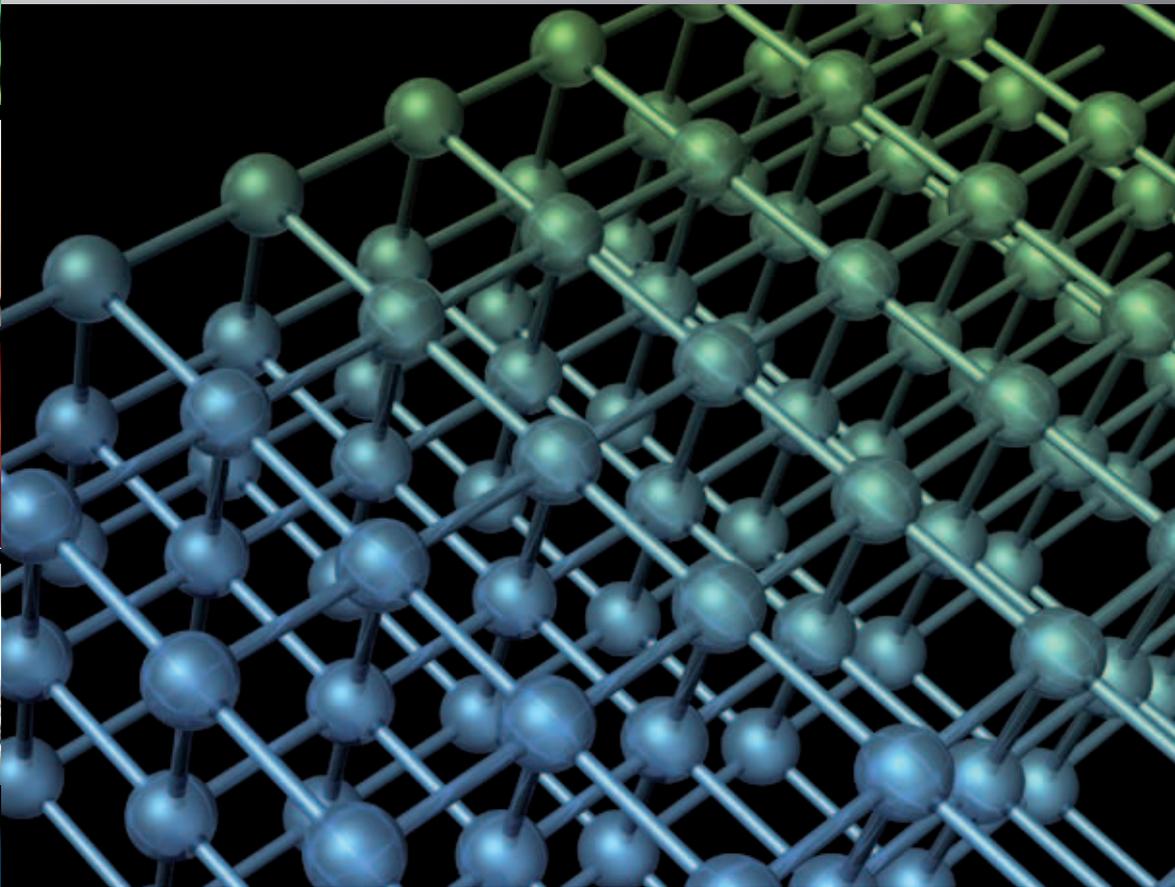


Verfahrenstechnik

Produktveredelung durch Bestrahlung



BGS

IDEEN PLUS ENERGIE



BGS: An drei Standorten optimieren wir Ihre Produkte.

Sie sind bei uns in guten Händen!

Wirtschaftliche und umweltfreundliche Optimierung Ihrer Kunststoffprodukte

BGS ist Ihr spezialisierter Dienstleister mit umfangreichem Anwendungswissen in der Bestrahlungstechnik. Wir erweitern den Einsatzbereich Ihrer Kunststoffprodukte durch Verbesserung der Hitze-, Abrieb- und Verschleißfestigkeit oder zerstören pathogene Keime schnell, sicher und umweltfreundlich. Für jeden Kunden und die jeweiligen Produkthanforderungen finden wir die passende Lösung zur Strahlenvernetzung oder Strahlensterilisation.

Unsere Mitarbeiter sind Spezialisten in der industriellen Anwendung von Beta- und Gammastrahlung. Die Produkthandlingssysteme bei BGS sind Eigenentwicklungen, damit die Produkte schonend der Bestrahlung zugeführt werden. Daraus ergeben sich Vorteile: Das unternehmensinterne Know-how führt zu hoher Flexibilität und Schnelligkeit bei der Behandlung Ihrer Produkte.

Selbstverständlich erfüllen unsere Bestrahlungsanlagen alle gesetzlichen Anforderungen im Strahlen- und Arbeitsschutz. Unsere Sicherheitsvorkehrungen werden ständig weiterentwickelt, um der unternehmerischen Verantwortung gegenüber Mitarbeitern, der Umwelt und den uns anvertrauten Produkten gerecht zu werden.

BGS ist ein unabhängiges mittelständisches Unternehmen. Das bedeutet für Sie: Flexibilität in der Auftragsgestaltung, Verlässlichkeit in der Auftragsabwicklung und Rundum-Service. Vertrauen Sie mehr als 25 Jahren Erfahrung in der Anwendung hochenergetischer Strahlen – Ihre Produkte sind bei uns in besten Händen!

Inhalt

Maßeinheiten der Bestrahlungstechnik	4
Unterschiede zwischen Elektronen- und Gammastrahlen	6
Das Prinzip der Elektronenbestrahlung	8
Anlagencharakteristiken	11
Das Prinzip der Gamma-Anlage	12
Anlagencharakteristik	14





Maßeinheiten der Bestrahlungstechnik

Dosis als wichtiger Parameter

In der Bestrahlungstechnik gibt es – wie bei jeder technischen Anwendung – spezifische Parameter, die die Bestrahlung mess-, dokumentier- und reproduzierbar machen.

Sowohl bei der Strahlenvernetzung bzw. beim Strahlenabbau von Kunststoffen als auch bei der Sterilisation bestimmt in erster Linie die Bestrahlungsdosis die gewünschten Eigenschaftsveränderungen. Die Bestrahlungsdosis legt bei der Strahlens-sterilisation den erreichbaren Sterilitätsgrad fest (SAL = Sterility Assurance Level). Grundsätzlich ist die Dosisleistung entscheidend für die Endeingenschaften des Produkts.

Die Dosis ist physikalisch definiert als die absorbierte Strahlungsenergie pro Masse. Nach dem SI-System verwendet man heutzutage die Einheit Gray (Gy), benannt nach dem britischen Physiker und Vater der Strahlenbiologie, Louis Harold Gray (1905-1965). Früher verwendete man die Einheit Rad (für: radiation absorbed dose). Das Einheitenzeichen ist eigentlich rd, es wird aber fast immer rad verwendet.

$$1 \text{ Gy} = 1 \text{ J/kg} = 100 \text{ rad}$$

$$10 \text{ kGy} = 1 \text{ Mrad}$$

Die pro Zeiteinheit von einem Produkt absorbierte Strahlungsenergie, bezogen auf die Masse, ist die Dosisleistung. Deren Höhe spielt beispielsweise bei der Strahlenvernetzung eine wichtige Rolle.

$$1 \text{ Gy/s} = 1 \text{ W/kg} = 0,36 \text{ Mrad/h}$$

Die Eindringtiefe von hochenergetischen Elektronen bzw. Gammastrahlen ist von ihrer Energie und der Dichte der bestrahlten Produkte abhängig. Die Maßeinheit der Energie ist das Joule (J), früher Elektronenvolt (eV). Elektronenvolt wird auch heute noch häufig verwendet, da man gut handhabbare Zahlen erhält.

$$1 \text{ MeV} = 1,6 \times 10^{-13} \text{ J} = 0,16 \text{ pJ (Pikojoule)}$$

Die Eindringtiefe/Dosisverteilung bei einseitiger Bestrahlung ergibt sich somit:

$$s = \frac{5,1 E - 2,6}{\rho}$$

Die Leistung einer radioaktiven Strahlenquelle wird durch ihre Aktivität charakterisiert. Früher verwendete man die Einheit Curie (Ci), benannt nach Marie und Pierre Curie, die zusammen mit Antoine Henri Becquerel 1903 den Nobelpreis für die Entdeckung der Radioaktivität erhielten. Heutzutage benutzt man die SI-Einheit Becquerel (Bq).

Das Becquerel gibt die Anzahl der Atome an, deren Zerfall nach der Statistik des radioaktiven Zerfalls pro Sekunde erwartet wird.

$$1 \text{ Bq} = 1/\text{s}$$

$$1 \text{ Ci} = 3,7 \times 10^{10} \text{ Bq} = 37 \text{ GBq}$$



Unterschiede zwischen Elektronen- und Gammastrahlen

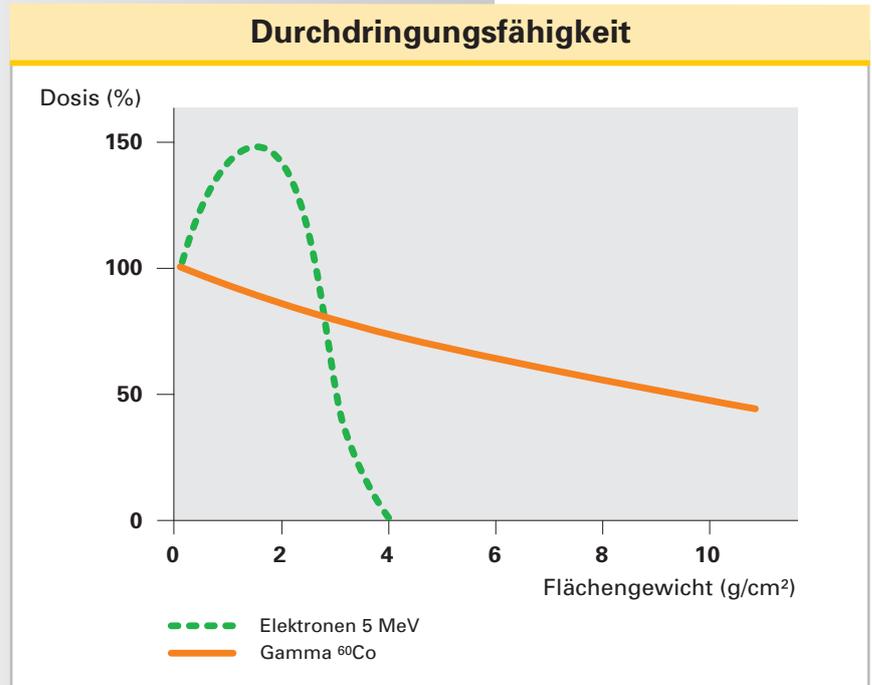
Durchdringungsfähigkeit und Dosisleistung

Der Hauptunterschied zwischen den beiden Strahlenarten besteht in ihrer Durchdringungsfähigkeit: Betastrahlung entspricht eher einer Partikelstrahlung und weist daher eine begrenzte Eindringtiefe auf. Gammastrahlen hingegen haben als elektromagnetische Strahlung eine wesentlich höhere Durchdringungsfähigkeit.

In Anlagen mit Elektronenbeschleunigern wird mit beschränkter Eindringtiefe bei hohen Dosisleistungen gearbeitet, in Gammaanlagen hingegen mit einer hohen Durchdringungsfähigkeit bei geringerer Dosisleistung.

Die Dosisleistung hängt ab von der installierten Gesamtaktivität. Anwendungstechnisch bedeutet dies, dass in Elektronenbeschleunigern die Dosis innerhalb von Sekunden aufgebracht wird, für die in der Gammaanlage Stunden benötigt werden. Dafür lassen sich in der Gammaanlage größere Volumina gleichzeitig bestrahlen.

Durchdringungsfähigkeit

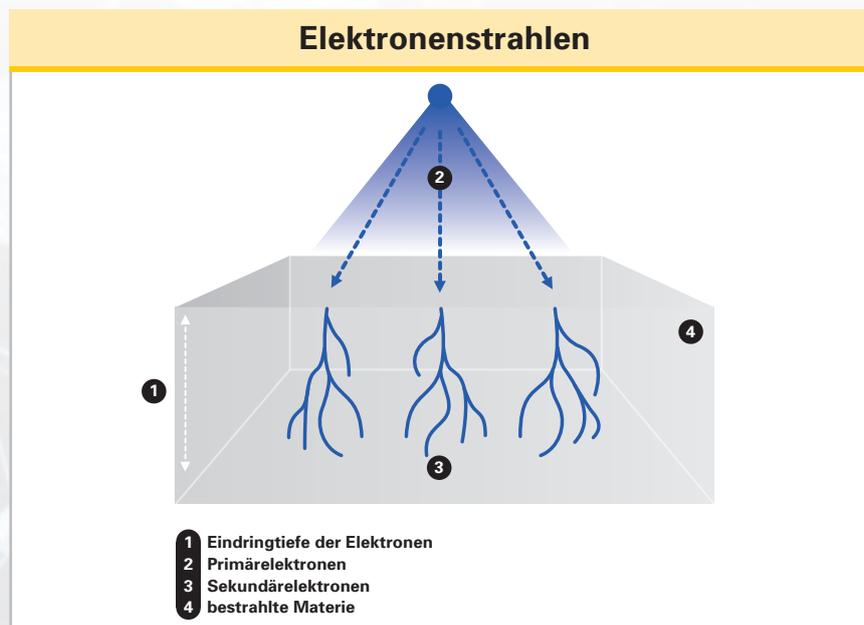


Für die Vernetzung von polymeren Werkstoffen werden hauptsächlich Elektronenstrahlen verwendet, da relativ hohe Bestrahlungsdosen erforderlich sind. Bei kompakten Bauteilen kann wegen der höheren Eindringtiefe aber auch Gammabestrahlung eingesetzt werden. Generell lässt sich feststellen, dass polymere Werkstoffe bei einer Bestrahlung durch die wesentlich kürzere Einwirkdauer von Elektronenstrahlen deutlich weniger oxidativ beeinträchtigt werden.

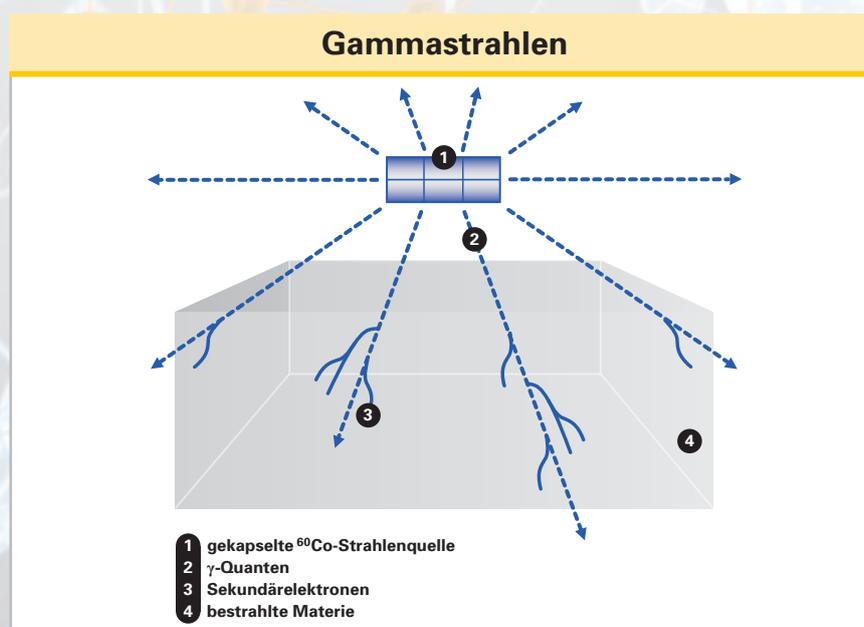
Gammaanlagen kommen heute hauptsächlich zur Strahlensterilisation bzw. Entkeimung zum Einsatz.

Aus rein physikalischen Gründen erzeugen die von BGS eingesetzten Strahlenquellen – Elektronenbeschleuniger bis zu einer maximalen Energie von 10 MeV oder Gammastrahlen ausgehend vom Kobaltisotop ^{60}Co – keine Radioaktivität.

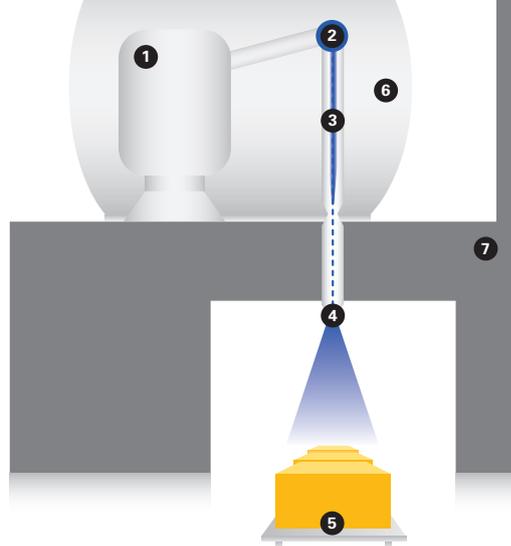
Elektronen dringen in die Materie ein. Dabei werden die Moleküle im bestrahlten Material angeregt und ionisiert.



γ -Quanten dringen in die Materie ein. Durch verschiedene Wechselwirkungsprozesse entstehen Sekundärelektronen, die wiederum Moleküle im bestrahlten Material anregen und ionisieren.



Schema eines
Elektronenbeschleunigers
mit Kartonhandling.



- 1 Hochspannungserzeugung
- 2 Kathode
- 3 Beschleunigerröhre
- 4 Scanner
- 5 Fördersystem mit Kartons
- 6 Drucktank mit Isoliergas
- 7 Betonabschirmung

Das Prinzip der Elektronenbestrahlung

Nutzung beschleunigter Elektronen

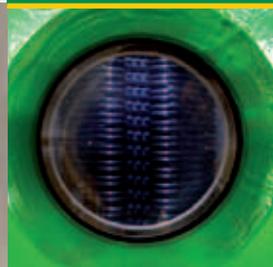
Das Prinzip eines Elektronenbeschleunigers ist mit der Braun'schen Röhre vergleichbar. Eine beheizte Glühkathode emittiert Elektronen, die in einem elektrischen Feld auf rund 99 Prozent der Lichtgeschwindigkeit beschleunigt werden. Die Geschwindigkeit ist abhängig von der zwischen Glühkathode und Anode (Erdpotential) anliegenden Spannung.

Die Hochspannung wird an die unter Hochvakuum stehende Beschleunigerröhre gelegt. Die Elektronen, die aus der Kathode austreten, werden gebündelt und beschleunigt. In einem magnetischen Wechselfeld wird der Strahl so abgelenkt, dass er am Ende des Scanners als aufgefächerter Elektronenstrahl auf das zu bestrahlende Produkt trifft. Die Eindringtiefe hochenergetischer Elektronen ist von ihrer Energie und damit von der Beschleunigungsspannung abhängig.

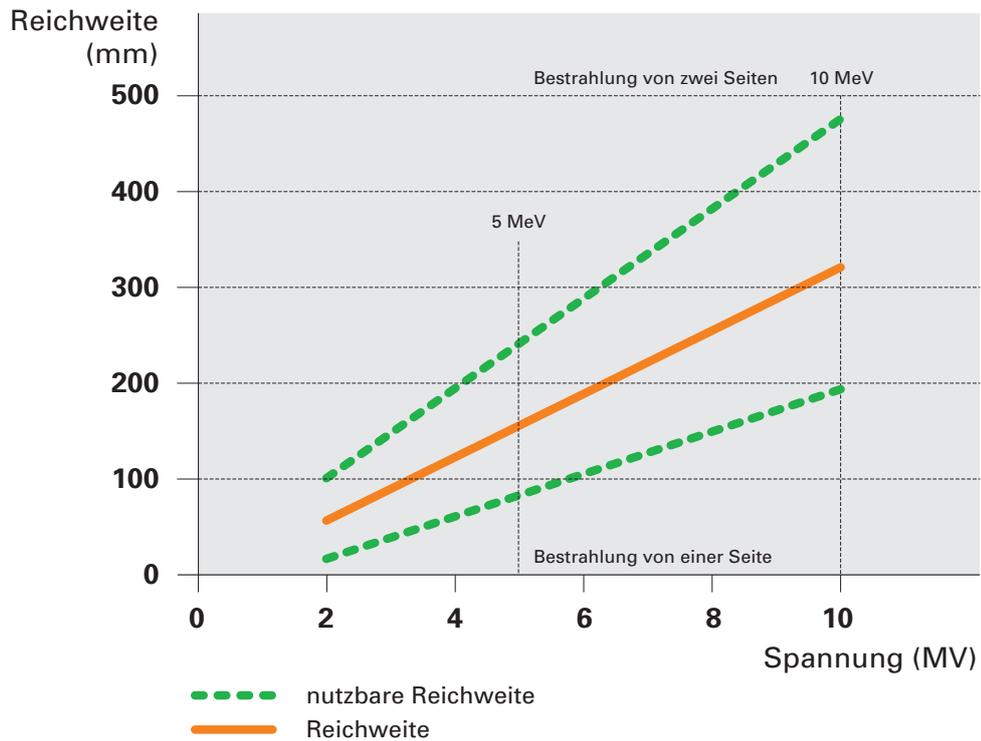
Die Teile des Beschleunigers sind in einem Drucktank mit Isoliergas untergebracht, um Spannungsüberschläge zu vermeiden. Der Scanner mit dem Elektronenaustrittsfenster und die gesamte Anlage sind mit Betonwänden umgeben. Dies stellt sicher, dass der Elektronenstrahl und die entstehende Röntgenbremsstrahlung absorbiert werden. Somit ist eine Gefährdung der an der Anlage tätigen Personen vollständig ausgeschlossen. Bei abgeschaltetem Strahlstrom können die Bestrahlungsräume gefahrlos betreten werden.

Je nach Art der Produkte sind unterschiedliche Handlingsysteme notwendig. Endlosprodukte etwa werden umgespult und als Endlosstrang durch das Bestrahlungsfeld geführt. Es gibt jeweils spezielle Vorrichtungen, um jedes Produkt unter dem aufgefächerten Elektronenstrahl hindurchzuführen und eine gleichmäßige Bestrahlung zu gewährleisten: auf Trommeln gewickeltes Stranggut (Rohre, Kabel, Schläuche) ebenso wie in Kartonagen verpackte Artikel oder Schüttgüter.

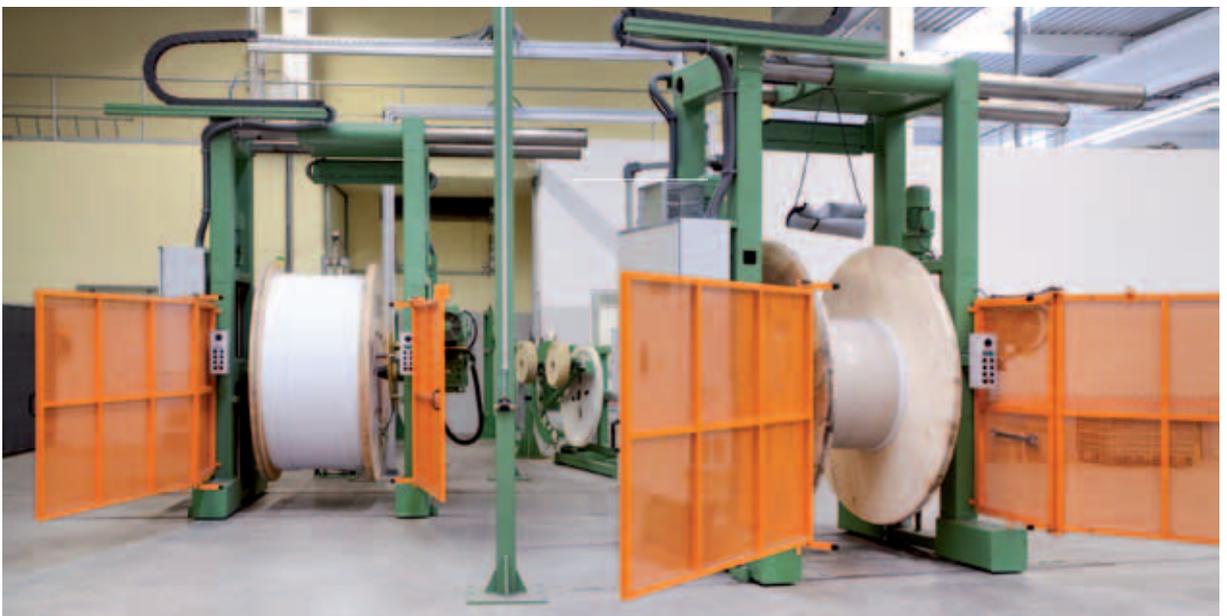




Prinzip Elektronenbestrahlung

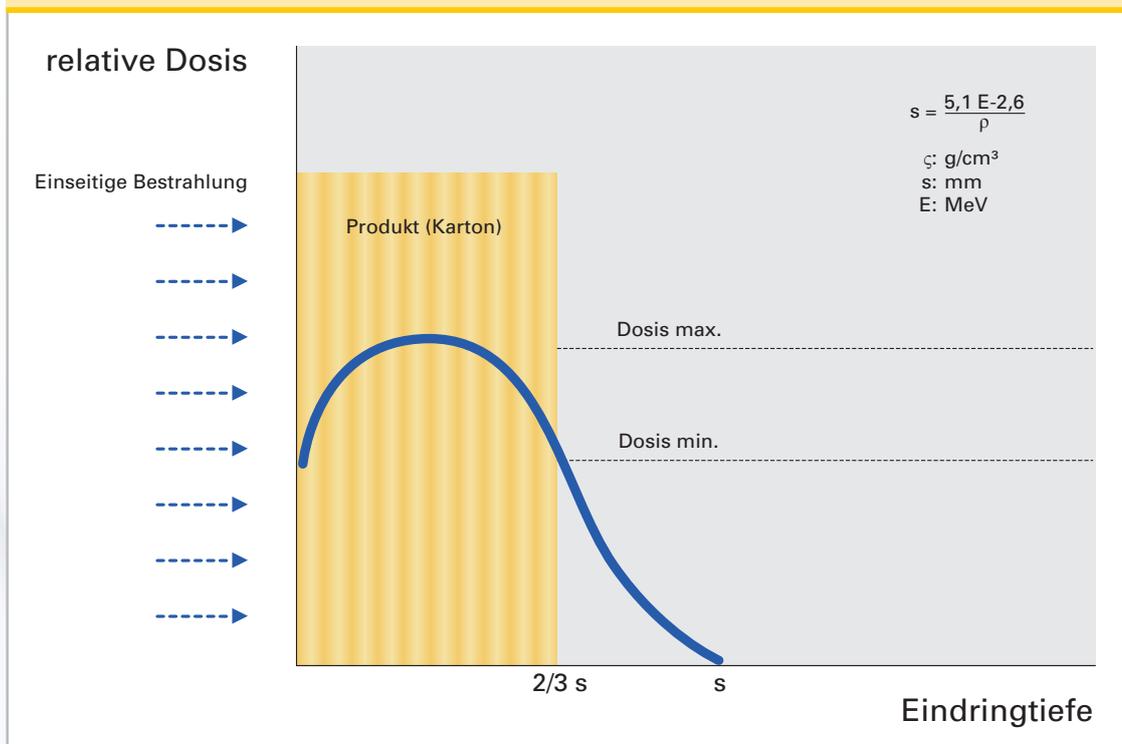


Reichweite und nutzbare Reichweite in Abhängigkeit von der Beschleunigungsspannung. Hier exemplarisch dargestellt für ein homogenes Produkt mit einer Dichte von ca. $0,15 \text{ g/cm}^3$.



Stranggut wird zur Bestrahlung von der Trommel abgewickelt. Über Umlenkrollen gelangt es durch die Abschirmung hindurch in den Bestrahlungsbereich. Dort wird das Stranggut in mehreren Lagen unter dem Strahlenfeld durchgeführt. Bei jeder Strahlenpassage erhält es einen Teil der Gesamtdosis. Nach Abschluss der Bestrahlung gelangt das Stranggut wiederum durch die Abschirmung und wird auf eine andere Trommel aufgewickelt.

Dosisverteilung bei einseitiger Bestrahlung



Die optimale Schichtdicke beträgt bei einseitiger Bestrahlung $\frac{2}{3} s$.

Anlagencharakteristiken Elektronenbeschleuniger

	WIEHL				BRUCHSAL			SAAL	
Elektronen-energie (MeV)	0,6	1,5	2,5	2,8	4,5	5	10	5	10
Leistung (kW)	11	75	80	150	150	135	200	300	150



Blick auf die Quellenwand im Wasserbecken. Die Strahlung regt die Wassermoleküle an. So entsteht das charakteristische blaue Leuchten, die sogenannte Tscherenkow-Strahlung.

Das Prinzip der Gamma-Anlage

Zuverlässig und sicher in Betrieb

In industriellen Gammabestrahlungsanlagen wird als Strahlenquelle heute üblicherweise das Radionuklid Kobalt (^{60}Co) eingesetzt. Hierzu wird eine Anzahl an Edelstahlkapseln, die das ^{60}Co -Isotop sicher einschließen, in einer so genannten Quellenwand angeordnet. Die Strahlenquelle emittiert Gammastrahlen mit einer mittleren Energie von ca. 1,3 MeV und einer hohen Eindringtiefe.

Die aufgebrachte Dosis unterscheidet sich je nach Produkt und wird jeweils durch die Verweilzeit im Strahlungsfeld gesteuert. Die Gesamtstrahlungsdosis wird durch mehrfaches Umfahren der Quellen aufgebracht.

Bei BGS werden als Bestrahlungseinheit Industrie- bzw. Europaletten verwendet. Bis zu 24 Paletten können sich im Strahlungsfeld befinden. Die Bestrahlungsdauer beträgt wenige Stunden. Für Medizinprodukte ist üblicherweise eine Verweilzeit von zwei bis drei Stunden erforderlich.

Die Gammastrahlen werden von massiven Stahlbetonwänden zuverlässig abgeschirmt. Der Aufenthalt außerhalb des Bestrahlungsraumes ist auch bei Betrieb der Anlage vollkommen ungefährlich.

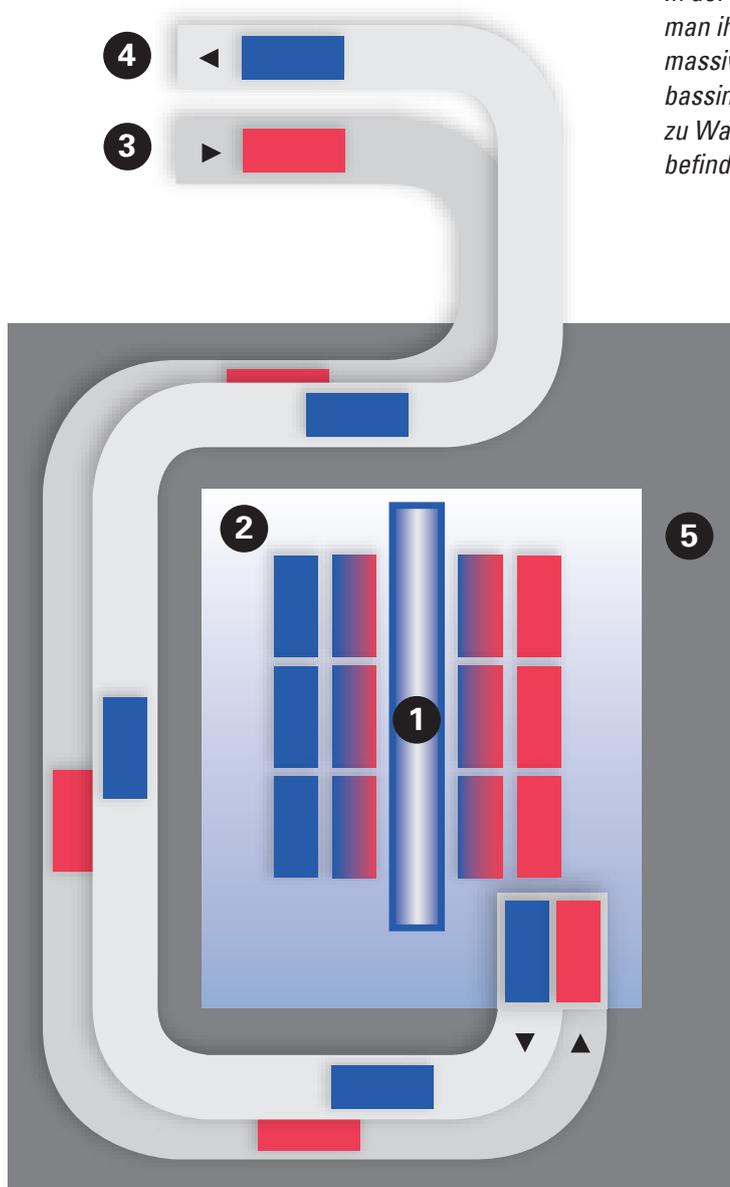
Strahlenquellen	gekapseltes Isotop ^{60}Co
max. Kapazität	5 MCi
Leistung	75 kW
Standort	Wiehl
Bestrahlungseinheit	Industriepalette 1.200 mm x 1.000 mm Euro-Palette 1.200 mm x 800 mm max. Höhe 1.900 mm (einschl. Palette)

Im Gegensatz zu Elektronenbeschleunigern ist es bei Gamma-Anlagen nicht möglich, die Strahlenquelle selbst auszuschalten. Der Bestrahlungsraum kann dennoch, beispielsweise zu Wartungszwecken, betreten werden. Dazu wird die Strahlenquelle abgeschirmt: Sie wird in ein mehrere Meter tiefes Wasserbassin abgesenkt. Die Wassersäule, die sich oberhalb von den ^{60}Co -Quellen befindet, dient als zuverlässiges Abschirmmedium.

Durch den Zerfall verliert das ^{60}Co -Isotop jeden Monat rund ein Prozent seiner Aktivität, so dass in regelmäßigen Abständen verbrauchtes Material ausgetauscht wird. Das verbrauchte Material lässt sich für andere Anwendungen umarbeiten. Nach 200 Jahren hat sich das Material generell in unbedenkliches ^{60}Ni umgewandelt und jegliche Aktivität verloren.

Anlagencharakteristik Gamma-Anlage

In der Draufsicht der Gamma-Anlage erkennt man ihre charakteristischen Merkmale: massive Abschirmungen und das Wasserbassin für die Absenkung der Quellenwand zu Wartungszwecken. Im Bestrahlungsbereich befinden sich 24 Paletten auf zwei Ebenen.



■ unbestrahlt
■ bestrahlt

- 1 ^{60}Co -Quellen
- 2 Wasserbecken
- 3 Beladestation
- 4 Entladestation
- 5 Betonabschirmung



Handling



Das Produkthandling in der BGS-Anlage in Saal erfolgt weitgehend automatisch. Dies ermöglicht einen hohen Durchsatz und schnelle Bearbeitungszeiten.





Impressum

BGS Beta-Gamma-Service
GmbH & Co. KG
Fritz-Kotz-Str. 16
51674 Wiehl

Telefon: +49 (0) 2261 7899-0
Telefax: +49 (0) 2261 7899-45
E-Mail: info@bgs.eu
www.bgs.eu

Sitz in Wiehl,
Registergericht Köln HRA 16938
USt.-IdNr.: DE 122 533 721

Komplementärin:
BGS Beteiligungs GmbH

Sitz in Wiehl,
Registergericht Köln HRB 38648

Geschäftsführer:
Dr. Andreas Ostrowicki

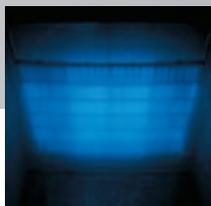
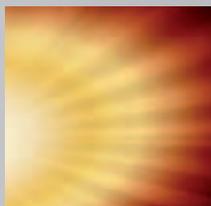
Redaktion und Gestaltung:
MediaCompany
Agentur für Kommunikation GmbH,
Bonn

Druck:
Mirgel + Schneider, Bonn

Bildnachweis:
www.fotolia.de: Titel, S. 3 oben,
4, 5, 7, 13, 14 oben

BGS:
S. 2, 3 unten, 12

BGS/Stefan Kiefer:
S. 3 Mitte, 6, 8, 9, 10, 11, 14 Mitte und unten



Zentrale Wiehl

BGS Beta-Gamma-Service
GmbH & Co. KG
Fritz-Kotz-Straße 16
D-51674 Wiehl
Telefon: +49 (0) 2261 78 99-0
Telefax: +49 (0) 2261 78 99-45

Standort Bruchsal

BGS Beta-Gamma-Service
GmbH & Co. KG
John-Deere-Straße 3
D-76646 Bruchsal
Telefon: +49 (0) 7251 786-0
Telefax: +49 (0) 7251 786-33

Standort Saal

BGS Beta-Gamma-Service
GmbH & Co. KG
Industriestraße 9
D-93342 Saal a. d. Donau
Telefon: +49 (0) 9441 1777-0
Telefax: +49 (0) 9441 1777-44

Vertrieb Frankreich

Telefon: +33 474 76 12 67
Telefax: +33 474 76 17 58

Vertrieb Tschechien

Telefon: +420 518 324 510
Telefax: +420 518 324 510



info@bgs.eu | www.bgs.eu

BGS

IDEEN PLUS ENERGIE