

Interner Bericht
DESY D3-4
~~Dezember 1968~~

DESY-Bibliothek

— 3. JAN. 1969 ✓

Messung hoher Ortsdosen bei DESY

von

E. Freytag

Messung hoher Ortsdosen bei DESY

E. Freytag

Einleitung

Bei der Ortsdosismessung in unmittelbarer Nähe eines Beschleunigers, etwa der Überwachung der Strahlenbelastung von Beschleunigerkomponenten oder elektrischer Bauelemente, werden an die Dosimeter weitreichende Anforderungen gestellt:

- großer Meßbereich (1 bis 10^3 rad oder mehr)
- Unabhängigkeit der Anzeige von der Dosisleistung
- schwundfreie Dosisintegration über Wochen
- Reproduzierbarkeit
- Unempfindlichkeit gegen Magnetfelder und HF-Felder
- Unabhängigkeit von Teilchenart und -energie
- einfache Ausmessung und Handhabung
- kleine mechanische Abmessungen.

Diese Forderungen werden weitgehend von Phosphatglasdosimetern erfüllt, bei denen Energiedeposition zur Bildung von Lumineszenzzentren führt. Durch Bestrahlung mit UV-Licht werden diese Zentren angeregt, die Messung des Fluoreszenzlichtes ergibt (über eine Eichkurve) die Dosis. Normalerweise umfaßt ihr Meßbereich etwa 4 Dekaden, bei hohen Dosen setzt eine Verfärbung des Glases ein, die die Lumineszenzausbeute herabsetzt. Eine eingehende Beschreibung der Eigenschaften von Glasdosimetern findet sich bei Maushart und Piesch ¹⁾. Auf die ausgezeichnete Überein-

stimmung der mit Glasdosimetern gewonnenen Dosiswerte mit den aus anderen Verfahren gewonnenen Werten weisen Madsen und v.d.Voorde ²⁾ in ihrem Bericht über Messungen an einem Protonenbeschleuniger hin. Hier soll vor allem der Umfang des Meßbereichs nach hohen Dosen untersucht werden.

Eichkurve und Meßverfahren

Bei DESY werden für die Ortsdosimessung für den Bereich über 1 rad kommerziell erhältliche Glasstäbchen von 1 mm Durchmesser und 6 mm Länge verwendet (Dosimeterglas RPL S II von Schott & Gen.), deren Auswertung mit einem kommerziellen Gerät erfolgt (FGD-6 von Toshiba). Gegenüber den ebenfalls handelsüblichen größeren Quadern aus Dosimeterglas, die zur Messung kleiner Dosen benutzt werden, haben die Stäbchen außer dem höher liegenden Meßbereich die Vorteile, kleiner und billiger zu sein, außerdem ist bei hohen Dosen der Einfluß der Absorption auf die Lumineszenzauswertung geringer. Ihr normaler Meßbereich liegt zwischen 1 und 10^4 rad.

Eine Eichkurve für Dosen unterhalb 10^4 rad wurde durch Bestrahlung mit einer Co^{60} -Quelle erhalten. Die Meßfehler für diesen Bereich liegen bei 3%. Um auch bei höheren Dosen Eichwerte zu erhalten, wurden zunächst die Glasstäbchen zusammen mit Cer-Dosimetern ³⁾ ausgelegt. Die Cer-Dosimetrie ist jedoch nur im Bereich 10^5 bis 10^7 rad anwendbar. Sie hat verschiedene Nachteile (z.B. Unhandlichkeit, Abhängigkeit der Genauigkeit von der Vorabschätzung der Dosis) und ist empfindlich gegen verschiedene Fehlermöglichkeiten. Außerdem konnten so nur relativ wenige Meßpunkte gewonnen werden.

Bei der Messung der räumlichen Ausbreitung der von 6-GeV-Elektronen ausgelösten elektromagnetischen Kaskade in Blei, Kupfer und Aluminium ⁴⁾ ergab sich die Gelegenheit, eine größere Anzahl von Eichpunkten über 10^4 rad zu erhalten. Die Stäbchen waren in das zu untersuchende Material in verschiedenen Tiefen und verschiedenen Entfernungen von der Schauerachse eingebettet. Durch Einschluß verschiedener Elektronenzahlen wurde die Dosis für jeden Satz von Dosimetern so bemessen, daß ein Teil der Gläser im Bereich unter 10^4 rad ausgewertet werden konnte, ein anderer Teil aber im Bereich über 10^4 rad lag. Durch Vergleich der Anzeige von Stäbchen mit

identischer Lage und verschiedener "Belichtung" konnten so Eichpunkte gewonnen werden. Da in verschiedenen Tiefen der Kaskade und verschiedenen Materialien gemessen wurde, sind gleichzeitig systematische Fehler weitgehend ausgeschlossen worden.

Die so erhaltene Eichkurve zeigt Abb.1. Die Gläser wurden mehr als 100 Stunden nach der Bestrahlung ausgemessen, so daß Anklingeffekte⁵ keine Rolle spielen dürften. Die Eichkurve deckt sich mit der aus der Cer-Dosimetrie gewonnenen, die allerdings nur bis 10^7 rad reicht. Hier liegen die Meßwerte bis zu $5 \cdot 10^3$ rad. Bei geradliniger Fortsetzung der Kurve würde das Fluoreszenzlicht ausreichen, um auch noch Dosen bis zu 10^{11} rad zu messen.

Die geringfügige systematische Abweichung der Meßpunkte von der Geraden bei 10^6 rad ist möglicherweise auf den Übergang von Farbzentrenbildung auf die Ausscheidung kolloidalen Silbers zurückzuführen, die durch den Farbwechsel der Stäbchen von gelb nach braun angedeutet wird.

Die Verwendung von Dosimetergläsern bei hohen Dosen durch Messung der Absorption^{2,5} oder der Lumineszenzausbeute⁵ wurde schon von anderen Autoren untersucht. In beiden Fällen wurde mit größeren quaderförmigen Gläsern bis zu 10^7 rad gearbeitet. Dabei weist Becker⁵ darauf hin, daß die Anzeige in diesem Bereich durch Silbergehalt der Gläser, Anklingen, Bleichen und thermische Behandlung beeinflusst werden kann. Die von ihm angegebene Eichkurve ist in Abb.1 zum Vergleich gestrichelt eingezeichnet; sie verläuft wesentlich flacher als die von uns gefundene. Sie ist durch Messung an $8 \times 8 \times 4,7$ mm³ großen Dosimetergläsern der gleichen Zusammensetzung gewonnen, die bei der Auswertung auf einer rechteckigen Seite mit dem anregenden Licht bestrahlt werden, während das Fluoreszenzlicht auf der dazu senkrechten rechteckigen Seite austritt. Bei den Stäbchen wird zwar das anregende Licht etwa ebenso stark absorbiert, jedoch braucht das Fluoreszenzlicht nur einen kleineren Weg im Glas zurückzulegen.

Die Eichkurve zeigt, daß mit der normalen Auswertemethode die Verwendung von Phosphatglasdosimetern im Bereich von 1 rad bis über 10^9 rad möglich ist, wobei die anfangs aufgeführten Forderungen weitgehend erfüllt werden.

Anwendung

Die Messung von Ortsdosen mit diesen Glasstäbchen erfolgt bei DESY seit 1967 zur Messung beispielsweise der Strahlenbelastung von Spulen der Synchrotronmagneten, der Ablenkmagneten im Ring und der Objektive von Strahlbeobachtungskameras. Dazu werden die Dosimeter, in Rüscheschlauch verpackt, an die zu überwachenden Stellen angeklebt und in den Montagezeiten abgenommen und ausgewertet. Anklingen und Bleichen ⁵⁾ konnten dabei nicht beobachtet werden. Die Unterscheidung der beiden Äste der Eichkurve bei der Auswertung erfolgt beim Vorsortieren der Gläser: gelb und braun gefärbte Gläser liegen auf dem Hochdosis-Ast, ungefärbte auf dem Niederdosis-Ast.

Die Dosisverteilung nahe dem Beschleuniger hängt nicht nur vom Ort, sondern auch von den Betriebsbedingungen der Maschine ab. Eine Vorstellung von der Ortsabhängigkeit gibt zunächst Abb.2. Dort sind über ein halbes Jahr gemittelte Werte der Dosisleistung auf den Spulenköpfen einiger Synchrotronmagnete aufgetragen. In Tabelle 1 sind weiter die Mittelwerte der Dosisleistung an ausgewählten Stellen im Ringtunnel angegeben. Die Mittelung erfolgte in den meisten Fällen über 10 Maschinenbetriebsperioden zu 12 Tagen. Die Schwankungen der Werte für eine Maschinenperiode kann dabei mehr als eine Größenordnung betragen. Die Dosisleistungswerte an den externen Elektronenstrahlen sind in zwei Anteile aufgespalten: Aus Betriebsperioden, in denen der Strahl nicht benutzt wurde, wurde die von der Maschine herrührende Dosisleistung ermittelt. Diese wurde in den Betriebsperioden als Untergrund subtrahiert, in denen ejiziert wurde, und so konnte eine mittlere Dosisleistung ermittelt werden, die vom ejizierten Strahl herrührt. Diese Werte unterliegen entsprechend größeren Fehlern und größeren Schwankungen.

Literatur:

- 1 R. Maushart, E. Piesch, Atompraxis 12, 563, 1966
- 2 J.H.B. Madsen, M.H. Van de Voorde, Nucl. Instr. Meth. 63, 274, 1963
- 3 z.B. M.G.N. Hine, G. Brownell, Radiation Dosimetry (Academic Pr. N.Y. 1956)
W.J. Price, Nuclear Radiation Detection, (McGraw-Hill, N.Y. 1964)
- 4 M. Köbberling, Diplomarbeit Hamburg 1963
G. Bathow, E. Freytag, R. Kajikawa, M. Köbberling, K. Tesch,
DESY-Bericht (erscheint demnächst)
- 5 K. Becker, Health Physics 11, 523, 1965

Tabelle 1

Ortsdosen im Beschleunigertunnel.

Die Mittelwerte sind als Dosisleistung angegeben.

Jahr	Meßort	Entfernung v. Maschine cm	Entfernung v. Strahl cm	Dosisleistung rad/h	
				Maschine	Strahl
1967	Gerades Stück 12 Ringinnenseite	20		3000	
	Einschußweg Mitte QT 2	5		15000	
	Gerades Stück 18 hinter Regenerator	5		20000	10000
	Strahl 20 vor Dina (2001Q)	20	5	200	20000
	Strahl 20 vor Haran (2002M)	ca. 100	15	30	2500
	Strahl 20 vor Strahlverschluß (nach 2003Q)	ca. 900	15	20	1000
1968	Vakuumpumpen- Elektronik Gerades Stück 47	ca. 120		25	
	Vakuum-Schott Gerades Stück 47	ca. 40		30	
	Ringkeller Linac-Nähe	ca. 500		3	

Abbildungen:

Abb. 1: Eichkurve für die Dosisanzeige von Phosphatglas-Dosimeter-Stäbchen (6 mm x 1 mm Ø). Die Abszisse gibt die Anzeige des Auswertegeräts an.

- o Meßpunkte mit Cersulfat-Dosimetern
 - Meßpunkte aus der elektromagnetischen Kaskade (Vergleichsmethode)
- gestrichelt: Eichkurve von Becker (5) für $3 \times 3 \times 4,7 \text{ mm}^3$ große Gläser (im Maximum angepaßt).

Abb. 2: Mittelwerte der Dosisleistung auf den Spulenköpfen einiger Synchrotronmagnete. Auf der Abszisse ist die Lage der Targetbereiche angegeben.

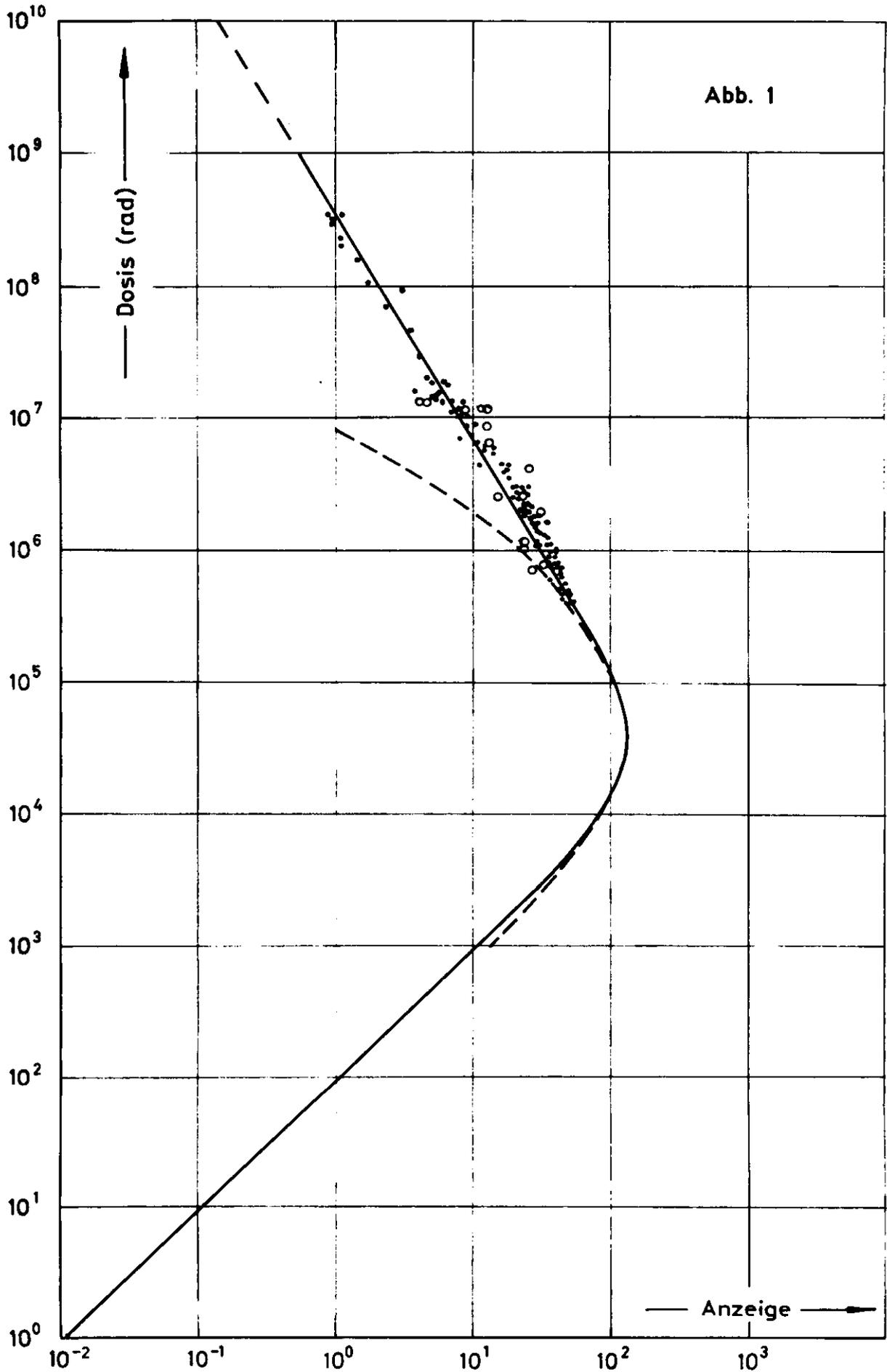


Abb. 2

Mittelwerte der Dosisleistung an den Spulenköpfen der Synchrotronmagnete (Februar - August 1968)

