

## Was ist Grip

Jeder von uns spricht davon, jeder von uns verlässt sich darauf. Doch was Grip eigentlich ist, kann auf Anhieb kaum einer erklären.

Dem irischen Tierarzt John Boyd Dunlop würde die Spucke wegbleiben. Als er 1888 das Dreirad seines Sohnes auf selbst gebastelte Luftreifen stellte, konnte er noch nicht ahnen, dass seiner „Neuinterpretation“ des schon 1844 von einem gewissen R.W. Thomson aus Edinburgh entwickelten Prinzips der Siegeszug um die ganze Welt bevorstand. 1894 setzte Michelin einen derartigen Reifen erstmals beim Automobil ein. Eine Erfindung mit enormem Potenzial. Auch heute noch, kaum mehr als ein Jahrhundert später, sind die Reifen der einzige Berührungspunkt zwischen Fahrzeug und Fahrbahn. Zwei handtellergroße Kontaktflächen, verteilt auf Vorder- und Hinterrad, müssen allen Belastungen durch Längs- und Querschleunigungskräfte standhalten. Tun sie das nicht, gibt es kein halten mehr.

Reibpartner des Bodens damals wie heute: Gummi. Rohstoff für die Gummiproduktion war früher Naturkautschuk, heute werden etwa 70 Prozent des Weltbedarfs synthetisch aus Rohöl hergestellt.

Im rein physikalischen Sinne ist Gummi kein fester Körper, sondern eine sehr zähe, hochviskose Flüssigkeit. Deshalb gelten für die Haftung zwischen Reifen und Straße andere Gesetze als bei der Festkörperreibung. Die Haftung von Gummi auf dem Asphalt beruht im wesentlichen auf der Adhäsion, einer zwischen allen Stoffen existenten Anziehungskraft der Moleküle. Die Stärke dieser Anziehungskraft variiert in Abhängigkeit von den Haftpartnern und der Größe der Kontaktfläche.

Wem die Aufstandsfläche eines Motorradreifens schon sehr bescheiden vorkommt, der halte sich fest: Die tatsächliche Kontaktfläche zwischen Reifen und Asphalt beträgt unter optimalen Bedingungen nur etwa 25 Prozent der Aufstandsfläche. Denn weder der Asphalt noch der Reifen sind wirklich topfeben, eine Lupe offenbart das auf den ersten Blick. Der Asphalt sieht dann aus wie die Alpen im Miniaturformat. Zugespißt formuliert rollt der Reifen lediglich über die Spitzen der Asphaltgebirge ab. Folglich kann sich auch nur in diesen Kontaktpunkten die Adhäsionshaftung aufbauen. Ein beunruhigender Gedanke.

### TEMPERATUR MACHT TEMPO

Einfluss auf die Adhäsionshaftung nehmen neben der Gummimischung und der Asphaltbeschaffenheit auch andere Faktoren wie etwa die Temperatur, die Geschwindigkeit und der Reifendruck. Eine höhere Temperatur macht das Gummi weicher und erhöht die Kontaktfläche der beiden Reibpartner: Je weicher das Gummi, desto tiefer können die mikrofeinen Asphaltspitzen eindringen. Ein höherer Luftdruck mindert die Kontaktfläche gleich zweifach: Durch eine reduzierte Aufstandsfläche und eine niedrigere Lauftemperatur des Reifens.

Alles, was den direkten Kontakt der beiden Reibpartner Gummi und Asphalt stört, also Wasser, Diesel, nasse Blätter, Sand und sonstige Gemeinheiten auf der Straße, reduzieren die Adhäsionshaftung. Auch andere Reibpartner können kritisch werden, man denke nur an Gullideckel oder nasse Zebrastreifen. Das Haftungspotenzial zweier Reibpartner wird durch den so genannten Haftreibungsbeiwert  $\mu$  (sprich mü) beschrieben, der auch von der gefahrenen Geschwindigkeit abhängt. Trockener, rauher Asphalt hat mit  $\mu = 1,1$  den günstigsten Reibbeiwert. Bei Nässe sinkt der Reibbeiwert auf etwa 0,5, bei Eis sogar bis auf 0,1.

### HAFTUNG DANK HYSTERESE

Ein wichtiges Phänomen, das sich unmittelbar auf die Adhäsionshaftung auswirkt, ist die Hysterese. Darunter versteht man den Energietransfer, der auftritt, wenn Gummi gestaucht wird und dann wieder in seine Ausgangsposition zurückfedert. Durch die innere Reibung des Materials wird ein Teil der Bewegungsenergie in Wärme umgewandelt. Sehr anschaulich lässt sich das am Beispiel eines Flummis erklären. Lässt man ihn fallen, springt er zwar vom Boden zurück, erreicht aber nicht mehr die Ausgangshöhe. Bei maximaler Hysterese bliebe er beim Aufprall wie ein Mehlsack auf den Boden ohne Zurückfedern einfach liegen.

Die Hysterese dient in zweierlei Hinsicht der Erhöhung der Adhäsionshaftung. Im Kontaktbereich zwischen Gummi und den mikrofeinen Asphaltunebenheiten wird das Gummi zusammengestaucht. Ein Teil der Bewegungsenergie wird von ihm geschluckt beziehungsweise in Reibungswärme umgewandelt. Die wärmere Gummimischung erhöht, wie oben schon beschrieben, die Kontaktfläche. Zweiter Effekt der Hysterese: Die Dämpfungsverluste im Gummi verhindern ein zu starkes Springen des Reifengummis und tragen so ebenfalls zur Haftung zwischen beiden Reibpartnern bei.

### SPEED KOSTET GRIP

Der positive Effekt der Hysterese nimmt mit steigender Fahrzeuggeschwindigkeit ab. Weil dem Gummi immer weniger Zeit zur Rückverformung bleibt und es damit insgesamt härter wird, können die Rauigkeitsspitzen des Asphalts nicht mehr so tief eindringen, die Kontaktfläche schrumpft. Merke: Je schneller, desto weniger Grip. Ein weiterer Haftungsfaktor ist die Verzahnung der Profilkanten mit den größeren Unebenheiten, wie man sie von den Enduroreifen mit ihren zahllosen Profilblöcken kennt, die sich im Gelände regelrecht in den Dreck graben. Bei den heute gängigen, schwach profilierten Straßenreifen kann dieser Effekt jedoch vernachlässigt werden. Das geringe Restprofil ist in erster Linie Design-Element. Auf die Drainagewirkung im Regen hat es nur geringen Einfluss. Unter Trockenhaftungs-Gesichtspunkten ist ein Slick wegen größerer Aufstands- und damit Kontaktfläche klar die bessere Wahl. Nicht umsonst rücken Rennfahrer damit aus. Weiches Gummi gleich Mördergrip, so könnte man meinen. Eigentlich ganz einfach. Doch von modernen Pneus wird eine Menge mehr erwartet als satte Haftung. Das so genannte magische Dreieck veranschaulicht die Zielkonflikte beim Reifendesign. Einem weichen, griffigen Reifen mangelt es nun mal an Laufleistung, einem Dauerläufer an Grip. Obendrein erhöht gute Haftung den Rollwiderstand, was Leistung und Sprit kostet, und sie verschlechtert die Handlingeigenschaften. Keine leichte Aufgabe für die engagierten Reifenkocher der Industrie. Das Optimum kann hier immer nur ein auf den jeweiligen Einsatzbereich zugeschnittener Kompromiss sein. Die Physik ist da leider sehr unnachgiebig.

### GRIP IM NASSEN

Regen ist der natürliche Feind aller Haftung. Wenn sich das Wasser zwischen Lauffläche und Asphalt drängt, verringert es wie alle Fremdkörper zwischen den Reibpartnern die wirkende Adhäsionskraft. Dieses Phänomen hat nichts mit Aquaplaning zu tun, bei dem der Reifen regelrecht auf der Wasserschicht aufschwimmt und überhaupt keine Brems- oder Antriebskräfte mehr übertragen kann.

Aquaplaning spielt beim Motorrad bei angepasstem Tempo kaum eine Rolle. Dank der im Vergleich zur flachen Kontur des Pkw-Reifens sehr punktuellen Aufstandsfläche eines Motorradreifens ist ein Aufschwimmen des Vorderreifens erst bei hohem Tempo oder hohem Wasserstand möglich, im Normalfall zerteilt das Vorderrad die Wassermassen regelrecht. Wie oft fälschlich angenommen wird, hat das Profil moderner Reifen keine ernstzunehmende Drainagewirkung. Es ist in erster Linie Designelement.

Das bei Regen auf der Fahrbahn stehende Wasser hat noch einen weiteren Effekt. Durch das langsamere Fahrtempo und die kühlende Wirkung des Wassers haben besonders Sport- und Rennreifen kaum eine Chance, die optimale Betriebstemperatur zu erreichen. Die Gummimischung wird nicht optimal weich, was die zur Verfügung stehende Kontaktfläche zusätzlich senkt. Tourenreifen haben hier ihre Stärke, da ihr optimales Temperaturfenster niedriger liegt.

### GRIP UND SPEED

Dass Geschwindigkeit und Haftung keine guten Freunde sind, haben viele von uns schon schmerzlich am eigenen Leib erfahren. Mit steigender Geschwindigkeit verhärtet sich die Laufflächenmischung des Reifens, denn das durch die Asphalttrauigkeiten gestauchte Gummi hat wegen der hohen Drehfrequenz keine Zeit, sich in den Ausgangszustand zurückzuverformen. Ein einfacher Selbstversuch macht das Prinzip deutlich: Taucht man die flache Hand sanft in eine Wasseroberfläche ein, baut diese kaum Widerstand auf. Schlägt man jedoch mit Wucht aufs Wasser, fehlt den Wassermolekülen die Zeit zum Ausweichen, die Oberfläche verhärtet sich spürbar. Durch die verhärtete Lauffläche des Reifens können die Asphaltspitzen nicht mehr so tief eindringen, die für die Adhäsion zur Verfügung stehende Oberfläche sinkt. Die Haftfähigkeit fällt tendenziell auf das Gripniveau des kalten Reifens zurück. Das wird vor allem dann kritisch, wenn sich zu den in Abrollrichtung wirkenden Längs Kräften in Schräglage noch die Querkräfte hinzusummieren. Dann fehlt nur noch ein beherzter Zug am Gasgriff, und der Highsider ist perfekt.

### GRIP UND LAUFLEISTUNG

Weiche Gummimischungen stehen für guten Grip und mäßige Laufleistung, härtere Mischungen für Dauerhaltbarkeit, aber geringere Haftfähigkeit. Hier liegt der entscheidende Unterschied zwischen Sportreifen und Touring-Reifen. Für die Laufleistung allerdings ist nicht alleine der Härtegrad der Gummimischung verantwortlich. Auch die richtige Betriebstemperatur hat über den Schlupf entscheidenden Einfluss auf die Laufleistung.

Ein Sportreifen hat zwar eine klebrige, verschleißfreudige Gummimischung. Bei optimaler Betriebstemperatur produziert er aber insgesamt weniger Schlupf als ein Tourenreifen. Und Schlupf, der nie völlig ausgeschaltet werden kann, hat großen Einfluss auf den Verschleiß. Ein Tourenreifen auf einer starken, schweren Maschine à la Suzuki Hayabusa, der häufig im Kurzstreckenbetrieb und unter Ausnutzung des Leistungspotenzials - also mit viel Schlupf - gefahren wird, lässt sein Leben unter Umständen genauso schnell wie der oben erwähnte Sportreifen. Dessen Haltbarkeit profitiert zudem von einem im Verhältnis zum Tourenpneu geringeren Negativprofilanteil. Sportreifen arbeiten auf der Rennstrecke im optimalen Temperaturbereich. Hier sind es die heftigen Beschleunigungsmanöver, die Laufleistung kosten!

### GRIP UND ASPHALT

Dass ein rauer Asphalt die Haftung verbessert, ist unter Motorradfahrern kein Geheimnis. Auf den ersten Blick erscheint das unter dem Gesichtspunkt der Adhäsionshaftung jedoch unlogisch, denn ein Asphalt mit vielen Rauigkeitsspitzen, über die der Reifen abrollt, senkt die Kontaktfläche des Gummis mit der Fahrbahn und somit die Adhäsionskraft zwischen den Reibpartnern. Das gilt aber nur für den kalten Reifen.

Dank Hysterese wird ein Teil der Bewegungsenergie in Wärme umwandelt. Ein rauer Asphalt staucht die Elemente der Lauffläche stärker als ein glatter Asphalt, was den Erwärmungseffekt verstärkt: Der Reifen wird schneller warm. Ist die Laufflächenmischung dann optimal erwärmt und können die Asphaltspitzen in das Gummi eindringen, steigt die potenzielle Kontaktfläche mit der Oberflächenrauigkeit des Asphalts.

Ein rauer Asphalt bietet also mehr Haftungs-Potenzial, das bei warmem Reifen dann auch voll ausgenutzt wird. Aus den geschilderten Mechanismen ergibt sich, dass auch die Asphalttemperatur entscheidenden Einfluss auf den Grip hat. Je höher, desto besser. Kalter Asphalt entzieht dem Reifen Wärme.

### GRIP UND WARMFahren

Unabhängig ob Sport- oder Tourenreifen: Kalte Reifen haben wenig Haftung und sind deshalb grundsätzlich mit Vorsicht zu genießen. Je kälter die Umgebungs- und die Asphalttemperatur, desto länger dauert die Warmlaufphase. Sensible Naturen können fühlen, wann das temperaturbedingte hölzerne Fahrgefühl einem geschmeidigeren Abrollen weicht. Die umständlichere, aber auch sicherste Methode ist die Prüfung der Reifentemperatur mit der Handfläche. Erst wenn Reifengummi „gut handwarm“ ist, beginnt er im Sinne von Schräglagen- und Bremshaftung optimal zu arbeiten. Deshalb fühlt sich das Motorrad auf sommerlich-heißer Straße schon nach wenigen Metern viel verlässlicher an, als im Herbst bei kalter Witterung. Ein geringerer Luftdruck fördert die Walkarbeit eines Reifens. Er wird schneller warm und hat eine höhere Betriebstemperatur. Diesen Trick macht man sich im Rennstreckenbetrieb zunutze. Auch beim Einmannbetrieb auf der Landstraße kann ein Absenken des Drucks um wenige Zehntel Bar positive Wirkung auf den Grip haben. Hierbei muss man sich jedoch zwingend an die Empfehlungen des Reifenherstellers halten. Die üblicherweise angegebenen Luftdruckwerte bieten Sicherheitsreserven für dauerhafte, schnelle Autobahnfahrt und die Ausnutzung der Zuladung. Ein zu niedriger Luftdruck führt unter diesen Bedingungen zur Überhitzung und Schädigung der Karkasstruktur, was zu einem schweren Sturz führen kann.

## GRIP UND MISCHUNGEN

Die weiche Gummimischung gilt gemeinhin als besonders haftfähig. Weiches Gummi jedoch erzeugt mehr innere Reibung. Die weiche Mischung ist nur dann unter Realbedingungen funktionstüchtig, wenn sie nicht zu heiß wird. Ein überhitzter Reifen ist vom Totalausfall bedroht, meist lösen sich Teile der Lauffläche ab. Ausnahmen sind spezielle Regen-Rennreifen, die unter Berücksichtigung der „Wasserkühlung“ konzipiert werden. Auf trockenem Asphalt überhitzen die extrem weichen Gummiblöcke und beginnen rasch zu schmieren.

Das andere Extrem sind Reifen für hohe Asphalttemperatur, die nur für Rennzwecke oder besonders leistungsstarke Hochgeschwindigkeits-Bikes interessant sind. Reifen für 300 km/h schnelle Überflieger müssen deshalb besonders ausgeprägte Zielkonflikte unter einen Hut bringen.

Aus Gründen der Highspeed-Sicherheit wird zumeist die Kalthaftung zurückgeschraubt. Fahrer einer Kawasaki ZX-12R oder Suzuki Hayabusa sollten daran denken. Die Kunst besteht darin, eine Gummimischung zu finden, die kalt bereits recht weich ist, aber unter Hitzeeinwirkung nicht zu weich wird.

Diese Errungenschaft können die neuesten Reifenmischungen für sich in Anspruch nehmen. Die Lauffläche etwa des aktuellen Michelin Pilot Sport weist bei 20 Grad Celsius Messtemperatur 64 Shore-Härtegrade auf. Bei 80 Grad Celsius Messtemperatur beträgt die Shore-Härte immer noch 56 Grad. Zum Vergleich zogen wir einen sieben Jahre alten Bridgestone BT 58 R aus dem Regal. Damals ein ausgewiesener Supersport-Reifen. Bei Raumtemperatur ist das Gummi steife 74 Shore-Grade hart, bei 80 Grad nur noch 52 Shore-Härtegrade. Die alte Mischung sollte also sorgfältig warmgefahren werden. Ansonsten droht abruptes Wegrutschen. Im Umkehrschluss bietet die neuere Mischung des Pilot Sport bereits bei Raumtemperatur weicherer Gummi, sprich mehr Kaltgrip. Ein Ergebnis, das die Testerfahrten in der Praxis bestätigen.