

Autoreifen – Haftung auch bei Schmuttelwetter

Alle Jahre wieder: Im Herbst steht der Reifenwechsel an. Mit weicherem Gummi sorgen die Winterreifen für besseren Griff auf rutschigem Grund.

Wer mit dem Auto unterwegs ist, muss sich auf extreme Fahrverhältnisse einstellen. Regen, Eis und Schnee, aber auch Schotter und Bodenwellen können das Fahrzeug aus der Spur werfen. Auf einer postkartengroßen Fläche spielt sich der Kontakt zwischen Reifen und Straße ab, das Bindeglied dabei sind die Reifen. Sie übertragen die dynamischen Kräfte beim Beschleunigen, Bremsen und der Kurvenfahrt. Die Pneus tragen zudem mit ihrer Luftfüllung das Wagengewicht und verbessern durch Dämpfung und Federung den Fahrkomfort.

In den Kontaktflächen der Reifen wirken die fahrdynamischen Kräfte auf die Fahrbahn. Parallel zur Fahrtrichtung sind das so genannte Längskräfte, sie werden durch Beschleunigen und Bremsen hervorgerufen. Quer dazu greifen die Seitenführungskräfte an, die z. B. beim Kurvenfahren auftreten. Beide Kräfte werden durch die Reifenreibung auf die Straße übertragen. Proportional zum Fahrzeuggewicht ist dabei die Haftreibung, wobei der Proportionalitätsfaktor vom Reifen- und Fahrbahnzustand abhängt. Auf trockenem Asphalt ist dieser rund zehnmal größer als auf Eis – Reifen drehen deshalb leicht auf vereisten Straßen durch. Werden die dynamischen Kräfte z. B. bei einer Vollbremsung zu groß, so geht die Haftreibung in die kleinere Gleitreibung über: Das Fahrzeug bricht aus und droht unlenkbar zu werden. Ähnliches auch



In der kommenden Jahreszeit wird der reine Fahrgegnuss sicher nicht bei jeder Autofahrt im Vordergrund stehen.

beim Kurvenfahren: Die Fliehkräfte wachsen überproportional mit der Geschwindigkeit, sodass bei einer Verdopplung des Tempos die vierfache Fliehkraft ins Kurvenäußere zerrt. Entgegen wirkt die Zentripetalkraft, die bei moderatem Fahren für die nötige Spurtreue sorgt. Als Seitenführungskraft sorgt sie für die Lenkbarkeit und Fahrstabilität in kritischen Situationen. Wird die Fliehkraft zu groß, so ist die maximale Bodenhaftung der Reifen überwunden: Das Fahrzeug fliegt aus der Kurve.

Heutzutage rollen größtenteils so genannte Radialreifen über die Straßen. Um den Kräften, die ihnen zusetzen, besser Stand zu halten, sind diese nicht nur aus Gummi gefertigt, sondern oberhalb der luftdichten Gummischicht durch ein tragendes Gerüst, die Karkasse, verstärkt. Diese besteht aus einem Geflecht von quer zur Fahrtrichtung verlaufenden Textilfasern, die mit einer Gummimischung dünn ummantelt sind („Textilcord“). Zwischen Karkasse und dem außen liegenden Laufband mit seinem Profil sorgt eine weitere Gummi-Stahldraht-Schicht für

zusätzliche Stabilität („Stahlcord“). Dieser so gut wie undeformbare Gürtel, dem die Gürtelreifen ihren Namen verdanken, kann je nach Anforderung aus mehreren Lagen bestehen (Abb. 1). Gürtellose Diagonalfreifen, bei denen die Cordfäden gekreuzt verlaufen, sind dafür bekannt, sich während der Fahrt stärker zu verformen. Dadurch steigen Rollwiderstand und Abrieb, die Folge: Schneller noch als Gürtelreifen werden sie zu Altreifen.¹⁾

Stärke durch Füllstoffe

Die genaue Rezeptur der Gummimischung, mit der die Textil- und Stahlgewebe ummantelt und aus der die andere Reifenteile gefertigt werden, ist ein gut gehütetes Geheimnis der Hersteller. Grundsätzlich besteht sie aber aus natürlichem und synthetischem Kautschuk (40 %), Füllstoffen (30 %), Ölen und Harzen (10 %) sowie einer Reihe weiterer Zusätze. Beim Vulkanisieren wird der poröse Kautschuk in elastisches und abriebfestes Gummi umgewandelt, denn seine Materialeigenschaften qualifizieren ihn zunächst nicht als

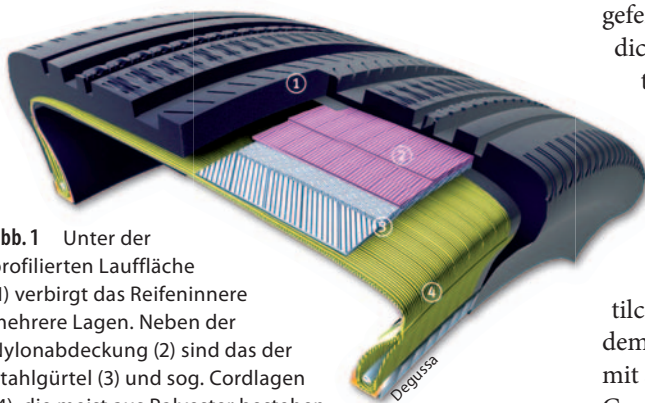


Abb. 1 Unter der profilierten Lauffläche (1) verbirgt das Reifeninnere mehrere Lagen. Neben der Nylonabdeckung (2) sind das der Stahlgürtel (3) und sog. Cordlagen (4), die meist aus Polyester bestehen.

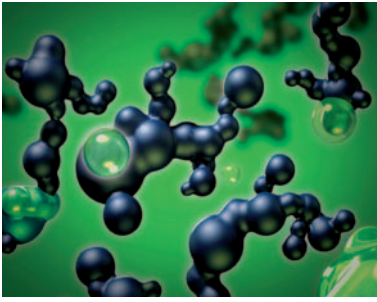
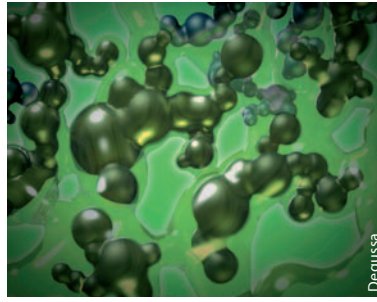


Abb. 2 Füllstoffe sorgen für geeignete Materialeigenschaften: Hier verteilen sich Industrieruß-Aggregate (links) in der Kautschuk-Matrix und stabilisieren diese

Reifenrohstoff: Kautschuk ist bei Kälte hart, warm dagegen weich und klebrig. Schwefel hat bei diesem Prozess die Aufgabe, durch Ausbildung von Brückenbindungen die langkettigen Kautschukmoleküle miteinander zu vernetzen. Für die Stabilisierung des polymeren Netzwerks sorgte früher der Füllstoff „Carbon Black“ (Industrieruß), der auch den Reifen ihre Farbe gibt. Die vernetzten Polymerketten lagern sich durch Adsorption an den rauen Oberflächen der Ruß-Aggregate an und stabilisieren so die Molekülmatrix (**Abb. 2**). Dadurch erhält das entstandene Gummi erst seine Reifentauglichkeit, insbesondere geringen Rollwiderstand, Abriebfestigkeit und Reißfestigkeit. Ohne diesen Füllstoff würde das Reifengummi wie ein Radierergummi unter Druck zerbröseln.

Heute wird der Ruß vermehrt durch Kieselsäure (Silica) ersetzt. Durch seine hydrophilen Oberflächen geht Silica allerdings keine Bindung mit der Polymermatrix ein. Anders als bei rein rußgefüllten



(rechts). In modernen Reifen wird der Ruß vermehrt durch Kieselsäure ersetzt. So werden weichere Reifen mit besserem Griff möglich.

Reifen müssen deshalb so genannte bifunktionelle Organosilane beigemischt werden. Dabei handelt es sich um organische Siliziumverbindungen, bei denen ein oder mehrere H-Atome des Siliziumgerüsts durch organische Reste ersetzt wurden. Während eine der Siliziumgruppen an den Füllstoff, also Silica, bindet, koppelt eine organische Gruppe an den Kautschuk und vernetzt so beide miteinander.

Backen bei 200 Grad

Durch die höhere Elastizität der Silica-Verbindung reduziert sich die innere Reibung zwischen den Kautschukmolekülen. Im Vergleich zur Rußverbindung rollt der Reifen deshalb mit geringerer Temperatur des Laufflächengummis. Kieselsäure/Silan-Systeme erlauben somit nicht nur, weichere Reifen mit besserer Haftung herzustellen, sondern auch den Rollwiderstand zu senken

und damit mehr als fünf Prozent Sprit zu sparen.

Bei seiner Fabrikation wird der Reifen zusammen mit den gummi-beschichteten Seitenteilen in einer Wickelmaschine Lage für Lage von innen nach außen aufgerollt. Danach wartet auf den Reifenrohling eine hitzige Prozedur: Bei Drücken bis zu 22 bar und Temperaturen von etwa 200 Grad Celsius wird er für einige Minuten gebacken, wobei die Backdauer vom Reifenformat abhängt. Das sorgt für eine stabile Verbindung der einzelnen Lagen miteinander. In diesem Schritt erhält der Rohling seine endgültige Form. Schließlich wird mit einer Pressform das Profil in das äußere Laufband geprägt.



Um das Schleudern eines Autos zu verhindern, vertraut man heute aber nicht mehr allein auf gute Reifen. Die Industrie bietet zusätzlich elektronische Stabilitätsprogramme (ESP) an.²⁾ Wie beim ABS wird damit das verhängnisvolle Blockieren der Reifen verhindert. Dennoch sollte sich kein Fahrer zu sehr auf solche Hilfen verlassen und in vermeintlicher Sicherheit die Bodenhaftung seiner Reifen überstrapazieren. Eine dem Wetter angepasste Fahrweise bringt – ganz ohne Hightech – den höchsten Sicherheitsgewinn. Und regelmäßig Reifenprofil und Druck zu überprüfen kann auch nicht schaden.

Katja Bammel

1) Allein in Deutschland fallen pro Jahr bei 50 Millionen gemeldeten Autos ca. 85 Millionen Altreifen mit einem Gewicht von mehr als 650 000 Tonnen an.

2) vgl. Physik Journal, Mai 2004, S. 72