

Elastisch wie Gummi und doch kein Gummi Thermoplastische Elastomere

Elastisch, biegsam, flexibel - das sind die typischen Eigenschaften für ein Material, das jeder kennt und das in vielfältiger Gestalt zu unserem Alltag gehört: Gummi. Ob es um Babyschnuller, die Dichtung der Waschmaschine oder die Reifen unserer Autos geht - wir wissen, dass es sich dabei um Teile aus Gummi handelt.

Seit einiger Zeit aber wird es bei vielen Produkten schwieriger, das Material richtig zu bestimmen. Da gibt es Fahrradgriffe und Eiswürfelschalen, Wasserschläuche und Reifen für Spielzeugautos, Dichtringe und Türpuffer und sie alle fühlen sich an wie Gummi und sind ähnlich flexibel, doch sie wirken nur wie aus Gummi. Tatsächlich sind sie aus „Thermoplastischen Elastomeren“ hergestellt, aus **TPE**, wie man diese Werkstoffgruppe kurz nennt. Die Ähnlichkeit mit Gummi ist aber wirklich verblüffend. Wo liegen die Unterschiede?

Gummi ist ein **Kautschukprodukt**. Dabei kann es sich um Natur- oder um Synthesekautschuk handeln. In beiden Fällen ist das ein **viskoelastisches Material**. Zu elastischem Gummi wird es durch Beigabe von Schwefel und anschließendem Erwärmen. Bei diesem „Vulkanisationsvorgang“ werden die fadenförmigen Kautschukmoleküle untereinander vernetzt. Das eben gibt dem Produkt seine **Elastizität**, denken wir etwa an den Autoreifen oder an den Gummiball. Rückgängig machen lässt sich der Vulkanisationsvorgang nicht. Auch bei erneutem Erwärmen bleibt Gummi immer Gummi, die Vernetzung ist unauflösbar, die Gummielastizität bleibend.

Völlig anders die **Thermoplastischen Elastomere**. Wenngleich von gummiartigem Verhalten, haben sie mit Gummi nichts zu tun. Ihr Name will sagen, dass sie bei **Erwärmung** (griech. thermos = Wärme) formbar werden, bei **Abkühlung** aber wieder elastisch. Damit stehen sie im Gegensatz zum Gummi. Dieser wird, wenn er einmal aus dem viskoelastischen Zustand der Rohmischung durch Vulkanisation zum elastischen Werkstoff geworden ist, durch große Hitze nur noch zersetzt, aber nicht wieder formbar. In ihrer Struktur stehen die TPE zwischen den Thermoplasten (den Kunststoffen wie PP, PE oder PVC) und den Elastomeren (den Gummiarten) und sie verbinden die leichte Verarbeitbarkeit der Thermoplaste mit wesentlichen Eigenschaften des Gummis.

Schaut man sich die **Molekularstruktur** solcher TPE an, so finden sich immer weich-elastische Bestandteile, die in harte Bestandteile eingebunden sind. Je nach Art dieser Einbindung unterscheidet man zwei Typen von Thermoplastischen Elastomeren: **Polymerblends** und **Block-Copolymere**.

Bei den **Polymerblends** sind die beiden Komponenten rein **physikalisch** miteinander verbunden, sie liegen gewissermaßen lose nebeneinander und werden durch molekulare Kräfte zusammengehalten. Der harte Bestandteil (oftmals Polypropylen) hat hier im Allgemeinen eine kristalline Netzstruktur, deren Zwischenräume von Kautschukteilchen als weichem Bestandteil ausgefüllt sind. Man könnte sagen: Die Elastomerteilchen „schwimmen“ in der Kunststoffmasse. Art und prozentualer Anteil der weichen Kautschukteilchen bestimmen die Härte und die sonstigen Eigenschaften des Produkts.

Bei den **Block-Copolymeren** sind die beiden Bestandteile **chemisch** miteinander verknüpft, sie bilden gemeinsame Großmoleküle.

Jedes einzelne Molekül besteht z. B. aus drei Gliedern: einem relativ langen Mittelstück aus Butadien-Einheiten oder aus Ethylen-Butylen-Einheiten, an die je ein Endstück aus Styrol-Einheiten chemisch angebunden ist.

Der große Mittelblock ist der weiche Anteil des Gesamtmoleküls, die beiden kleineren Endblöcke bilden den harten Anteil.

Um die Stoffe etwas zu verdeutlichen: Aus Polyethylen bestehen z. B. die weichen Tragetaschen im Supermarkt, aus Polystyrol manche glasähnlichen Fläschchen und Becher.

Man spricht bei einem solchen TPE von einem **Dreiblock-Copolymer**. „Dreiblock“ wegen der Dreiteiligkeit eines jeden Moleküls, „Polymer“, weil es sich um Riesenmoleküle handelt mit sehr vielen Atomen pro Molekül (griech. poly = viel).

Wird der Mittelblock von Butadien gebildet, so nennt man das Produkt SBS (von Styrol-Butadien-Styrol). Besteht es aus Ethylen-Butylen, so heißt das Produkt SEBS (oder auch S-EB-S geschrieben).

Natürlich gibt es eine Vielzahl verschiedener **Thermoplastischer Elastomere**. Man hat sie in **fünf Gruppen** eingeteilt, die wir der Vollständigkeit halber hier nennen wollen:

- Copolyester und Polyether-Block-Amide (diese beiden Arten sind von größerer Härte)
- Thermoplastisches Polyurethan (das auch mit hoher Härte verfügbar ist)
- Thermoplastische Polyolefine und die beiden Styrol-Block-Copolymere (diese drei haben geringere Härte, sind also flexibler, gummiähnlicher)

Von all den vielen TPE spielt die Gruppe der Styrol-Block-Copolymere die bedeutendste Rolle. Etwa zwei Drittel des Verbrauchs an TPE in Westeuropa entfallen auf diese Gruppe. Dabei bietet insbesondere der SEBS-Typ aufgrund seiner Flexibilität sehr interessante Möglichkeiten. Und er kann als typisches Material mit gummielastischen Eigenschaften angesehen werden. Deshalb wollen wir uns im Folgenden etwas näher damit beschäftigen.

Ausgangsprodukt aller SEBS-Artikel ist das **Dreiblock-Copolymer**, von dem oben schon die Rede war. Es handelt sich dabei um ein weißes, leichtes, pulvrig-flockiges Material, das ein wenig an **Kartoffelbrei-Flocken** erinnert. Hergestellt wird es von der petrochemischen Industrie. Jedes Molekül dieses flockigen Pulvers besteht also aus den erwähnten Blockteilen: Styrol + Ethylen-Butylen + Styrol. Dabei entfallen etwa 70 % der Masse auf den Mittelblock, rund 30 % auf die beiden Endblöcke.

Das SEBS-Ausgangsmaterial ist noch nicht verarbeitungsfertig. Es muss noch mit allerlei Zutaten vermischt („compoundiert“) werden. Deshalb heißt der Weiterverarbeiter in der Fachsprache auch „**Compounder**“.

Er gibt dem Rohstoff in einem Rührwerk Füllstoffe bei, die sich auf die Verarbeitbarkeit des Materials und die Eigenschaften des Endprodukts auswirken. Hinzu kommen Alterungsschutzmittel, Farbstoffe nach Wunsch, Wachse als Gleitmittel und Öle als Weichmacher.

Das Ergebnis ist ein Gemisch, das sogleich in einen **Extruder** gefördert wird, in eine Art meterlangem Fleischwolf. Darin wird die Masse auf 180 °C bis 200 °C erwärmt, wodurch sie etwa so weich wie Zahnpasta und endgültig homogenisiert wird.

Am Ausgang des Extruders sitzt eine **Abschlussplatte** mit mehreren Löchern von etwa 3 mm Durchmesser. Aus diesen Löchern schießt je ein runder Endlosstrang von compoundiertem SEBS direkt in ein kaltes **Wasserbad** hinein, das die Masse abkühlt und gummiähnlich fest werden lässt.

Gleich hinter dem Wasserbad werden die Stränge von einem schnell rotierenden Messer in 3 mm lange Stückchen zerschnitten. So fallen pro Minute Hunderte und aber Hunderte kleiner Zylinderchen (**Granulat** genannt) auf das Förderband, das sie zum Abfüllen in kleine oder größere Säcke bringt.

Was in einer solchen Produktionsstätte nicht fehlen darf, ist die permanente **Qualitätskontrolle**. Immer wieder werden Proben entnommen und ins Versuchslabor geschickt. Hier prüft man, ob das bestellte Compound den verlangten Eigenschaften entspricht: Stimmt die Härte? Stimmen Zugfestigkeit, Bruchdehnung, Weiterreißfestigkeit, Elastizität, Kerbzähigkeit? Auch Porosität und Quellverhalten werden kontrolliert.

Das schließlich zum Verkauf freigegebene Granulat ist zunächst auch wieder ein Zwischenprodukt. Um im Vergleich zu bleiben: Aus den Kartoffelbrei-Flocken ist nach Zugabe von Wasser oder Milch und ein wenig Butter Kartoffelbrei geworden. Nun sollen aus dem Kartoffelbrei beispielsweise Kroketten gemacht - soll aus dem SEBS-Granulat ein Fertigartikel werden.

Dies geschieht bei den Herstellern der **Endprodukte**. Sie kaufen das SEBS-Granulat mit den bestellten Eigenschaften (einschließlich gewünschter Farbe) beim Compounder und verarbeiten es in ihren Formgebungs- bzw. Kunststoffverarbeitungs-
maschinen.

In Frage kommen hier **Spritzguss** sowie **Extrusions- und Blasformverfahren**, nicht aber Pressverfahren. In jedem Falle muss man das Granulat zunächst auf 190 °C bis 260 °C erwärmen, wodurch es wieder, wie zuvor, zähbreiig wird und dann bringt die Formgebungsmaschine durch Extrudieren, Spritzen oder (für dünnwandige Gegenstände, z. B. Folien) durch Blasen die Masse in die gewünschte Form.

Nach dem Abkühlen ist der Ball, der Handgriff, die Laufrolle, der Schlauch, die Dehnungsfugen-Abdeckung fertig. Gummi und doch kein Gummi - das ist das Material, aus dem dies alles dann besteht.

Natürlich können Thermoplastische Elastomere, die übrigens erst seit einigen Jahren auf dem Markt sind, den Gummi aus Natur- und Synthetikgummi nicht voll ersetzen. Für sehr viele Zwecke muss es beim Gummi bleiben, dann nämlich, wenn ther-

mische Beständigkeit und Formbeständigkeit (kein Fließen bei hohen Drücken) gefragt ist. Doch in vielen Fällen sind die TPE-Materialien ein gutes Angebot.

Einer der wichtigsten Vorteile ist die schnelle **Verarbeitbarkeit** des Granulats zum Endprodukt: Dass hier nicht vulkanisiert werden muss, spart an Energie und an Zeit, und Energie wie Zeit sind ja Geld. Tatsächlich kann die Fertigung der Teile bis zu zwölf Mal schneller erfolgen als die von Gummiteilen. Dies ist ein guter Ausgleich dafür, dass der TPE-Ausgangsstoff manchmal teurer ist als eine gewöhnliche Gummimischung.

Ein weiterer Vorteil ist die **Wiederverwendbarkeit** von Produktionsabfällen. Reste, Verschnitt oder misslungene Teile werden einfach fein zerkleinert am Produktionsanfang wieder beigegeben. TPE kann eben beliebig oft geschmolzen und wieder erhärtet werden, im Gegensatz zu Gummi, bei dem dies wegen der Vulkanisierungsvernetzung der Moleküle nicht funktioniert.

Alles in allem können die verschiedenen TPE-Sorten folgende **Vorteile** bieten:

- Man kann alle Härtegrade von sehr weich bis ziemlich hart erzielen
- ausgezeichnete UV-, Ozon- und Witterungsbeständigkeit
- ausgeprägte Unempfindlichkeit gegen Tieftemperaturen (bis - 40 °C)
- allgemeine hohe thermische Beständigkeit
- elektrisch gut isolierend
- gut sterilisierbar
- Unempfindlichkeit gegen Wasser
- leichte Einfärbbarkeit
- leichte Verarbeitbarkeit auf schon vorhandenen Kunststoffmaschinen

Je nach Anforderung und Einsatzbedingung können die TPE-Granulate auf bestimmte Eigenschaften ganz besonders intensiv getrimmt werden und zwar durch präzise Einstellung der Härte sowie durch Auswahl und Dosierung der Zusatzstoffe.

Schauen wir uns einmal an, welche **Eigenschaften** zu welchen Produkten geführt haben.

Im **Automobilbau** braucht man oft sehr weiche, flexible sowie sehr kältefesten Materialien. Daher nimmt man TPE für Faltenbälge, Türpuffer, Lüfterklappen, Schläuche, Dichtprofile, Matten, Spiegelhalterungen.

Im **Bauwesen** kommt es ebenfalls auf Kältefestigkeit an, aber auch auf gute Schallisolierung und sonstige Dichteigenschaften. Das ergibt Schalldämmteile, Dehnungsfugen-Abdeckungen und auch Abstandsstücke. Eine Spezialität sind Rohre, bei denen das Rohr selbst aus dem Kunststoff Polypropylen und das abschließende Dichtungsteil aus TPE besteht, wobei das Ganze im Zweikomponenten-Spritzguss in einem einzigen Arbeitsgang gefertigt wird.

Bei **Spielwaren** sind manchmal Härte und Abriebfestigkeit verlangt (Rollschuhräder), manchmal hohe Reißfestigkeit (Puppen und Puppengliedmaßen), manchmal hohe Elastizität (Bälle), manchmal hygienische und gesundheitliche Unschädlichkeit (Beißringe für Babys).

In der **Elektrotechnik** verlangt man natürlich in allererster Linie hohe Isolation gegen elektrische Ströme und Spannungen, aber auch gute Flexibilität selbst bei tiefen Temperaturen (bis -40 °C). Zudem mechanische Festigkeit bei Zug und Biegung und dazu auch manchmal gute Einfärbbarkeit. So kommt es zur Verwendung von TPE bei Kabelummantelungen, Kabeldurchführungen, Steckern, Schalmatten usw. Ein spezielles Verfahren ermöglicht die Herstellung von weichen Kabelummantelungen mit harten Endsteckern in einem Arbeitsgang.

Bei **Sportartikeln** kommt es auf hervorragende Ozon- und Witterungsbeständigkeit an, auf sehr gute Griffigkeit und auf Unempfindlichkeit gegen Nässe, oft auch gegen Kälte und Sonnenlicht. Also fertigt man aus TPE u. a. Tauchermasken und Schwimfflossen, Surfboardteile, Fahrradgriffe, Skischuhe und Skibrillen, flexible Skispitzen, Griffe für Skistöcke, Eispickel und dergleichen.

Bei **Haushaltartikeln** sind auch wieder gute Griffigkeit und Rutschfestigkeit selbst bei Nässe wichtig, außerdem die hygienischen Aspekte und schließlich die Möglichkeit beliebiger Farbgebung. So finden sich aus TPE gefertigte Dosenöffner, Tablettbeschichtungen, Leiterfüße, Haarbürstenteile, Werkzeuggriffe aller Art, Abtropfständer, Eiswürfelschalen.

Das Fazit für die TPE

Ihre rationelle Verarbeitbarkeit, die gummiähnlichen, je nach Anwendungszweck variierbaren Eigenschaften und die Möglichkeit der Wiederverwendung von Produktionsabfällen und Fehlteilen machen die Thermoplastischen Elastomere für zahlreiche Anwendungsgebiete zu einer wirtschaftlich und technisch interessanten Alternative zu Kunststoff und Gummi.