

## Reifen können nicht radieren

Da gibt es einen Versuch, den jeder leicht einmal machen kann. Den Versuch, etwas Geschriebenes mit einem Stück Reifengummi statt mit einem normalen Radiergummi weg zu radieren. Das Experiment wird allerdings misslingen. Denn Reifengummi radiert nichts. Im Gegenteil, er hinterlässt auf der Unterlage zusätzlich schwarze Spuren. Und wenn man solche auf der Straße bei starkem Abbremsen eines Autos entstehenden Striche „Radierspuren“ nennt, so ist das sprachlich eigentlich nicht korrekt. Denn es wird da Material nicht von der Unterlage weggenommen, sondern im Gegenteil auf sie aufgetragen.

Nein, zum Radieren taugt Reifengummi nicht. Da braucht man eine gänzlich andere Art von Gummi - eben Radier-Gummi.

Wir haben hier ein sehr schönes Beispiel dafür, welch weiten Spielraum das so alltägliche Wort „Gummi“ ausfüllt, und zwar auch dann, wenn sich die Materialien äußerlich zunächst ziemlich stark ähneln. So sehr verschieden nehmen sich Reifengummi und Radiergummi im ersten Anfühlen ja gar nicht aus. Selbst in der Farbe könnten, wenn man das wollte, diese beiden Gummisorten ähnlich aussehen. Wo liegen nun also die Unterschiede? Nun, die Chemie macht's!

### Rezeptur eines Reifens

Schauen wir uns einmal die **Chemie** des Reifengummis an. Als Beispiel sei die Lauffläche eines Lkw-Gürtelreifens gewählt.

Kleine Anmerkung: Lkw- und Pkw-Reifen, Sommer- und Winterreifen, Gürtel- und Diagonalreifen unterscheiden sich nicht nur im Unterbau und im Profil recht wesentlich, sondern auch in den Gummimischungen.

Dem Gewicht nach werden in unserem Reifen-Beispiel folgende Ingredienzien eingesetzt, wobei dies freilich nur eine von vielen möglichen Rezepturen ist:

Naturkautschuk	42,0 %
Füllstoff (Ruß)	28,5 %
Synthesekautschuk	18,0 %
Weichmacher	3,0 %
Beschleunigeraktivator	3,0 %
Vernetzungsmittel	1,5 %
Dispergiermittel	1,2 %
Alterungs-Schutzmittel	1,2 %
Lichtschutzwachse	0,9 %
Vulkanisationsbeschleuniger	0,6 %
Peptisiermittel	0,1 %

---

100 %

Bevor wir diese Rezeptur nun mit der eines Radiergummis vergleichen, erklären wir, was das eigentlich für Stoffe sind und wozu sie jeweils dienen.

**Naturkautschuk** ist das aus dem weißen Saft des Gummibaumes *Hevea brasiliensis* gewonnene Naturprodukt. Für Reifengummi nimmt man meist den Typ „Smoked Sheets“, weil er der Mischung eine gute Klebrigkeit verleiht, die beim Aufbau eines Reifens aus den verschiedenen Lagen notwendig ist und weil er hohe Zugfestigkeit, gute Kerbzähigkeit und starken Widerstand gegen Weiterreißen mitbringt - alles Eigenschaften, die speziell bei einem Autoreifen von großer Wichtigkeit sind.

**Synthesekautschuk** nennt sich jeder künstlich, also in der Retorte gewonnene Kautschuk. Im Falle Lkw-Gürtelreifen nimmt man gewöhnlich Polybutadien, das besonders abriebfest ist.

**Füllstoff**, das ist hier Ruß, wird durch unvollständige Verbrennung oder auch durch thermische Spaltung von Erdöl oder Teeröl mit Erdgas erzeugt. (Siehe hierzu den wdk report Nr. 9 "Warum sind die Reifen schwarz?"). Der Ruß „verstrammt“ den Reifengummi und verbessert die Härte, die Zugfestigkeit, die Kerbzähigkeit, den Weiterreißwiderstand und den Widerstand gegen Abrieb.

**Peptisiermittel** haben die Aufgabe, den Naturkautschuk überhaupt erst einmal verarbeitbar zu machen. Sie erweichen nämlich den zunächst harten Naturkautschuk und machen ihn dadurch mischbar. Ferner unterstützen sie die notwendige Spaltung der langkettigen Kautschukmoleküle in kürzere Ketten. Als Peptisiermittel dient meist Pentachlorthiophenol, ein graues geruchloses Pulver.

**Dispergiermittel** bewirken eine gleichmäßige Verteilung der Chemikalien und Füllstoffe im Kautschuk und verbessern dadurch die mechanischen Eigenschaften des fertigen Gummis. Als Dispergiermittel nimmt man vorwiegend Stearinsäure.

**Alterungsschutzmittel** werden benötigt, um den fertigen Gummi gegen alle Arten von Qualitätsverlust mit fortschreitender Zeit zu schützen. Es handelt sich vor allem um Oxidationsvorgänge im Gummi: oberflächige Vernarbung durch Lichteinwirkung, Rissbildung durch chemische Angriffe des Ozons in der Luft sowie Verhärtung (bei Synthesekautschuk) und umgekehrt Erweichen (bei Naturkautschuk). Als Alterungsschutzmittel nimmt man meist so genannte Paraphenylendiamine.

**Lichtschutzwachse**, das sind ausgewählte Paraffine. Sie wirken ebenfalls als Alterungsschutzmittel und zwar auf eine raffinierte Art und Weise. Aufgrund ihres einfachen Molekularaufbaus wandern sie zur Oberfläche hin und nehmen dabei andere Alterungsschutzmittel mit, die im Laufe der Zeit im äußeren Bereich an Wirkung nachlassen. An der Oberfläche bilden die Lichtschutzwachse einen Schutzfilm, der dafür sorgt, dass sich der Nachschub aus dem Inneren nicht zu schnell verbraucht. So bleibt der Gummi über eine sehr lange Zeit durch und durch gegen Alterung geschützt.

**Weichmacher** wirken, wie der Name ja schon sagt, auf den Kautschuk erweichend, und sie erleichtern zudem das Einarbeiten der Füllstoffe in den Kautschuk. Für diesen Zweck nimmt man besondere Sorten von Mineralöl, nämlich hocharomatische Öle.

**Vernetzungsmittel** ist jener Stoff, der unter Hitzeeinwirkung die langkettigen Kautschukmoleküle miteinander vernetzt. Auf diese Weise wandelt sich der plastisch-klebrige Kautschuk in elastischen Gummi um. Man nennt diesen für die Gummiproduktion entscheidenden Vorgang „Vulkanisation“. Das Vernetzungsmittel, also das Vulkanisierungsmittel, ist meist Schwefel.

(Siehe hierzu den wdk report Nr. 2 "Ausgerechnet Schwefel!")

**Vulkanisationsbeschleuniger** haben die Aufgabe, den Vernetzungsvorgang beim Vulkanisieren zu regeln und zugleich auch voranzutreiben. Mit Schwefel allein würde die Vulkanisation unter Umständen mehrere Stunden dauern, mit Beschleunigern (meist Sulfenamiden) dauert der Vorgang nur Minuten.

**Beschleunigeraktivator**, das ist meist Zinkoxid. Dieses weiße Pulver wird eingesetzt, um wiederum die Vulkanisationsbeschleuniger rasch und kräftig in Fahrt zu bringen.

Wir sehen: Schon von den Ingredienzien her ist die Fabrikation von Reifengummi keine ganz einfache Sache. Dazu kommt natürlich ein sehr genaues Überwachen der Temperaturen und der Zeitabläufe bei den einzelnen Arbeitsgängen. Denn eines ist klar: am Ende muss ein Reifen wie der andere beschaffen sein und genau die verlangten Qualitäten aufweisen.

## Rezeptur eines Radiergummis

Ganz, ganz anders die Rezeptur und der Fabrikationsvorgang von Radiergummi. Und das ist eigentlich auch selbstverständlich, wenn man sich einmal klarmacht, was „**Radieren**“ eigentlich bedeutet, was da zwischen Gummi und Papier geschieht.

Beim Radieren von Bleistiftstrichen reißt der Gummi den **Graphit** partikelweise durch rein mechanisches Rupfen vom Papier ab und bindet ihn dabei durch einen Klebevorgang an sich. Beim Weiterreiben lösen sich dann kleine Gummibrösel samt dem anhaftenden Graphit vom Gummikörper. Sie schiefern soz. ab und bleiben locker auf dem Papier liegen. Während beim Reifengummi starker Abrieb verpönt ist, ist er beim Radiergummi durchaus erwünscht.

Übrigens, entdeckt hat den Radiereffekt im Jahre 1770 der Engländer **Edward Nairne** ganz per Zufall, als er nämlich versehentlich mit einem Stück Kautschuk über eine Bleistiftskizze strich. Nairne erkannte sofort den Nutzwert seiner Entdeckung und zog einen Handel mit kleinen Kautschukstücken auf, die er „**rubber**“ nannte, also „Reiber“. Im angelsächsischen Raum nennt man den Gummi noch heute „rubber“.

Doch nun die Liste der für die Fabrikation von Bleistift-Radiergummi notwendigen Ingredienzien:

Füllstoffe	43,8 %
Faktis	23,6 %
Weichmacher	11,8 %
Naturkautschuk	5,9 %
Synthesekautschuk	5,9 %
Weißpigment	5,9 %

Füllstoffaktivatoren	0,6 %
Peptisier- und Dispergiermittel	0,3 %
Vernetzungsmittel	0,6 %
Vernetzungsaktivator	0,6 %
Beschleunigeraktivator	0,6 %
Vulkanisationsbeschleuniger	0,4 %

---

100,0 %

Welche Unterschiede zum Reifengummi zeigen sich da schon in den Quantitäten!

Der Kautschuk z. B. macht hier nicht einmal 12 % aus, im Gegensatz zu den 60 % beim Reifengummi. Dafür finden sich im Radiergummi viel mehr Füllstoffe (fast 44 % gegen 28,5 %). Und vor allem tauchen jetzt große Mengen an „Faktis“ auf und auch ein beachtliches Quantum an Weichmachern, dazu eine ganze Portion Weißpigment.

Aber nicht nur in der Menge, sondern auch in den jeweiligen Stoffarten zeigen sich enorme Unterschiede. Gehen wir die Positionen beim Radiergummi einmal der Reihe nach durch:

**Naturkautschuk:** Aus Reinheitsgründen setzt man hier vorwiegend die Type „helle Crepe“ ein.

**Synthesekautschuk:** Besonders gern nimmt man den gut verarbeitbaren Styrol-Butadien-Kautschuk, der wegen seiner vielseitigen Verwendbarkeit auch „das Arbeitspferd der Kautschukindustrie“ genannt wird.

**Füllstoffe:** Dafür dient beim Radiergummi nicht schwarzer Ruß, sondern Kalziumkarbonat (das ist geschlämmte Kreide), ein Stoff, der, im Gegensatz zum Ruß im Reifen, den Gummi nicht verstrammt und den in diesem Falle ja erwünschten Abrieb verstärkt und nicht vermindert, ferner Bariumsulfat (Schwerspat), das ebenfalls das Abriebverhalten im Sinne des Radiervorgangs verbessert.

**Füllstoffaktivatoren:** Das sind basisch reagierende Substanzen wie Amine, Glykole oder Harnstoffderivate. Sie verbessern das Wirken der Füllstoffe.

**Peptisier- und Dispergiermittel:** Es handelt sich hier um Zinksalze von Fettsäuren, die den Naturkautschuk rasch erweichen, den Zerfall der langkettigen Naturkautschuk-Moleküle unterstützen und die Durchmischung des Gummis mit all den anderen Zutaten verbessern.

**Vernetzungsmittel:** Als solches dient auch hier Schwefel, und zwar meist ein speziell vorbehandelter Schwefel, der keine bräunlichen Flecken im Radiergummi (sog. Schwefelnester) entstehen lässt.

**Vernetzungsaktivator:** Er hat den Zweck, beim Vulkanisieren den Vernetzungsvorgang im Molekülgefüge zu unterstützen, indem er solche Stoffe an sich bindet, die andernfalls die Vernetzungsreaktion verzögern würden.

**Vulkanisationsbeschleuniger:** Sie haben hier die gleiche Aufgabe wie bei der Reifengummi-Fabrikation. Doch nimmt man in diesem Falle nicht Sulfenamide, sondern Guanidin und Amin.

**Beschleunigeraktivator:** Zweck und eingesetztes Mittel sind identisch mit denen bei der Reifenfabrikation: schnellere Molekülvernetzung durch Zinkoxid.

**Weichmacher:** Sie sorgen dafür, dass im Falle „Bleistift-Radiergummi“ der entstehende Gummi nicht zu hart wird. (Bei Tinten-Radiergummi nimmt man nur eine geringe Menge Weichmacher, denn solch ein Gummi soll ja relativ hart sein.)

**Faktis:** So nennt man eine spezielle Art von festen Polymeren, nämlich ein mit Schwefel oder Chlorschwefel vernetztes fettes (so genanntes ungesättigtes) Öl. Infrage kommen da reinste Pflanzenöle wie Raps- oder Sojabohnenöl. Der Faktis ist es, der das gute Radierverhalten garantiert. Er macht den Gummi geschmeidig, und er bewirkt, dass der Gummi nicht schmiert und der Abrieb den Graphit des Bleistiftstrichs aufnimmt. Je höher der Faktisgehalt im Radiergummi, desto gründlicher der Radiervorgang .

**Weißpigment:** Dafür nimmt man vorwiegend Titandioxid, eventuell versetzt mit geringen Mengen Farbstoff. Das Weißpigment hat den Zweck, die beim Radieren leicht angeraute Papieroberfläche wieder zu verschmieren und damit einzuebnen. Außerdem gibt es dem Radiergummi ein besseres Aussehen.

Soll ein **Tinten-Radiergummi** entstehen, so werden natürlich etwas andere Stoffe eingesetzt.

Vor allem nimmt man dann als Füllstoff zusätzlich noch Glaspulver oder Bimssteinmehl. Das sind sehr hartkörnige Pulver, welche die Oberfläche des Papiers aufkratzen und dabei den Tintenstrich sozusagen wegschmirgeln, wegschleifen. Auf diese Art des Radierens trifft denn auch das Wort „Radieren“ seiner Herkunft nach am besten zu, denn es kommt von dem lateinischen „radere“, und das heißt „schaben, abreiben“.

„Reifengummi und Radiergummi, dieses Pendant ist ein schönes Beispiel dafür, welch weiten Spielraum das so alltägliche Wort GUMMI ausfüllt“, so hatten wir einleitend gesagt. Und jetzt ist auch erkennbar geworden, was einen solchen Spielraum möglich macht. Es ist die enorme Vielfalt einerseits der Synthesekautschuke und andererseits der Rezepturen beim „Anrühren“ der Mischung. Es gibt sicherlich nicht viele Werkstoffe, die in dieser Hinsicht dem Gummi gleichkommen.