

Blei-Gummi schützt vor Röntgenstrahlen

Röntgenstrahlen sind gefährlich. Blei, vor allem Bleiverbindungen sind giftig. Das sind zwei Tatsachen, die aber nichts daran ändern, dass die Erfindung von **Konrad Röntgen** ebenso **segensreich** für die Menschheit ist wie die Verwendung von Blei zum Strahlenschutz für Patienten, Ärzte und technisches Personal.

Blei gehört aufgrund seines Anteils von nur 0,0018 % in der Erdkruste zu den sehr seltenen Metallen, ist aber dennoch eines der ältesten Gebrauchsmetalle. In wenigen großen Lagerstätten in Form der leicht reduzierbaren Verbindung **Bleiglanz** vorhanden und vielfach als Nebenprodukt der Silbergewinnung anfallend, war es schon 5.000 v. Chr. den Ägyptern bekannt.

Die Griechen gewannen Blei um 550 v. Chr. auf Zypern und Rhodos, die Römer in Italien, Spanien, Frankreich und Deutschland.

Aufgrund seines niedrigen **Schmelzpunktes** und seiner **Weichheit** war Blei sehr leicht zu bearbeiten und wurde rein oder in Form von Legierungen, besonders mit Zinn, zu Gebrauchsgegenständen und von den Römern vor allem zu Wasserleitungsrohren verwendet.

Ebenso alt wie die **Verwendungsnachweise** von Blei ist die Kunde von **Bleivergiftungen**. Manche Historiker führen den Untergang des Römerreiches auf chronische Bleivergiftungen zurück.

Die moderne Wissenschaft hat die Menschen gelehrt, mit Blei und Bleiverbindungen vorsichtig umzugehen und so erfüllt Blei wegen der besonderen Eigenschaften auch im High-Tech-Zeitalter wichtige Funktionen. Als Material für Akkumulatoren (Autobatterien, ca. 60 % des Weltbedarfs), in der chemischen Industrie (weitere 20 % des Weltbedarfs) z. B. zur Auskleidung von Behältern für aggressive Flüssigkeiten (gegen Schwefel- und Salzsäure oder Brom- und Fluorwasserstoff) und nicht zuletzt im Strahlenschutz.

Ohne Blei keine Röntgendiagnose

Die Szenerie ist bekannt. Gleich, ob es sich um **Röntgenaufnahme** oder **Durchleuchtung** handelt, werden **Sicherheitsvorkehrungen** getroffen. Strahlenempfindliche Körperteile der Patienten werden mit dicken Schutzmatten abgedeckt, mitunter auch mit einer Schürze, wie sie ähnlich auch Arzt und Bedienungspersonal tragen. Dabei stellt der „Delinquent“ unweigerlich fest, dass die Schutzelemente ein beachtliches Gewicht haben. Logisch: Blei ist ein Schwermetall und die hohe Dichte von $11,3 \text{ g/cm}^3$ bewirkt den guten Schutz gegen Röntgenstrahlung.

Für den Patienten ist die **Gewichtsbelastung** unbedeutend, denn sie dauert nur ein paar Minuten. Das Röntgenpersonal aber muss die **Schutzkleidung** täglich Stunden lang tragen und da spielt es eine große Rolle, ob eine Röntgenschürze knapp 3 kg oder 5 kg wiegt. Letzteres war noch bis 1993 der Fall – inzwischen konnte das Gewicht der Standardschürze zweimal um 20 % gesenkt werden.

Neuerdings werden Röntgenschürzen mit geringerem Gewicht, aber gleich gutem Strahlenschutz, ohne Blei - mit Zinnpulver - gefertigt.

Röntgenschürzen und was sie leisten müssen

Strahlenschutz ist die wichtigste Anforderung, aber nicht die einzige. Die Schürze muss **flexibel** sein, darf die Beweglichkeit nicht einschränken, nicht drücken oder scheuern, sie muss **abwaschbar** sein und unempfindlich gegen Desinfektionsmittel, freundlich aussehen soll sie auch noch und je leichter sie ist, desto weniger fällt sie dem Träger im Wortsinn zur Last.

Wie sieht so eine Röntgenschürze innen aus?

Der erste Eindruck lässt auf gewalzte Folien aus Blei schließen, die mit Stoff überzogen sind. Weil aber die Folie bruchanfällig wäre und der Schutz durchlöchert würde, geht das nicht. Das schützende Blei wird in **Pulverform** einem Trägermaterial – PVC, Naturkautschuk oder Synthetikautschuk – beigemischt. Die daraus hergestellten **Bahnen**, die dann zu Schutzelementen für die Röntgenpraxis verarbeitet werden, sind unter dem Begriff **Bleivinyll** und **Bleigummi** auf dem Markt.

Das pulverförmige Blei ist ebenfalls in zwei Versionen zu haben, nämlich als reines Blei (Pb) und als **Bleioxid (PbO)**. Reines Bleipulver kann man nur bei der Herstellung von Bleivinyll verwenden, weil da beim Mischen keine großen Kräfte auftreten.

Von Nachteil ist allerdings, dass sich Bleipulver und PVC chemisch nicht miteinander verbinden, was in der Praxis zu hohem Abrieb führen kann, weil das Blei in reiner Form an der Oberfläche des Produkts liegt. Zur Vermeidung eines „**Bleistifteffekts**“ ist da eine zusätzliche Schutzschicht erforderlich.

Bleioxid also, ein staubarmes Pulver, das in dicht verschweißten Polyethylen-Beuteln von 25 kg Inhalt geliefert wird und im **Innenmischer** und auf der **Mischwalze** homogen im Kautschuk verteilt werden kann.

Auf die **Homogenität** kommt es besonders an, denn die Bleigummi-Bahn darf ja keine „Löcher“ haben, welche die Röntgenstrahlen durchlassen. Erfreulicherweise neigt Bleioxidpulver nicht zur **Agglomeration**, also zur Klümpchenbildung, es lässt sich wirklich homogen verteilen. Mit reinem Bleipulver ginge das nicht. Es würde auf der Mischwalze zu Plättchen verformt, zwischen denen dann Lücken entstünden.

Damit der geforderten homogenen Verteilung auch von der Kautschukseite nichts im Wege steht, wird nur die beste bzw. reinste **Naturkautschuk-Qualität**, oder sehr reiner Synthese-Kautschuk, z. B. **Polyisoprenkautschuk (IR)** verwendet. Jede Verunreinigung würde die Homogenität beeinträchtigen. Naturkautschuk oder IR nimmt man wegen der unübertroffenen Flexibilität, Stichwort Tragekomfort.

In die **Rohmischung** kommen außer Kautschuk und Bleioxid noch die zur Umwandlung in elastischen Gummi (Vulkanisation) erforderlichen Chemikalien – siehe auch wdkReport „Ausgerechnet Schwefel“. Bevor sich unter Wärmeeinwirkung (Vernetzung bzw. Vulkanisation) von ca. 160 °C die Kautschukmoleküle mit Hilfe des Schwefels zu einem sehr stabilen und für die Elastizität des Gummis verantwortli-

chen Verbund vernetzen, fertigt man über ein Walzensystem, den **Kalander**, aus der Mischung Bahnen oder Platten verschiedener Dicke. Anschließend vulkanisiert man die Bahnen, meist kontinuierlich, über große **Heiztrommeln**, sog. AUMA, zu Bleigummibahnen oder -Platten.

Sicherheit hat Priorität

Angesichts der Gefährlichkeit von Röntgenstrahlen für den menschlichen Organismus ist die Herstellung und Benutzung nicht nur von **Röntgenanlagen**, sondern auch von **Strahlenschutzbehör** streng durch die **Röntgenverordnung** und durch Normen geregelt.

Eine besondere Rolle spielt bei den verwendeten Materialien der **Bleigleichwert**. Seine Maßzahl, angegeben in mm, definiert den Strahlenschutz, den eine gleich dicke Schicht aus reinem Blei bietet. Beispiel: Der Bleigleichwert einer Röntgenschürze muss 0,35 mm betragen, also so viel Strahlenschutz wie eine Bleifolie dieser Dicke bieten.

Nach dem Bleigleichwert, der für Patientenschürzen ein anderer ist als für Operationsschürzen, für die Abdeckung der Keimdrüsen ein anderer als für Schutzkanzeln von Leuchtschirmgeräten, richtet sich die Dicke der Bahnen und damit auch der Kleidungsstücke oder Vorhänge.

Bei der Herstellung von **Schutzkleidung**, vor allem im Frontbereich, legt man mehrere ganz dünne **Bleigummifolien** übereinander. Damit erreicht man erstens die gewünschte Flexibilität und Geschmeidigkeit und zweitens einen optimalen Strahlenschutz, denn sollte sich in einer Bleigummi-Folie wirklich einmal eine winzige Fehlstelle ohne Schutzwirkung befinden, wird dies durch die zweite oder dritte Schicht ausgeglichen.

Darüber hinaus ergibt sich beim **Mehrschichtmaterial** noch das durchaus willkommene Phänomen eines Schutzzuwachses über die rein rechnerische Addition der Bleigleichwerte der verwendeten Schichten hinaus.

Abwaschbare farbenfrohe Stoffe, eine Polyurethan-Beschichtung, die gegen UV-Strahlen und Ozon Angriff schützt, gehören zum Finish der Schutzkleidung und verbinden Sicherheit mit langer Lebensdauer.

Die Hersteller von Bleigummi und Strahlenschutzkleidung sind natürlich bestrebt, bei gleicher Schutzwirkung möglichst leichte, flexible und damit komfortable Produkte anzubieten und es ist in Zusammenarbeit von Chemikern und Technikern gelungen, eine Bleigummi-Qualität zu entwickeln, die 20 % Gewichtsersparnis bringt.

Stichwort „Leichtblei“

Scheinbar ein Anachronismus, trifft dieser Begriff doch den Kern. Das Geheimnis liegt in der Kornstruktur des Pulvers. Man hat den Bleioxid-Anteil verringert und durch pulverisierte Metalle niedrigeren spezifischen Gewichts ersetzt. Ergebnis ist ein um 20 % leichteres Pulver, das sich nicht nur genau so homogen im Kautschuk verteilen

lässt und keinen negativen Einfluss auf die Bleigummi-Qualität hat, sondern auch im Bleigleichwert identisch ist mit dem schwereren Standardmaterial.

Zusätzlich wurde, wie schon erwähnt, durch den Ersatz von PbO durch **Zinn** ohne Qualitätsminderung eine leichtere Schutzkleidung ermöglicht

Bei der Vulkanisation reagiert das Bleioxid, ein gelbes Pulver, mit dem Schwefel zu Bleisulfid, das dem Bleigummi seine schwarze Farbe gibt. Das Blei ist also chemisch an den Schwefel gebunden und bildet – ebenso wie die „Ersatzstoffe“ im Leichtblei – mit dem Gummi einen inerten Werkstoff von relativ geringer Toxizität. Das ist vor allem dann von Bedeutung, wenn die Stoffumhüllung einmal schadhaft geworden ist.

Recycling im Hüttenwerk

Weil Gummi ein chemisch vernetzter Werkstoff ist, widersteht er im Gegensatz zu den thermoplastischen Kunststoffen allen Versuchen, ihn „einzuschmelzen“ und dann wieder neue Erzeugnisse daraus herzustellen.

Bleigummi-Produktionsabfälle, auch alte Schürzen und demontierte Anlagenteile sind wegen ihres Bleigehalts zu **wertvoll** für die Deponie.

Durch **Erhitzung** im Hüttenwerk wird nur das Blei, bis zu 90 %, zurück gewonnen, wobei der **Gummi** als **Sekundärbrennstoff** dient. Aufgrund von Veränderungen der Härte und der Korngrößen kann man aus dem **Recyclat** allerdings nicht wieder Bleigummi herstellen, es ließe sich nicht mehr homogen in der Mischung verteilen.

Übrigens: Bleivinyll kann nicht recycled werden, da eine Trennung von Blei und PVC erst nach dem Erhitzen bis zum Zersetzen des PVC möglich wäre. Wegen der dabei auftretenden Umweltprobleme (Bildung von Chlorwasserstoff- und Chlorgas) wird auf eine Aufarbeitung von Bleivinyll bislang verzichtet

Gummi – ein unentbehrlicher Werkstoff

Ein Schwermetall schützt vor gefährlicher Strahlung – zum millionenfachen Nutzen für die Gesundheit, zum Erkennen von lebensbedrohenden Erkrankungen.

Die perfekte Lösung ermöglicht Gummi: High-Tech-Werkstoff mit unersetzlichen Eigenschaften, hergestellt aus einem Rohstoff, den schon die Mayas und Azteken verwendeten: Kautschuk oder aus Synthetikautschuk, dessen Rohstoffbasis Erdöl ist.