

Ausgerechnet Schwefel - Wie aus Kautschuk Gummi wird



„Jedermann kund und zu wissen: dass ich, Charles Goodyear, aus der Stadt New York im Staate New York, eine neue und nützliche Veredelungsmethode bei der Präparierung von Kautschuk- Erzeugnissen erfunden habe . . .

Meine wichtigste Verbesserung besteht in der Mischung des Rohgummis mit Schwefel und Bleiweiß sowie dem Verfahren, das so gebildete Gemisch der Einwirkung von Hitze einer bestimmten Temperatur auszusetzen, wodurch der Gummi insofern in seinen Eigenschaften verändert wird, als er danach unter der Einwirkung von Wärme unterhalb derjenigen, der er während der Präparierung ausgesetzt worden war, nicht mehr weich wird; auch erleidet er sodann keinen Schaden durch Kälte.“

Diese Zeilen wurden am 15. Juni 1844 geschrieben. Sie stehen in Goodyears Patentanmeldung. Seine Erfindung nennen wir heute „Vulkanisation“. Und man kann guten Gewissens sagen, dass dieses Verfahren der Kautschukveredelung für die zivilisierte Menschheit eine ähnliche Bedeutung bekommen hat wie die Umwandlung von Roheisen in Stahl, von Erdöl in Benzin, von Bauxit in Aluminium.

Kautschuk – ein elastischer Rohstoff

Erst in der zweiten Hälfte des 18. Jahrhunderts beachtete man in Europa den aus Mittelamerika stammenden Kautschuk. In Frankreich entstanden die ersten Formartikel durch Bestreichen von Wachsformen mit in Terpentin und Ether gelöstem Kautschuk, und der berühmte Physiker J.A.C. Charles dichtete damit Textilgewebe ab, die unter anderem zur Herstellung des Heißluftballons der Gebrüder Montgolfier dienten. Auch in England gummierte man Gewebe, und Charles Macintosh stellte den ersten regendichten Mantel her. Solche nützlichen Kleidungsstücke hatten allerdings eine unangenehme Eigenschaft: In der winterlichen Kälte wurden sie bretthart, und die Sommertemperaturen bewirkten, dass die Beschichtung klebrig wurde und erbärmlich stank.

Ein Zufall bringt die Lösung

Wie viele „Erfinder“ seiner Zeit, versuchte Charles Goodyear, dem viel versprechenden Rohstoff Kautschuk diese Unarten abzugewöhnen, indem er verschiedene Chemikalien in unterschiedlichen Konzentrationen beimischte. Als er 1839 gerade mit Schwefel experimentierte, geriet – so die Überlieferung – ein kleiner Klumpen der Mischung versehentlich auf den heißen Kanonenofen, mit dem er seinen Experimen-

tierschuppen heizte. Hitze und Schwefel verwandelten die plastische Kautschukmischung in einen neuen Stoff: elastischen Gummi. Goodyear hatte gefunden, was humanistisch gebildete Chemiker später „Vulkanisation“ nannten: Feuer und Schwefel waren die Werkzeuge des antiken Gottes Vulkan!

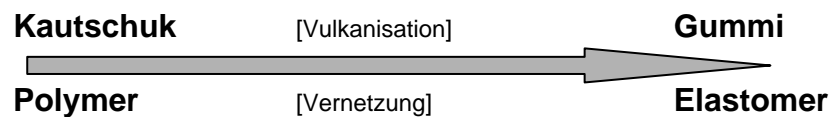
Zur Erklärung der Begriffe:

„**Kautschuk**“, ob nun natürlicher vom „Gummi“-Baum, lateinisch und botanisch „*Hevea brasiliensis*“, oder synthetisch hergestellter, ist das plastisch verformbare Ausgangsmaterial.

Sich elastisch verhaltender „**Gummi**“ dagegen ist das, was aus dem Kautschuk durch Zumischen bestimmter Ingredienzien und durch „Vulkanisieren“ entsteht. Aus Kautschuk wird also Gummi, so wie aus Mehl Brot oder Kuchen werden.

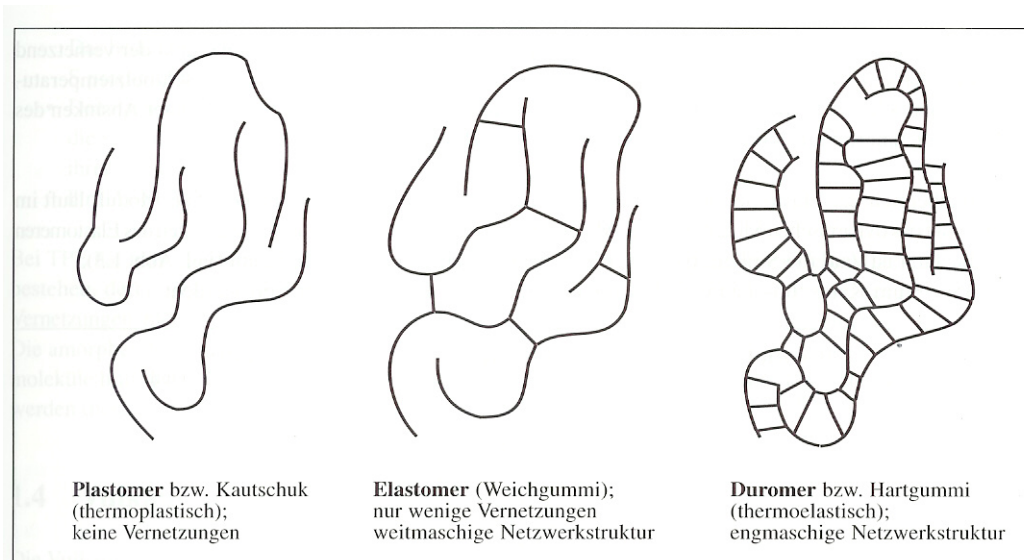
Ganz allgemein wird heute von „**Polymer**“ als Synonym für Kautschuk gesprochen.

„**Elastomer**“ ist das Synonym für Gummi und „**Vernetzung**“ das Synonym für Vulkanisation.



Und das passiert bei der Vulkanisation

Das Bild vom Mehl, das zu Kuchen und Brot wird, trifft recht gut, denn die Vulkanisation ist eine Art Backvorgang. „Ungebackener“ Kautschuk ist zäh, klebrig, plastisch. Diese **Plastizität** kommt von der Struktur der Kautschukmoleküle: Sie bilden sehr lange und damit nachgiebige, eben plastisch-biegsame Ketten. Das Prinzip der Vulkanisation besteht nun darin, diese gestreckten Gebilde durch chemische Reaktionen und Einlagern von **Schwefel**-Atomen kreuz und quer miteinander zu verknüpfen, die Ketten also zu „vernetzen“. Der Schwefel verknüpft die Kautschukmoleküle aufgrund seiner chemischen Struktur besonders innig.



Die Menge des für die Vernetzung erforderlichen Schwefels richtet sich danach, was für eine Art von Gummi hergestellt werden soll: Für Weichgummi setzt man in den meisten Fällen 1,5 % bis 3 % zu, im Extremfall bis zu 8 %. Mengen von 8 % bis 20 % ergeben Halbhartgummi (lederartig), und bis zu 32 % braucht man für Hartgummi.

Allerdings setzt die Vernetzung normalerweise nicht schon bei Raumtemperatur ein, sondern erst unter Hitzeeinwirkung: Man muss den mit Schwefel versetzten Kautschuk auf 80 bis 160 °C erwärmen, damit die Reaktion in Gang kommt und die Kautschukmischung vom plastischen in den elastischen Zustand übergeht.

Das bedeutet: sie wird formhaltig.

Zieht man das Vulkanisat, also den vernetzten Kautschuk, der nun Gummi heißt, auseinander, schnurrt es beim Loslassen wie ein Gummiband von selbst wieder zusammen.

Lässt man eine Kugel davon zu Boden fallen, springt sie wie ein Ball wieder hoch.

Drückt man sie an irgendeiner Stelle ein, beult sie sich von selbst wie eine Gummidichtung wieder aus.

Mischungskomponenten

Der Schwefel allein macht es allerdings noch nicht. Es werden vor dem Vulkanisieren noch andere Stoffe zugesetzt.

Zum Beispiel **Zinkoxid**, in Mengen von 3 % bis 5 %, „aktiviert“ den Vorgang der Vulkanisation, besonders wenn gleichzeitig noch etwas **Stearinsäure** dazukommt.

Und dann vor allem die „**Beschleuniger**“. Bei ihnen handelt es sich um organische Substanzen, die, wie der Name schon sagt, die Vulkanisation zeitlich forcieren, so dass der Vorgang der Vulkanisation nicht mehr Stunden, sondern nur noch Minuten in Anspruch nimmt.

Hinzu kommen **Alterungsschutzmittel**, **Verarbeitungshilfsmittel**, **Füllstoffe** – hier vor allem **Ruß**, der nicht nur Autoreifen die schwarze Farbe gibt, sondern den Gummi auch noch „verstrammt“. (siehe wdk report Nr. 9, „Warum sind die Reifen schwarz?“)

Ähnlich wirken sich auch Zusätze von hellen anorganischen Füllstoffen wie feinteiligen **Kieselsäuren (Silica)** aus – auch „weißer Ruß“ genannt, die insbesondere für Winterreifen unentbehrlich sind.

Die durch die Zugabe von Füllstoffen vielfach bedingte „Verstrammung“ im unvulkanisierten Zustand kann durch Zusatz von **Weichmachern** (Plastikatoren) begrenzt werden, was zu deutlich günstigeren Verarbeitungsbedingungen führt.

Gleichzeitig greifen solche Produkte, gezielt ausgewählt, in das Tieftemperaturverhalten, die Hitzebeständigkeit oder auch die Chemikalienbeständigkeit ein.

Im Einzelfall kann die Mischung aus bis zu 20 Komponenten aus einer schier unüberschaubaren Vielzahl möglicher Stoffe mit individuell noch unterschiedlichen Zusatzmengen bestehen. Somit lässt sich eine nahezu unendliche Vielzahl von Möglichkeiten und Ergebnissen realisieren: Gummi ist nicht gleich Gummi!

Im Laufe der Zeit hat man noch andere Vulkanisationsmittel gefunden – nicht zuletzt im Zusammenhang mit der Entwicklung einer Vielzahl von Synthekautschuken.

So gibt es die Möglichkeit, mit bestimmten **Harzen**, mit **Peroxiden**, mit **Metalloxiden** oder auch mit **Aminen** zu arbeiten, vielfach bestimmt durch die chemische Struktur des verwendeten Kautschuks und das gewünschte Eigenschaftsbild des elastomeren Endprodukts.

Produkte aus Gummi gibt es zu Zehntausenden! Gummi – vulkanisierter Kautschuk – ist zu einem absolut unentbehrlichen Massenwerkstoff geworden. Charles Goodyear aber hat von seiner wahrhaft epochalen Erfindung keinen Nutzen gehabt. Er starb im Jahre 1860 als armer Mann.

(Bild 1 von Goodyear wurde entnommen: Ulrich Giersch und Ulrich Kubischj, „Gummi – die elastische Faszination“)
(Bild 2 wurde entnommen: W. Hofmann und H. Gupta, „Handbuch der KAUTSCHUK-TECHNOLOGIE“)