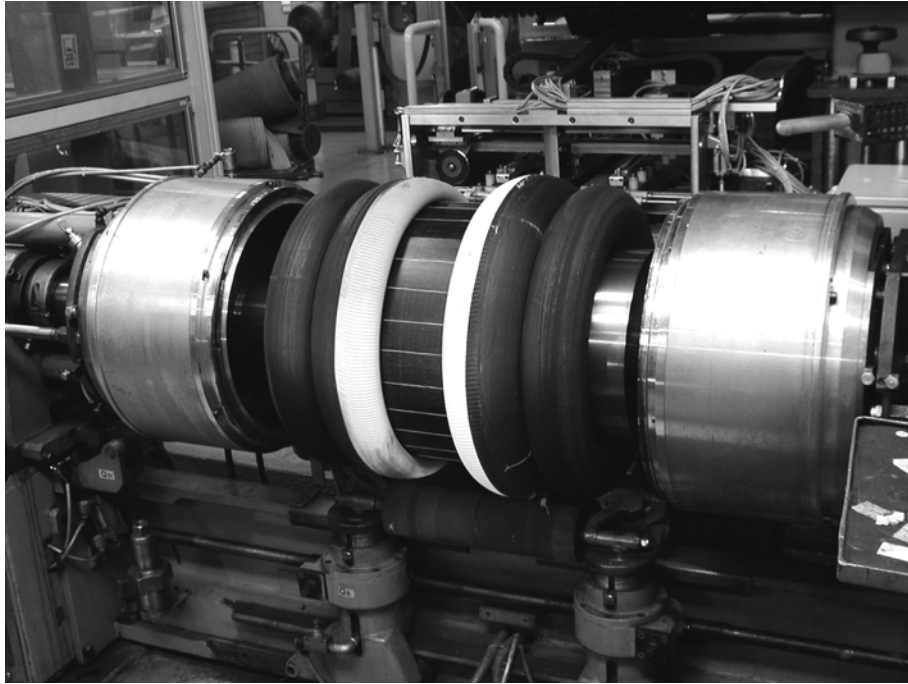


Bild 3: Gummibälge schlagen die Lagenenden um die Wulstkerne herum.

Der Laufstreifen, die spätere Lauffläche, wird als Band (Streifen) endlos gespritzt. Weil die Anforderungen an Beleggummi und Laufflächenmischung sehr unterschiedlich sind werden sie auch aus sehr unterschiedlichen Rezepturen gemischt. Die Folge: Beide Mischungen haften nicht ausreichend fest aneinander.

Um eine optimale Verbindung beider Bauteile zu erreichen wird eine Binderplatte, etwa 0,6mm dick, auf den Laufstreifen aufdubliert. Sie stellt eine Kompromissmischung dar deren einzige Aufgabe es ist für die Bindung von Laufstreifen zur Karkasse zu sorgen.

An die Laufflächenmischung werden die höchsten Anforderungen gestellt. Zwei Eigenschaften sind den Motorradfahrern ein besonderes Anliegen. Laufleistung und Haftung auf der Straße.

Für den Chemiker ein großes Problem, denn diese beiden Eigenschaften sind gegenläufig. Es ist bis heute nicht möglich einen Rennreifen mit langer Lebensdauer auszustatten und umgekehrt. Der Laufflächengummi ist immer ein Kompromiss mit Zugeständnissen an die eine oder die andere Eigenschaft.

Schritte die eine Eigenschaft zu verbessern ohne die andere zu verschlechtern gelingen immer wieder durch Verwendung neuer Stoffe oder auch neuer Polymere (Rohgummi). Ein Beispiel für eine Mischung die einen kräftigen Entwicklungsschritt bedeutete war CompK. Ein hochwertiger und sehr teurer Ruß plus Silica vernetzten die Moleküle aktiver als bis dahin gekannt. Das ergab hohe Eigendämpfung aber auch Strukturfestigkeit also reduzierten Abrieb.

Die modernste Mischung die im Sportec verwendet wird geht noch deutlich weiter. Höherer Silica Anteil, die extreme Aktivität gebremst mit Silan und noch höherwertige Polymere brachten eine sensationelle Steigerung der Nässehaftung bei einem Plus an Laufleistung.

Der Gummi auf dem Motorradfahrer rollen muss aber noch viel mehr können. Er darf nicht altern. Deshalb sind Additive eingemischt die Ozonrisse verhindern, oder Schäden durch UV-Strahlen vermeiden. Es werden aber auch Bestandteile eingemischt die den Gummi verarbeitbar (extrudierbar) halten.

Damit sind die einzelnen Bauteile eines Diagonalreifens abgehandelt. Auch die anderen Konstruktionen beinhalten diese, so muss im Weiteren nicht mehr auf diese Elemente eingegangen werden. Es fehlt noch der Gürtel.

Das Einsatzgebiet von Diagonalreifen erstreckt sich auf ein breites Band. Der größte Teil aller Off Road Reifen kommt bestens damit klar. Vor allem gewichtigere Straßen Tourenmotorräder, Chopper und Cruiser laufen bestens damit.

3. Gürtel

Ein Gürtel verhindert das elastische, fliehkraftbedingte "Aufgehen" des Reifens bei hoher Geschwindigkeit und sorgt somit insgesamt für eine Stabilisierung der Laufflächenzone mit dem erwünschten Nebeneffekt einer bleibenden (dynamischen) Aufstandsweite.

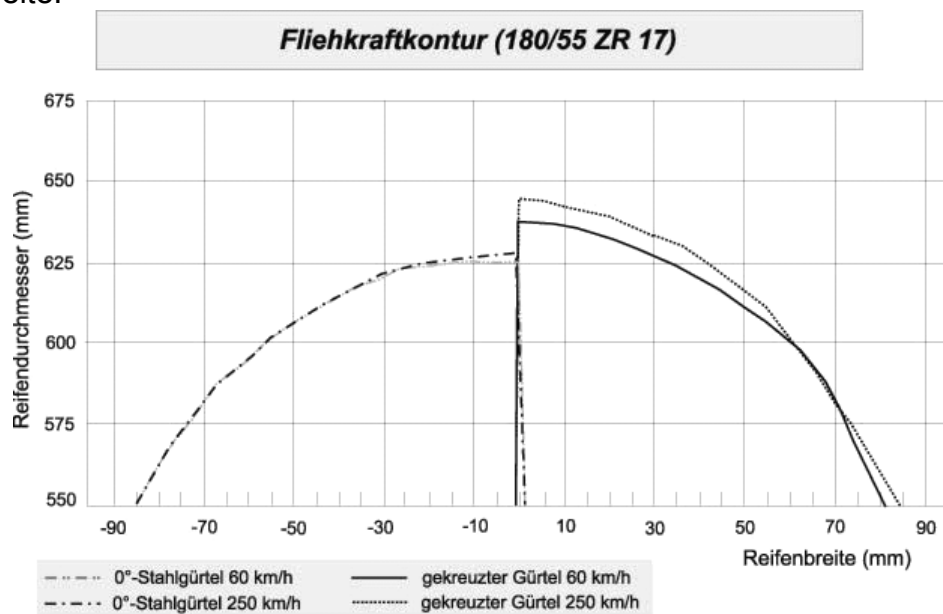


Bild 4: Fliehkraft

Während beim üblichen Diagonalreifen ohne Gürtel bei nur 200 km/h das dynamische Fliehkraftwachstum den Durchmesser bis zu 30 mm vergrößert (hier nicht dargestellt), wachsen MBS-Reifen mit konventionellen Gürteln, nur noch 4-6 mm im Radius. Am 0°-Stahlgürtel dagegen ist bei derselben Geschwindigkeit ein Wachstum kaum messbar. Erst bei 300 km/h wächst der Reifen um maximal 2,5 mm im Radius. Daraus ergibt sich der gravierende Vorteil: Die Fahreigenschaften werden nicht mehr durch Konturveränderungen über den Geschwindigkeitsbereich hinweg verändert. Sie bleiben konstant, sofern sie von der Reifenkontur abhängen.

Entgegen vielversprechender Lebensdauerprognosen einiger Wettbewerber stehen wir für die Aussage gerade, daß ein MBS-Gürtelreifen unter vergleichbaren Laufbedingungen ca. 15 % mehr km-Laufleistung im Durchschnitt erbringt als ein ansonsten identischer Diagonalreifen.

Dieses Plus an Laufleistung wird im wesentlichen dadurch erreicht, dass mit konstant bleibender Kontur auch die Aufstandsfläche konstant bleibt und nicht abnimmt, wie beim gürtellosen Reifen.

3.1. Bias Belted

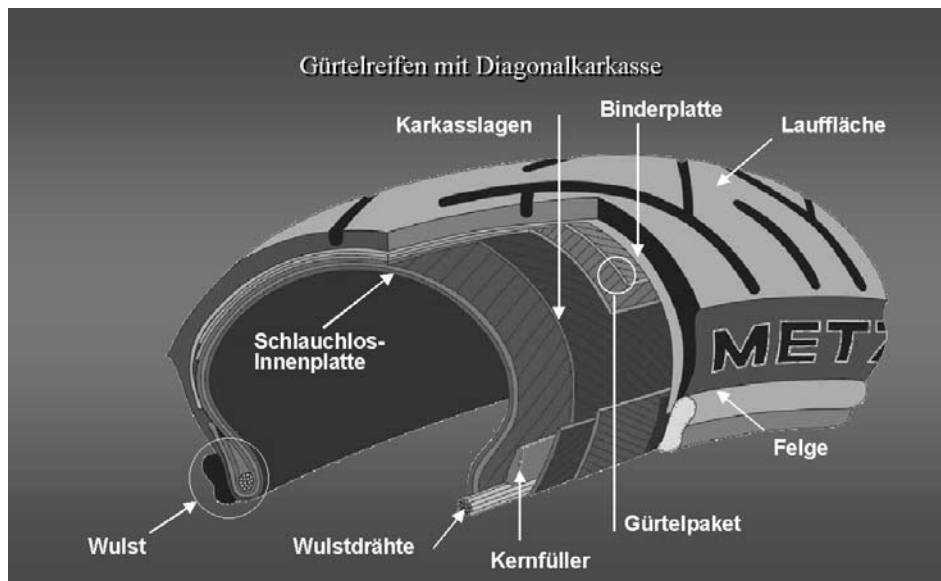


Bild 5: Gürtelreifen mit Diagonalkarkasse

Dieses Bild zeigt einen typischen Gürtelreifen des METZELER-Belt-Systems als "2+2" Reifen (2 Lagen Karkasse und 2 Gürtellagen Kevlar)

Der Bias Belted Reifen, wie diese Konstruktion auch genannt wird, besteht meist aus nur 2 Karkasslagen. Die Bauteile sind die gleichen. Den feinen Unterschied bringt der Gürtel. Von Metzeler einst als Supersport-Reifen kreiert wurde von Anfang an die teure Aramid Faser (Kevlar) für das Gürtel Paket verwendet.

Metzeler begann 1984 mit der Serienproduktion, ohne dies jedoch besonders hervorzuheben. Speziell den deutschen Kunden sollte der komplizierte Weg zum TÜV erspart werden. Technisch gesehen gab es keine Pflicht zur Eintragung dieser Reifen in die Kfz-Papiere, denn es handelte sich nach wie vor um Diagonalreifen. Da diese Reifenkonstruktion jedoch das Fahrverhalten von Motorrädern verändert, meist verbessert, mußte diese Politik aufgegeben werden. MBS wurde 1985 offiziell eingeführt.

Je nach Fadenwinkel der Karkasse spricht man von Diagonal- oder Semiradial-Gürtelreifen.

Der gegürtelte Reifen erfordert das 2-Stufen Aufbauverfahren. Die Drehung der Fäden sind der Grund. Die kleinst möglichen Karkasswinkel liegen bei 30°, immer gemessen im Zenith. Für eine gute Gürtelwinkel braucht man aber spitzere Winkel. Die lassen sich aber nicht mehr zugleich mit der Karkasse bombieren. Die Gürtelfäden würden sich stauchen. Also produziert man in 2 Schritten.

Die Karkasse wird wie üblich aufgebaut. Die 2 Gürtellagen unabhängig davon auf eine Gabeltrommel gewickelt. Der noch zylindrische Gürtel wird dann über eine gekrümmte Segmenttrommel gebracht. Deren einzelne Segmente sind radial beweglich. Auf ihrem Weg nach außen nehmen sie die Gürtellagen im Zenith auf und krümmen sie bis zur halbwegs endgültigen Kontur. In der aufgespannten Position der Trommel wird der Laufstreifen aufgelegt und mittels Gummibälgen an die Gürtelkrümmung angeedrückt.

Der Transferring transportiert das Gürtel/Laufstreifen Paket, nachdem die Bautrommel nach innen weggefahren ist, über die Karkasse. Diese wird aufgepumpt und in

den Gürtel hinein bombiert. Der Rohling ist damit fertig und bereits halbwegs gekrümmt.

Auf diese Weise machen die spitzwinkelig liegenden Gürtelfäden die Restbewegung in der Heizform von etwa 50% mit ohne sich zu stauchen. Der restliche Weg bis zur Fertigstellung ist im doppelten Sinne des Wortes "Formsache".

Gebraucht werden solche Reifen vor bei schnelleren, schweren Sporttouren- und Cruiser Maschinen. Radialreifen sind dafür immer noch nicht erste Wahl.

3.2. Radial

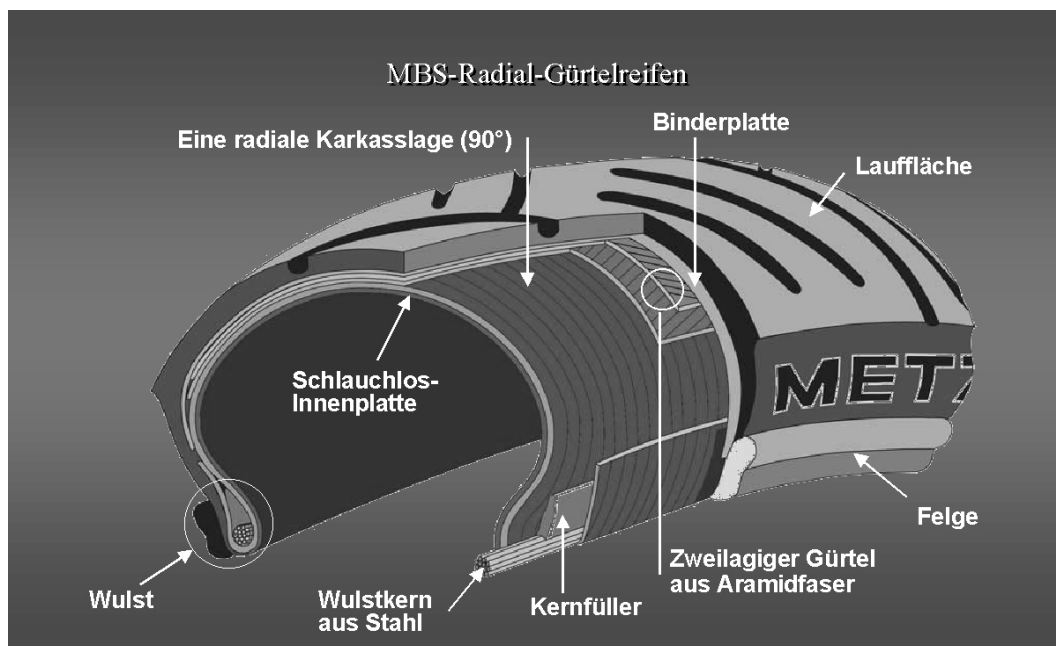


Bild 6: MBS-Radial-Gürtelreifen

Eine andere Variante des MBS sind Radialreifen, wobei hier im Regelfall wegen der Symmetrie des Aufbaus eine 1-Lagen-Karkasse verwendet wird. Der Gürtel besteht, wie beim Diagonal-Gürtelreifen, aus 2 gekreuzten Lagen und wird deshalb auch konventioneller Gürtel genannt.

Diese Konstruktion bietet dem Motorradfahrer nur bei wenigen Motorrädern wirkliche Vorteile. Von Metzeler wurde sie deshalb nie favorisiert und ist nur in wenigen Ausführungen im Lieferprogramm.

Konstruktionsbedingt liegt die Dauerhaltbarkeit der Karkasse niedriger als bei Bias Belted Reifen, die 90° Karkasse macht im Betrieb keine Drehbewegung aber die diagonal liegenden Gürtelfäden. Die daraus resultierenden Scherkräfte zwischen Gürtel und Karkasse reduzieren das Leben des Unterbaues.

Die Seitensteifigkeit liegt ebenfalls konstruktionsbedingt niedriger. Beide Parameter eignen konventionelle Radialreifen weniger für schwergewichtige Motorräder. Sie erreichen als einzigen Vorteil etwas höhere Endgeschwindigkeiten als der Bias Belted Reifen.

3.3. 0°-Gürtel

Die neueste Motorradreifen-Konstruktion, seit etwa 1986 auf dem Markt, ist der 0°-Gürtelreifen. Er kennt kein Problem mit Dauerhaltbarkeit oder Geschwindigkeitslimits. Die Karkasse hält so lange wie Diagonale. An Geschwindigkeit vertragen sie glatte

100 km/h mehr. Unsere Stahlgürtelreifen laufen auf dem Prüfstand bis 380 km/h bevor ein Defekt auftritt.

Der Nachteil noch geringerer Seitensteifigkeit bringt dieser Konstruktion aber gleichzeitig ihren größten Vorteil – extrem hohe Eigendämpfung.

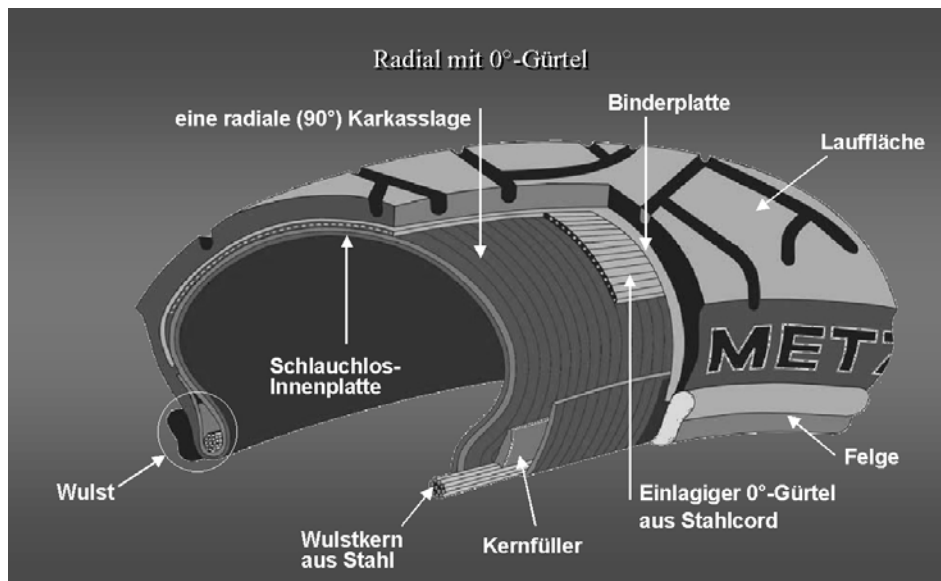


Bild 7: 0°-Stahlgürtelreifen

Der 0°-Stahlgürtelreifen kristallisierte sich sehr schnell als hervorragende Variante für Serienmotorräder heraus. Metzeler verwendet als Gürtelmateriale ein High Elongation Stahlseil.

Dass Metzeler als einziger Stahl verwendet und erst nach 10 Jahren kopiert wird hat eine Vorgeschichte.

3.3.1. Frühe Experimente

Vermutlich war METZELER der erste Motorradreifenhersteller, der mit gekreuzten Stahlgürteln experimentierte. Das Problem der Dauerhaltbarkeit war den Ingenieuren von vornherein klar. Vom ersten Bleistiftstrich an stand fest, daß solch ein Reifen nicht in Serie gehen könnte. Man wollte aber über einen Funktionstest erfahren, wie sich Motorräder mit Stahlgürteln verhalten. Schon 1978 startete METZELER das Experiment.

Worin liegt die Problematik? Rollen Automobile doch seit den 50er Jahren mit einem Riesenerfolg auf Stahlgürtelreifen.

In der doppelten Krümmung der Motorradreifen-Lauffläche liegt das Übel. Stahlcord in 2 Ebenen zu krümmen ist aufgrund der hohen Biegesteifigkeit des Materials zwar möglich, aber schwierig.

Im Betrieb unterliegt ein solcher Gürtel mit 2 Stahllagen, deren Drähte sich kreuzen, großen Schubspannungen in seinem Randbereich (Gürtelkante). Selbstzerstörung ist nach wenigen tausend Kilometern die zwangsläufige Folge.



Bild 8: Semiradialreifen mit konventionellem Stahlgürtel

Anders beim Vierrad-Reifen. Seine Lauffläche ist eben. Ein Gürtel muß deshalb nur einmal um den Umfang gekrümmt werden. Er bildet einen Zylinder. Die auftretenden Spannungen zwischen Karkasse und Gürtel sind um ein vielfaches geringer. Trotzdem gab es auch an PKW-Reifen in der Anfangsphase öfter Haltbarkeitsprobleme. Die konventionelle Gürtelbauweise der Vierradzunft mit gekreuzten Stahl-Gürtellagen ist bis heute auf Radialreifen für Zweiräder nicht erfolgreich anwendbar. Trotzdem wagte METZELER das Experiment. Erste Reifen hielten dem Prüfstandslauf nur 2.000 km stand. Das war den Ingenieuren selbst für einen kurzen Funktionstest auf dem Motorrad zu wenig. 10000 erschwerte Prüfstands-Kilometer sind bei METZELER die Mindestanforderung an einen Serienreifen. Eine 2. Version wurde gebaut. Hier wurde die Gürtelkante mit einer Nylongewebelage abgedeckt. Die Verbesserung betrug glatte 100% - 4.000 km wurden auf dem Prüfstand erreicht. Das waren zwar nur 40% des METZELER-Sicherheitsminimums, aber ausreichend für einen kurzen Praxistest.



Bild 9: Dauerlauf Prüfstand

Mit einer Honda CB 1100 R wurden auf dem Nürburgring Kevlargürtel mit Stahlgürtel verglichen. Das Ergebnis überraschte: Der "stählerne" zeigte sehr ähnliches, aber noch stabileres Fahrverhalten. Vor allem im abgefahrenen Zustand hatte er große Vorteile. Ein tolles Ergebnis, mit dem METZELER zunächst aber nichts anfangen konnte.

Für die Entwickler war klar, ein Stahlgürtel konnte nur haltbar werden, wenn seine Drähte mit 0° , also in Umfangsrichtung eingebaut werden. Dies war auf konventionelle Weise nicht produzierbar. Betrachten wir die Bauweise etwas näher:

Auf konventionelle Weise könnte ein 0° - Gürtel, ob Stahl oder Kunstfaser für den Motorradreifen, nicht gebaut werden. Seine Fäden (Drähte) wären in einer Gewebelage alle gleich lang, kämen aber, bedingt durch seinen runden Querschnitt, auf unterschiedlichen Durchmessern zu liegen. Die Fäden im Schulterbereich wären zu lang und Faltenbildung die Folge.

3.3.2. Neue Technologie

Es bleibt nur eine Möglichkeit, einen 0° - Stahlgürtelreifen herzustellen. Er muß in seiner endgültigen Kontur aus einem einzelnen Faden, bzw. bei Metzeler einem Stahlseil, gespult werden. So hat jeder einzelne Gürtelstrang für den Durchmesser, auf dem er zu liegen kommt, die richtige Länge. Der Laufstreifen, das letzte Bauteil des Reifens, wird wie beim gekreuzten Gürtel einzeln aufgebracht und mittels Luftbälgen an den Gürtel andrückt.

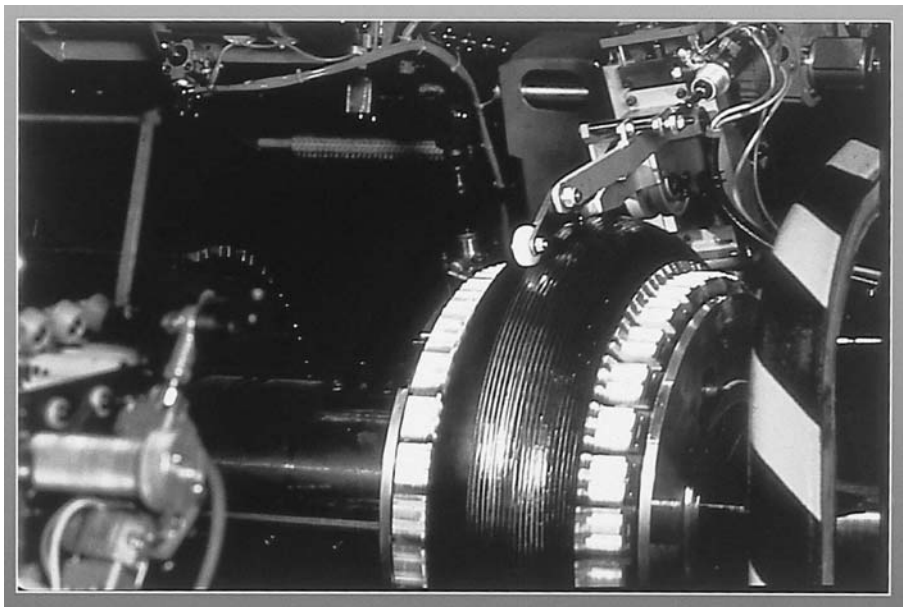


Bild 10: Wickeln des 0° -Stahlgürtels

Diese Bauweise ist erst seit einigen Jahren bekannt und erforderte die Entwicklung völlig neuer Produktionsanlagen.

Der Vorteil des in Umfangsrichtung liegenden Gürtels liegt darin, daß sich seine Fäden unter der Last der Fliehkraft nicht mehr drehen können. Sie geben nicht mehr nach. Das dynamische Fliehkraftwachstum entspricht annähernd Null. Die Kontur des Reifens bleibt in jedem Fahrzustand gleich.

Ein konventioneller Gürtel erfüllt diese Aufgabe nicht so 100%ig.

Schon Anfang der 80iger Jahre kannten die METZELER Ingenieure diese Zusammenhänge und wollten die 0°-Gürtelkonstruktion speziell zur Anwendung an Motorradreifen patentieren. Das Konstruktionsprinzip war, wenn auch nicht für Motorräder, aber doch für Reifen allgemein patentiert. Die Patente, speziell für Motorradbelange, wurden deshalb nicht in vollem Umfang anerkannt.

Herstellen konnte man einen 0°-Gürtel damals noch nicht. Die Produktions-Einrichtungen gab es noch nicht.

Begriffe wie "Kickback" oder "Shimmy" kannte man auch noch nicht. Diese unangenehmen Eigenschaften, die Motorrädern leider anhaften, kannte man selbstverständlich als Lenkerschlagen und Lenkerflattern, nicht aber die Zusammenhänge mit dem Seitenkraftaufbau.

Heute weiß man, daß ein starker Anstieg der Schräglauf-Seitenkraft gute Kurvenstabilität, aber Empfindlichkeit des Lenksystemes ergibt. Umgekehrt bietet niedriger Anstieg der Schräglauf-Seitenkraft Unempfindlichkeit gegenüber Schwingungsanregungen im Lenksystem, dafür aber Schwächen in der Kurvenstabilität.

Zur Erläuterung: Die Seitenkraft wird aufgebaut über einen Schräglauf. Der weit größere Anteil bei Kurvenfahrt über den Sturzwinkel (Schräglage des Motorrades).

Rein physikalisch gibt es für jeden Sturzwinkel eine Seitenkraft, die gleich groß der Fliehkraft ist.

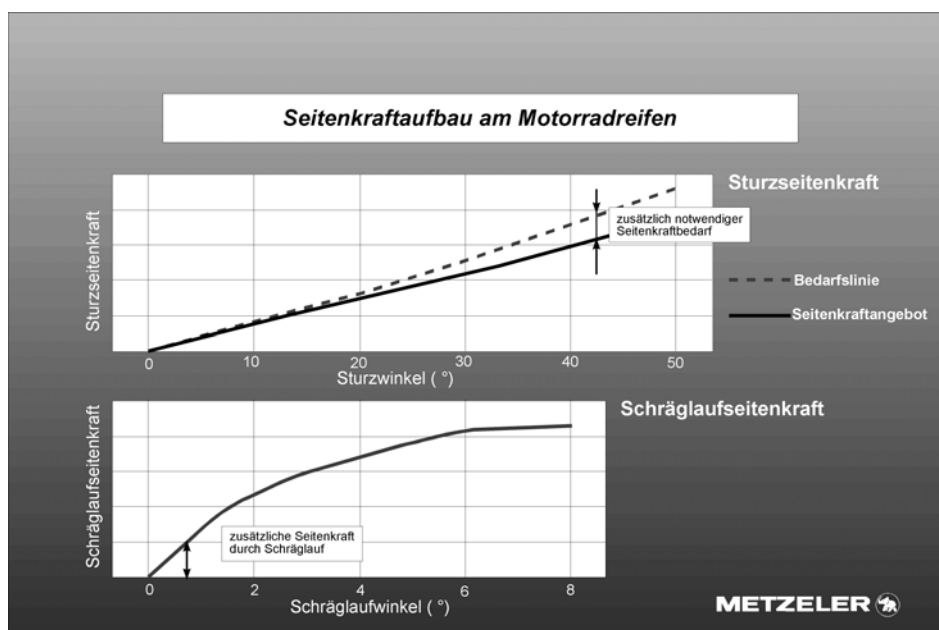


Bild 11: Sturz-Seitenkraft

In ein Diagramm übertragen ergibt dies eine leicht progressive Kurve. In diesem Diagramm kann man jedem Sturzwinkel den entsprechenden Schräglaufwinkel zur Erreichung der nötigen Seitenkraft zuordnen.

Unterschiedliche Reifenkonstruktionen ergeben Kurven, die nicht deckungsgleich mit der errechneten Standardkurve sind. Dies bewirkt in der Praxis unterschiedliche Fahreigenschaften.

0°-Gürtelreifen bieten durch niedrigen Schräglaukoeffizient stabile, gegen Störeinflüsse unempfindliche Geradeausfahrt. Ihre Schwäche liegt darin, daß sie zum Aufbau der Seitenkraft einen relativ großen Schräglaufwinkel brauchen. Der Fahrer empfindet dies als leichtes "Ausbrechen" des Hinterrades, als labiles Kurvenfahren.

4. Radialreifen

Auf der IFMA 1982 wurde die 2. Version des Stahlgürtelreifens präsentiert. Das ausgestellte Exemplar hatte eine Semi-Radialkarkasse mit konventionellem zweilagigem Stahlgürtel. Dem Messebesucher sollte ein Bild über die Entwicklungsarbeit im Hause METZELER gegeben werden.



Bild 12: Semiradialreifen mit Nylonabdeckung des konventionellen Stahlgürtels

Bei METZELER ist man überzeugt, daß diese ersten Gehversuche mit Stahlgürtelreifen den Trend zu Radialreifen auslösten, denn unerwartet war die Reaktion des Wettbewerbes.

Bereits ein halbes Jahr nach der IFMA kündigte ein japanischer Reifenhersteller einen Radialreifen mit Stahlgürtel an und brachte ihn, ein weiteres halbes Jahr später, tatsächlich in Serie. Aber auch die Japaner schafften es nicht und mußten den ersten in Serie gebauten Stahlgürtelreifen 1984 wieder aus dem Markt nehmen.

Der Trend zu Radialreifen war aber eröffnet, mit Verzögerung, denn dieser Fehlschlag erschreckte alle Reifenhersteller. Stahl als Gürtelmaterial stand nicht mehr zur Diskussion.

Der Radialweg wurde mit Kunstfaser-Gürteln beschriftet. Auch bei METZELER verschwand der Stahlgürtel in der Schublade. Diese wurde jedoch nicht ganz geschlossen. Zu groß waren die positiven Erfahrungen. METZELER blieb überhaupt mit Radialreifen zurückhaltend. Die Philosophie des Hauses stellte und stellt die beste Kombination für ein Motorrad vor irgendwelche Trend-Lösungen.

So setzte METZELER mit einem Riesenerfolg auf Diagonal-Gürtelreifen und entwickelte das MBS, das **METZELER BELT SYSTEM**.

Die Entwicklungsabteilung freilich arbeitete weiter an Radialreifen und ließ sich nicht durch den zunehmenden Trend in Zugzwang bringen. Vor allem bezüglich der Kurvenstabilität konnte keine Radialkonstruktion besseres bieten, als die METZELER Diagonal-Reifen mit dem Kevlargürtel.

5. 0°-Stahlgürtel

Eine völlig neue Situation tat sich auf, als etwa 1986 die ersten Radialreifen mit 0°- Gürtel erschienen.

Trotz Schwächen in der Kurvenstabilität griffen die japanischen Motorradhersteller zunehmend gerne nach diesen Reifen, denn sie halfen die Geradeausstabilität zu verbessern und, obwohl zunächst nur am Hinterrad eingesetzt, Kickback und Shimmy (Lenkerschlagen u. Lenkerflattern) deutlich zu reduzieren. Die 0°- Gürtel-Technologie eröffnete neue Möglichkeiten.

METZELER sah auch in der neuen Technik für seine Kunden noch nicht die optimale Lösung, aber die Möglichkeit, endlich Stahlgürtel zu verwirklichen. Die breite Erfahrung des Mutter-Konzerns Pirelli bot eine interessante Basis, um mit Stahl weiterzukommen.

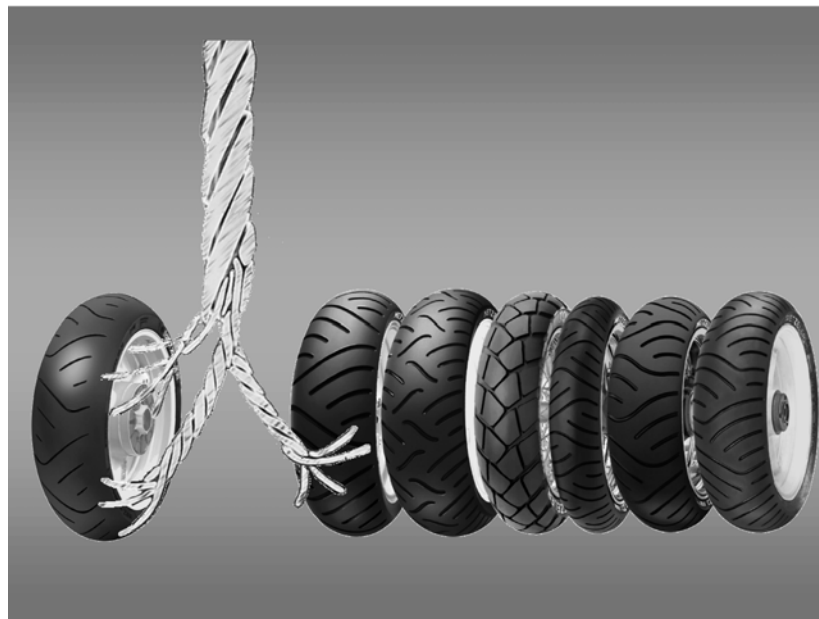


Bild 13: Stahlseil Konstruktion

Bei allen Versuchen mit Stahl bestand der Gürtel in der Vergangenheit aus Drähten mit relativ hoher Biegesteifigkeit. Die Verwendung von Seilen anstelle von Drähten machte den Stahlgürtel wesentlich flexibler und steigerte gleichzeitig die Zugfestigkeit.

Sehr schnell erwies sich dieser Weg als vielversprechend. Fahrversuche bestätigten die Theorie eindrucksvoll.

Der Produktionsprozess ist ähnlich wie bei anderen 0°- Gürtelreifen. Ein Stahlseil wird zur Gürtelschale gewickelt. Das höhere Gewicht des Stahles hatte gegenüber Kevlar zunächst theoretische Nachteile. Aber schon die erste 0°-Stahlgürtel-Generation brachte gegenüber konventionellen Gürtelreifen bis zu 1,5 kg Gewichtsersparnis. Durch Optimierung gelang es inzwischen, den Gewichtsnachteil von 100-200g gegenüber Kevlargürteln wett zu machen.

Die Drähtchen im Seil wurden im Durchmesser und in ihrer Anzahl reduziert. Auch die Zahl der Windungen im Gürtel wurde zurückgenommen.

Mit der neuen Reifengeneration ME Z1, ME Z2, ME Z3, ME Z4, Enduro 4 und Tourance bietet METZELER den Motorradfahrern Produkte, die alle Nachteile bisher bekannter 0°-Kevlar-Gürtelreifen vergessen lassen.

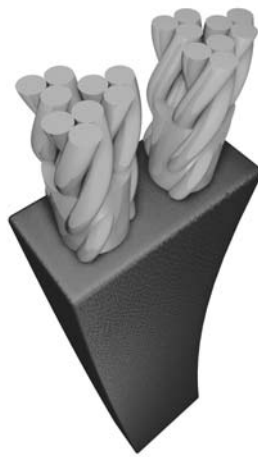


Bild 14: Querschnitt 2er Bandina

Die hohe Flexibilität des Stahlseil-Gürtels ergibt gleich gute Dämpfungseigenschaften wie Kevlar-Gürtelreifen. Durch die biegesteifere Gürtelschale, steht die Kurvenstabilität den Diagonal-Gürtelreifen nicht mehr nach. Daraus ergibt sich erstmals für den Motorradfahrer in allen Kriterien eine Radialbereifung, die wirklich Vorteile bietet.

Die Vorteile des 0°-Stahlgürtelkonzeptes waren so überzeugend, daß METZELER 1995 entschied; etwas zu versuchen, woran sich noch kein Hersteller wagte: 0°-Gürtel am Vorderrad.

Wegen der niedrigeren Schräglaufsteife dieser Konstruktion hielt man 0° für ungeeignet auf Vorderrädern. Die nötige Lenkpräzision glaubte man nicht erreichen zu können.

Schon die ersten Tests im Superbike-Rennsport wurden ein voller Erfolg und führten zum Entschluß, ein Serienprodukt zu entwickeln. Schon Ende 1996 ging es in Produktion - als ME Z4.

Stahl als Gürtelmaterial machte es möglich, das erfolgreiche 0°- Gürtelkonzept auch für das Vorderrad zu nutzen. Hier jedoch auf einer 2-lagigen, leicht gekreuzten Karkasse. Karkassen mit nur einer Lage bringen am Vorderrad nicht die gewünscht Lenkpräzision.

Der ME Z4 wurde ausgelegt für sportliche Fahrweise ohne Rennambitionen bis hin zum sportlichen Toureneinsatz.

Als logische Konsequenz mußte, wenn schon im Sport so erfolgreich erprobt, die super sportliche Variante folgen - der ME Z3. Ein Reifen, der überzeugte! Noch nie bot ein Vorderrad so sensationelle Stabilität, wie mit ME Z3 und ME Z4. Noch nie lag eine Erstausrüsterfreigabe so schnell im Hause METZELER vor wie im Falle des sportlichsten Motorrades der 90er Jahre, der Yamaha YZF 1000 R1 - Innerhalb 24 Stunden!

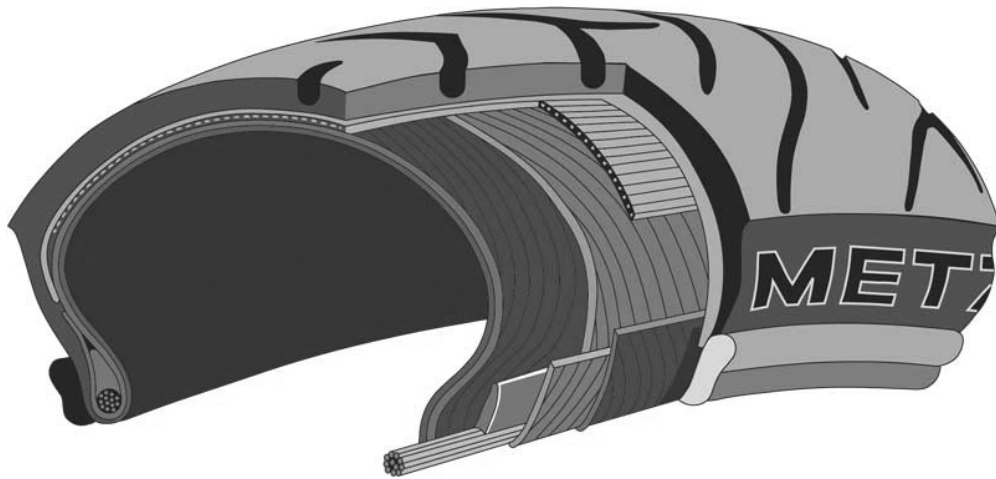


Bild 15: Querschnitt 0°-2lagig Vorderrad

Weitere Verfeinerung der Technologie und noch saubereres Fahrverhalten kombiniert mit noch mehr Unempfindlichkeit gegenüber Störeinflüssen finden sich wieder im SPORTEC M1, im Summer 2001 auf den Markt gebracht. Dazu später mehr.



Bild 16: Sportec auf Motorrad

6. Profile

Wir sind nicht der Meinung, daß zu jedem neuen Motorradmodell auch ein vielleicht nur geringfügig modifiziertes - "neues" Profil gehört.

Eine einmal als optimal erkannte Lösung wird daher unverändert auch für andere Motorräder übernommen. Auf diese Weise bleibt ein homogenes Erscheinungsbild gewahrt. Händler und Endverbraucher werden nicht durch hektische Retuschen unnötig verunsichert. Das soll nun nicht heißen, daß es in unserem Hause keine Neuerungen gibt, ganz im Gegenteil.



Bild 17: Metzeler Profile

Anfang der 80iger Jahre revolutionierte METZELER zunächst die Profilgebung am Vorderrad als Trendsetter. Eine querorientierte pfeilförmige Profilierung wurde erstmals am ME 33 Laser mit enormem Erfolg angewandt. Vorher waren Vorderradprofile bei allen Herstellern umfangsorientiert.

Man glaubte allgemein, dass längs liegende Profilblöcke und Rillen dem Reifen "Führungseigenschaften" verleihen würden, denen das Motorrad folgen würde. Metzeler fand heraus, dass dies eine Mär war. Quer zur Fahrtrichtung liegende Blöcke und Rillen sorgten für eine deutliche Verbesserung des Geradeauslaufes, ganz besonders an sensiblen Motorrädern.

6.1. Pfeilparabolik

Alle Versuche das am Vorderrad so erfolgreiche Profil am Hinterrad anzuwenden ergaben keine echte Verbesserung. Metzeler machte sich verstärkt Gedanken um das Hinterrad. Ein Ergebnis dieser Überlegungen war der ME 1, ein echter Sportreifen mit einer von der Pfeilform weiter zur Parabel entwickelten Profilierung, die wir aus unseren reichhaltigen Erfahrungen im frühen Superbike Sport abgeleitet haben. Der Erfolg war sensationell. Im Rennsport mit seriennahen Motorrädern dominierten fortan die Metzeler bereiften.

Bei allen folgenden Super Sport- und Sport Tourenreifen wurde die pfeilparabolische Profilierung des ME 1 verfeinert angewandt.

Sie wurde auf den ME Z1 und den parallel dazu laufenden Sport Tourenreifen ME Z2 angewandt und findet sich wieder im ME Z4, und ME Z3 aber auch im kompromisslosesten Super Sportreifen den Metzeler je baute, dem "Rennsport".

Der seriennahe Motorradspport ist sehr schnelllebig. Strassenzugelassene Reifen sind vorgeschrieben. Profilrillen stören, wenn es um erreichen schnellstmöglicher Rundenzeiten im Trockenen geht.



Bild 18: Rennsportreifen

Um höchste Leistung aus den Reifen zu holen geht Metzeler mit dem "Rennsport" einen neuen Weg der Profilierung. Seine schmalen Rillen vergrößern den Positivan- teil der Auflagefläche weiter in Richtung Slick. Die Kürzung der Rillen machen ihn im Bereich maximaler Schräglagen kompromisslos zum Slick.

Die neuen Silica Rennmischungen lassen trotz des geringen Profilnegatives erstaun- liche Schräglagen bei Nässe zu.

Die beanspruchungsgerechte Gestaltung der Laufzone und des Profiles macht auch vor Hochgeschwindigkeits-Enduro-Reifen nicht halt. Sie wurde beim Enduro 3 kom- promißlos angewandt und in abgewandelter Form auch auf das Profil des Enduro 4 übertragen, ein Profil für große und schnelle Enduros, mit bis zu 210 km/h Spitzen- geschwindigkeit. Seine Formgebung sorgt für gute Fahrstabilität

Bei der Entwicklung des Tourance standen die Straßeneigenschaften ganz klar im Vordergrund. Deshalb wurde ein Profil entwickelt, das die Vorzüge der, pfeilparaboli- schen Rillenanordnung, mit den enduro-typischen Profilblöcken verbindet. Dies macht ihn zum bedingt endurotauglichen Straßenreifen.

Der "Tourance" wurde speziell auf die Belange schwerer Reiseenduros abgestimmt. Um ein möglichst homogenes Abriebbild auf solchen Maschinen zu erlangen, wurden die Rillenabstände im Aufstandsflächenbereich der Geradeausfahrt deutlich redu- ziert.



Bild 19: Tourance auf Motorrad

In den meisten Hinterradgrößen ist der Tourance mit der selben Stahlgürtel-Technologie ausgestattet, wie die Z-Generation (ME Z1, Z2, Z3, Z4) und schließlich der SPORTEC M-1.

6.2. Der neue Metzeler SPORTEC M-1

Ist entsprechend seiner konstruktiven Stärken zwischen dem erfolgreichen Sport-Touring Reifen ME Z4 und dem supersportlichen RENNSPORT angesiedelt. Damit empfiehlt sich der SPORTEC M-1 als optimaler Partner für Fahrer sportlicher und supersportlicher Maschinen, die einen engagierten Fahrstil pflegen.

Um die dabei an den Motorradreifen gestellten Bedingungen zu erfüllen, kommen beim SPORTEC M-1 dimensionsabhängig unterschiedliche Karkass-Konstruktionen zum Einsatz.

Typischerweise wird ein Vorderradreifen anders belastet als ein Hinterradreifen.

Aus diesem Grund verfügt die Karkasse der SPORTEC M-1 Vorderradreifen über zwei Gewebelagen aus leichter und extrem hochfester **PEN**-Faser (Polyethylene-Naphtalat).

Der Hinterradpneu hat, je nach Dimension, hochfestes Rayon-Fasergewebe oder eine Nylon-Karkasse, die durch ihre spezifischen Eigenschaften dazu beitragen, dass der Reifen besser auf das Motorrad abgestimmt ist.



Bild 20: SPORTEC M1–Vorderrad



Bild 21: SPORTEC M1–Hinterrad

Einheitlich verfügen alle SPORTEC M-1 Reifen über einen 0°-Stahlgürtel mit dem neu entwickelten **MAW**-System, bei dem die Abstände der Windungen unterschiedlich ausfallen und belastungsspezifisch angepasst sind. Dieses Prinzip erlaubt neben der besseren Abstimmungsmöglichkeit auf das Motorrad außerdem noch eine Gewichtsreduzierung. Daraus resultieren die geringen Aufstell-Momente und Kickback-Tendenzen des Reifens.

Die von Metzeler neu entwickelte SPORTEC M-1 Mischung baut bereits bei niedrigeren Temperaturen mehr Grip auf als bisherige. In Verbindung mit dem 0°-Stahlgürtel mit **MAW**-System gewährleistet der Reifen hervorragende Fahreigenschaften und ein Plus an Sicherheit.

Durch das speziell gestaltete Profil des SPORTEC M-1 (Unterschiede zw. Laufflächenmitte und den Schulterflächen) wird neben dem präzisen und ausgewogenen Handling auch noch ausgezeichnete Nässe-Eigenschaften erreicht, ohne dabei die Abriebfestigkeit zu verringern.

6.3. Der METZELER ME 880

wurde speziell für die Bedürfnisse von Cruisern und schweren Tourenmotorrädern entwickelt. Er ist in Laufleistung, Komfort oder Fahrstabilität auf das zu bereifende Fahrzeug hin optimiert.



Bild 22: ME 880 auf Motorrad

Erfahrungen mit den Radialreifengenerationen ME Z3 und ME Z4 sind natürlich beim ME 880 eingeflossen. So wurde die Kontur des ME 880 Front mit einer konstanten Krümmung über die gesamte Lauffläche versehen. Das ergibt lineares Fahrverhalten über den gesamten Schräglagenbereich.

Das Laufflächenprofil folgt der bewährten Metzeler - Philosophie: Die Hauptrillen müssen der Hauptkraftrichtung am Reifen folgen (d.h. Vorderrad: Seitenkraft plus Bremskraft, Hinterrad: Seitenkraft plus Antriebskraft) um eine gleichmäßige Boden-druckverteilung und damit ein regelmäßiges Abriebsbild zu gewährleisten.

Die Hauptrillen sind zueinander versetzt angeordnet - Für direkte Wasserableitung einerseits, andererseits für eine solide Mittelrippe, die geräuscharm und komfortabel abrollt, Lebensdauer bringt und unempfindlich gegen Spurrillen ist.

Zur Reduzierung des Abrollgeräusches sind die Blocklängen über den Reifenumfang unterschiedlich gewählt. Dies verhindert Resonanzschwingungen.

Überwiegend wird der ME 880 als Diagonalreifen produziert. Am Vorderrad teils mit, am Hinterrad ausschließlich mit Gürtel. Einige Größen als Radialreifen mit 0°-Stahlgürtel.

Damit ist es möglich das grobe Profil mit seiner großen Tiefe sogar für den "V" Geschwindigkeitsbereich zu ertüchtigen.

Im Herbst 1999 stellte Metzeler in Indianapolis den weltweit breitesten Motorradreifen vor, den ME 880 in 240/40 –R 18 79V - in Stahlgürtel–Technologie.

Hi-Tech von Metzeler jetzt auch für Chopper und Cruiser.

6.4. Der MCE Karoo

ist ein, für den öffentlichen Straßenverkehr zugelassener Rallye-Cross-Reifen von METZELER, konzipiert für ein weites Einsatzspektrum, vorzugsweise für leistungsstarke Enduro-Motorräder.



Bild 23: MCE Karoo

Er ist nicht nur für Wüsten Raids sehr gut geeignet. Ausgewogene Fahreigenschaften auf asphaltierten Straßen machen ihn zum Langstrecken Enduroreifen.

Beim Karoo wurde zur optimalen Kraftübertragung der Mittelradius so groß wie möglich gewählt. Damit wurde eine breite Aufstandsfläche erzeugt und die Traktion erhöht.

Die extrem stabil konstruierten und parabolisch angeordneten Mittelklötze widerstehen starken Beanspruchungen und erzielen eine Art Schaufelwirkung. Um Verletzungen an Felge und Reifen zu verhindern, hat die Seitenwand einen Felgenschutz. Der mehrlagige Diagonalaufbau der Karkasse mit verstärktem Nylongewebe führt zu hoher Festigkeit und Durchschlagsicherheit.

Auch beim Hard-Enduroreifen MCE Karoo wird am Hinterrad die 0° - Stahlgürtel Struktur eingesetzt. So ist es möglich auch grobstollige, selbst auf so drehmomentstarken Motorrädern wie BMW R 1150 GS oder Triumph Tiger haltbar zu machen bis 170 km/h.

Die neue Laufflächenmischung hat eine hohe Strukturfestigkeit bei geringer Erwärmung und ist in der Lage, die hohen Spannungen und dynamischen Beanspruchungen im Hochgeschwindigkeitsbereich aufzufangen und die Schnittfestigkeit zu erhöhen.

Der neue Vorderradreifen ist in seinen Eigenschaften auf den hinteren Reifen abgestimmt. Für spezielle Einsätze kann er jederzeit mit einem anderen Vorderradreifen, aus der METZELER Moto Cross- oder Enduro-Palette kombiniert werden. Auch Motorräder mit 21" Vorderrad können diese Möglichkeit ausschöpfen.

Die Einsatzflexibilität des MCE Karoo wird noch weiter erhöht durch die Bezeichnung M&S. Dadurch können die Reifen nach der Winterreifen-Regelung auch auf allen großen Enduros homologiert werden, wenn im Sichtfeld des Fahrers ein Geschwindigkeits-Aufkleber (erhältlich bei Metzeler) angebracht wird.

Autor/ Author:

Dipl.-Ing. Helmut Dähne

Metzeler Reifen GmbH, München

Deutschland