

*Bibliothek*

DESY-Bibliothek

13. OKT. 1967

DEUTSCHES ELEKTRONEN - SYNCHROTRON

DESY

DESY 67/29  
September 1967

DER EINFLUSS VON TARGETDICKE UND KOLLIMATION  
AUF DAS BREMSSPEKTRUM IM GEV-BEREICH

von

G. Lutz und H.D. Schulz

67/29

2 HAMBURG 52 · NOTKESTIEG 1

Der Einfluß von Targetdicke und Kollimation auf  
das Bremsspektrum im GeV-Bereich

von

G. Lutz und H. D. Schulz

Abstract

A calculation has been performed of the effects due to target thickness and collimation angle on the intensity and the spectral distribution of a bremsstrahlung beam. The beam is assumed to have been produced by electrons with energies in the region 1 to 6 GeV. The results are compiled in tables, permitting interpolation for other arrangements.

Für Experimente mit Gammastrahlen hoher Energie, die durch Elektronen-Bremsstrahlung erzeugt werden, ist es nützlich, den Zusammenhang zwischen Bremstargetdicke, Kollimation, Gammastrahlintensität und spektraler Verteilung zu kennen. Erst diese Kenntnis ermöglicht eine vorteilhafte Wahl der Strahlparameter und erlaubt es, Korrekturen für das Bremspektrum bei der Auswertung zu berücksichtigen. Die vorliegende Arbeit soll diese Information vermitteln.

Um den Rechenaufwand in erträglichen Grenzen zu halten und die Resultate möglichst universell verwendbar darstellen zu können, war es notwendig, Näherungen einzuführen. Diese Näherungen sind auf die besonderen Verhältnisse an einem Elektronen-Synchrotron mit einer Energie von einigen GeV zugeschnitten.

Im folgenden werden die Gegebenheiten angeführt, die Intensität und spektrale Verteilung eines kollimierten Gammastrahls beeinflussen; sie werden danach unterteilt, ob sich ihr Einfluß auf die Winkelverteilung der Photonen, die Intensität oder die Form des Bremspektrums auswirkt:

#### I. Winkelverteilung der emittierten Photonen

- a) Primärdivergenz der das Target treffenden Elektronen;
- b) Vielfachstreuung der Elektronen im Target vor Emission eines Bremsquants;
- c) Abhängigkeit des Wirkungsquerschnitts für Bremsstrahlung vom Emissionswinkel des Bremsquants;

#### II. Intensität des Bremsstrahls

- a) Bremstargetdicke;
- b) Beschränkung der Photonenwinkel im Strahl durch Kollimation im Zusammenspiel mit I.;
- c) Mehrfachdurchgänge der Elektronen durch ein Bremstarget im Synchrotron (u.U. von erheblicher Bedeutung für die Ausbeute dünner interner Targets  $t_0 < 10^{-2}$  Str. L.);
- d) Absorption der Bremsquanten im Target und Ausbildung eines Schauers (von Bedeutung für die Ausbeute dicker Targets  $t_0 > 10^{-1}$  Str. L.);

### III. Spektrale Verteilung der Photonen

- a) Energieunschärfe der das Target treffenden Elektronen;
- b) Energieverlust der Elektronen im Target, Mehrfachabstrahlung von Bremsquanten durch ein Elektron;
- c) Abhängigkeit der Form des Bremsspektrums von der Photonenrichtung im Zusammenhang mit Punkt I., IIa) und IIb);

Davon bleiben die im allgemeinen weniger bedeutenden Effekte I.a), II.c), II.d) und III.a) im Interesse einer allgemein gültigen Darstellung außer Betracht. Sie können zum Teil nachträglich berücksichtigt werden.

Für die numerischen Rechnungen wird angenommen, daß die Kollimatoröffnung kreisförmig ist und zentrisch symmetrisch zum Gammastrahl angeordnet ist.

Die verwendeten Winkel sind folgendermaßen definiert:

- $\theta_v$  Mittlerer Vielfach-Streuwinkel von Elektronen der Energie  $E_0$  [MeV] nach Durchsetzen des Bremstargets der Dicke  $t_0$  [Str. L.];  
 $\theta_v = (21/E_0) \cdot \sqrt{t_0}$ ;
- $\theta_k$  Kollimationswinkel (siehe Abb.1);
- $\theta_0$  Mittlerer Emissionswinkel der Bremsquanten:  $\theta_0 = m c^2/E_0$ ;

Dünnes Target ( $\theta_v \ll \theta_k$  und  $\theta_v \ll \theta_0$ )

Bei sehr dünnen Targetstärken gilt  $\theta_v \ll \theta_k$  und  $\theta_v \ll \theta_0$ . Hier ist nur die Abhängigkeit des Wirkungsquerschnitts für Bremsstrahlung vom Photon-Emissionswinkel für die Form des Bremsspektrums von Bedeutung. Die Kollimation bewirkt, daß nur Photonen ausgewählt werden, deren Emissionswinkel kleiner ist als der Kollimationswinkel. Abb. 2 zeigt für diesen Fall in Abhängigkeit von  $x = k/E_0$  ( $k \equiv$  Photonenenergie) das Verhältnis der Zahl der durch den Kollimator kommenden Photonen zur Anzahl der insgesamt emittierten Photonen. Man bemerkt, daß die Form des Photonenspektrums nur wenig vom Kollimationswinkel abhängt. Diesen Tatbestand macht man sich zunutze, wenn die oben angenommenen Bedingungen nicht mehr erfüllt sind, weil zur Erzielung hoher Gammastrahlintensitäten dicke Targets verwendet werden.

Dickes Target ( $\theta_v > \theta_o$ )

Gilt  $\theta_v > \theta_o$ , so kann in guter Näherung in jedem Winkelbereich des un kollimierten Gammastrahls die spektrale Verteilung durch das über die Photonen-Emissionswinkel integrierte Spektrum beschrieben werden. Praktisch erfolgt die Integration über die Emissionswinkel für eine im Raum feste Photonenrichtung durch die näherungsweise Gleichverteilung der Primärwinkel der abstrahlenden Elektronen relativ zur betrachteten Richtung. Die Vollständigkeit der Integration ist dabei unkritisch für die Form des Spektrums, wie man der Abb. 2 entnimmt. Im folgenden ist daher die spektrale Verteilung der Photonen als vom Emissionswinkel unabhängig und gleich dem integrierten Spektrum angenommen.

Während die Elektronen das Bremstarget durchlaufen, ändern sich sowohl ihre Energie- als auch ihre Winkelverteilung. Die Elektronen verlieren Energie und werden gestreut. Um nun die Energie- und Winkelverteilung der Elektronen im Target getrennt behandeln zu können, wird näherungsweise angenommen, daß das Energiespektrum der Elektronen im Target unabhängig von der Elektronenrichtung sei. Dies ist in Targetschichten gerechtfertigt, die dicker sind als ca.  $10^{-3}$  rad.l.

Vorstehende Behauptung ist bewiesen, wenn gezeigt werden kann, daß im hier interessierenden Bereich von Targetdicken und Strahlungsverlusten die Winkeländerung der Elektronen durch Abstrahlung stets vernachlässigbar ist gegen ihre Winkeländerung durch Vielfachstreuung. Während beim elementaren Bremsprozeß ein definierter Zusammenhang zwischen Energie- und mittlerer Winkeländerung des strahlenden Elektrons besteht, verwischt die Vielfachstreuung diesen Zusammenhang und bewirkt, daß das Energiespektrum der Elektronen nach Durchsetzen der Targetschicht nahezu unabhängig vom Winkel gleich dem über die Abstrahlungswinkel integrierten Spektrum wird.

Die Winkeländerung  $\delta$ , die ein Elektron bei der Abstrahlung eines Quants  $k$  im Mittel erfährt, wird aus folgender Beziehung abgeleitet<sup>4</sup>:

$$q_1 \sim 2q_{\min} ;$$

$$q_{\min} = \frac{m^2}{2E_0} \cdot \frac{k}{E_0 - k}; \quad q_{\min}: \text{kleinster kinematisch möglicher Impulsübertrag}$$

$$q_1 = p_0 - k \cos \theta - (p) \cos \delta \quad q_1: \text{mittlerer longitudinaler Impulsübertrag an den Targetkern}$$

Daraus ergibt sich für  $\delta$ , wenn man den Photonenemissionswinkel  $\theta$  gleich  $m/E_0$  setzt:

$$\delta = \frac{m}{E_0} \cdot \frac{k}{E}; \quad E = E_0 - k;$$

Verliert ein Elektron beim Durchsetzen der Schichtdicke  $t$  durch Abstrahlung insgesamt den Energiebetrag  $\Delta E = E_0 - E$ , so gilt für die Gesamtwinkeländerung durch Abstrahlung  $\delta'$  die Beziehung  $\delta' < \delta(E)$ , gleichgültig, ob  $\Delta E$  durch Abstrahlung eines einzigen harten oder mehrerer weicher Quanten abgegeben wurde. Dies folgt aus der Form der Gleichung für  $\delta$ , wenn die zur Abstrahlung mehrerer weicher Quanten gehörenden Winkel quadratisch addiert werden.

Der Winkel  $\delta'$  ist zu vergleichen mit demjenigen durch Vielfachstreuung, gegeben durch die Formel

$$\theta_v \geq \frac{21}{E_0} \sqrt{t};$$

Für Targetdicken  $t > 10^{-3}$  rad.l. und Energieverluste  $\Delta E < 0.5 E_0$  überwiegt der Vielfachstreuwinkel den Abstrahlungswinkel, wie zu zeigen war.

Die Energieverteilung der Elektronen in der Tiefe  $t$  des Bremstargets ( $t$  in Strahlungslängen  $X_0$ ) wird näherungsweise durch die Formel (1)<sup>1</sup> beschrieben. Dabei ist angenommen, daß die Elektronen ihren Energieverlust  $\Delta E$  im vorhergehenden Stück des Targets ausschließlich durch Bremsstrahlung erleiden.

$$(1) \quad \frac{1}{n_e} \frac{dn_e(t, \epsilon)}{d\epsilon} = \frac{\tau [-\ln(1-\epsilon)]^{\tau-1}}{\int_0^{\epsilon} \tau [-\ln(1-\epsilon')]^{\tau-1} d\epsilon'}; \quad \epsilon = \frac{\Delta E}{E_0}; \quad \tau = t/\ln 2$$

Die Winkelverteilung der Elektronen in der Schicht  $dt$  in der Tiefe  $t$  des Targets ist dann näherungsweise gegeben durch die Vielfach-Streuverteilung (2)<sup>2</sup>. ( $E_0$  in MeV,  $t$  in Str.L.):

$$(2) \quad w_e(\theta)d\Omega = \frac{1}{\pi\theta_v^2} e^{-\left(\frac{\theta}{\theta_v}\right)^2} d\Omega; \quad \theta_v = \frac{21}{E_0} \sqrt{t};$$

Die Winkelverteilung der Bremsquanten aus der Schicht  $dt$  bei  $t$  ergibt sich daraus durch Faltung der Elektronenwinkelverteilung (2) in dieser Schicht mit der Emissionswinkelverteilung der Photonen. Die letztere wird näherungsweise wiedergegeben durch Formel (3)<sup>3</sup>.

$$(3) \quad w'_\gamma(\theta)d\Omega = \frac{1}{\pi\theta_o^2} \frac{d\Omega}{(1+\theta^2/\theta_o^2)^2}; \quad \theta_o = \frac{mc^2}{E_0};$$

Um die Faltung zu vereinfachen, wird (3) im folgenden durch eine Gaußverteilung (4) ersetzt, die für den Winkel Null das gleiche Ergebnis liefert wie (3).

$$(4) \quad w_r(\theta)d\Omega = \frac{1}{\pi\theta_o^2} e^{-\left(\frac{\theta}{\theta_o}\right)^2} d\Omega; \quad \theta_o = \frac{mc^2}{E_0};$$

Diese Ersetzung bedeutet keine gravierende Näherung, solange die Halbwertsbreite von (2) groß ist gegen diejenige von (4). Dies soll aber voraussetzungsgemäß für den größeren Teil der Schichten  $dt$  gelten.

Das Ergebnis der Faltung von (2) und (4) ist Formel (5).

$$(5) \quad w(\theta)d\Omega = \frac{1}{\pi\bar{\theta}^2} e^{-\left(\frac{\theta}{\bar{\theta}}\right)^2} d\Omega; \quad \bar{\theta}^2 = \theta_o^2 + \theta_v^2;$$

Um die Wahrscheinlichkeit zu erhalten, daß ein in der Schichtdicke  $dt$  emittiertes Photon durch den Kollimator gelangt, ist (5) über die Kollimatoröffnung zu integrieren. Für einen kreisförmigen, zentrisch zur Strahlachse liegenden Kollimator mit dem halben Öffnungswinkel  $\theta_k$  erhält man als Resultat Formel (6)

$$(6) \quad W(\theta_k, t, E_0) = \int_0^{\theta_k} \frac{1}{\pi\bar{\theta}^2} e^{-\left(\frac{\theta}{\bar{\theta}}\right)^2} 2\pi\theta d\theta = 1 - e^{-\left(\frac{\theta_k}{\bar{\theta}}\right)^2};$$



Die Anzahl der Photonen der Energie  $k$ , die in der Schicht  $dt$  erzeugt werden, beträgt daneben

$$(7) \quad \frac{dn_Y(k,t,E_0)}{dkdt} dkdt = dkdt \frac{X_0 L}{A} \int_0^{E_0} dE \frac{dn_e(E,t)}{dE} \frac{d\sigma^B(E,k)}{dk} ;$$

Dabei ist  $X_0$  die Strahlungslänge des Targetmaterials in  $g/cm^2$ ,  $L$  die Loschmidt'sche Zahl,  $A$  das Atomgewicht und  $\sigma^B$  der Wirkungsquerschnitt für Bremsstrahlung.  $dn_e/dE$  gibt die Anzahl der Elektronen der Energie  $E$ .

Unter Benutzung von (1) kann man dafür schreiben:

$$(8) \quad \frac{dn_Y(k,t,E_0)}{dkdt} = n_e \frac{X_0 L}{A} \int_0^{1-k/E_0} \frac{1}{n_e} \frac{dn_e}{d\varepsilon} \frac{d\sigma^B(E_0(1-\varepsilon),k)}{dk} d\varepsilon ;$$

Um die Anzahl der Photonen mit der Energie  $k$  im kollimierten Strahl zu erhalten, hat man die Zahl der in der Schicht  $dt$  emittierten Photonen mit der Wahrscheinlichkeit (6) zu multiplizieren, daß sie den Kollimator passieren und anschließend über die Targetdicke  $t_0$  zu integrieren.

Der Targetausbeutefaktor  $a$  wird dann definiert als das Verhältnis (9) zwischen der solchermaßen berechneten Anzahl von Photonen im Gammastrahl und derjenigen, die man ohne Berücksichtigung von Kollimation und des Energieverlustes der primären Elektronen im Target erhalten würde (10). ("ideales Spektrum").

$$(9) \quad a = \frac{dn_Y}{dk} / \frac{dn_Y^0}{dk} ;$$

$$(10) \quad \frac{dn_Y^0}{dk} = t_0 \frac{X_0 L}{A} n_e \frac{d\sigma^B(E_0,k)}{dk} ;$$

$$(11) \quad a = \frac{\int_0^{t_0} dt W(\theta_k, t, E_0) \int_0^{1-k/E_0} \frac{1}{n_e} \frac{dn_e}{d\varepsilon} \frac{d\sigma^B(E_0(1-\varepsilon),k)}{dk} d\varepsilon}{t_0 \frac{d\sigma^B(E_0,k)}{dk}} ;$$



Führt man anstelle von  $\theta_k$  den normierten Winkel  $u = \theta_k/\theta_0$  ein, so hängt  $W$  nicht mehr explizit von  $E_0$  ab, da sowohl der Vielfach-Streuwinkel als auch der Photon-Emissionswinkel umgekehrt proportional zur Elektronenenergie sind. Das Verhältnis  $d\sigma^B(E_0(1-\epsilon),k)/d\sigma^B(E_0,k)$  ist für gleiche relative Photonenenergie  $x = k/E_0$  von  $E_0$  nahezu unabhängig, da sich die Form des Bremsspektrums mit  $E_0$  im Bereich von 1 bis 6 GeV nur wenig ändert (s. Abb. 3). Ebenso ist die Form des Spektrums für verschiedene Targetmaterialien nur unwesentlich verschieden. Die Abhängigkeit der Form des Bremsspektrums von  $E_0$  und dem Targetmaterial wird daher im folgenden vernachlässigt. - Für die numerischen Rechnungen wurde  $E_0 = 3$  GeV und als Targetmaterial Tantal angenommen. - Die Targetausbeute  $a$  ist dann von  $E_0$  und dem Targetmaterial unabhängig und nur noch eine Funktion des normierten Kollimationswinkels  $u$  und der relativen Photonenenergie  $x = k/E_0$ :

$$a = a(u, t_0, x)$$

Resultate für den Ausbeutefaktor sind im Anhang tabellarisch zusammengestellt. Das Photonenspektrum für beliebige Targetdicken und Kollimationsverhältnisse erhält man durch Multiplikation des nach (10) berechneten Spektrums mit dem entsprechenden Ausbeutefaktor  $a$ .

Einige Beispiele für die Benutzung der im Anhang gebrachten Tabellen seien hier angeführt. In Abb. 4 ist an einem typischen Fall gezeigt, wie sich die Intensität des Gammastrahls bei festem Kollimationswinkel mit der Targetdicke ändert. Die Strahlintensität strebt mit wachsender Targetdicke einem Grenzwert zu. Einem Diagramm dieser Art kann im Einzelfall die optimale Targetdicke entnommen werden. Es ist dabei darauf zu achten, daß sich die Form des Bremsspektrums mit der Targetdicke ändert. Dies wird in Abb. 5 gezeigt. Mit den im Anhang gegebenen Daten läßt sich solchermaßen die Verzerrung des Bremsspektrums durch Targetdickeneffekte abschätzen und bei der Auswertung von Messungen korrigieren. Für den Zusammenhang zwischen Targetdicke und Intensität sind, wie bereits erwähnt, Vielfachdurchgänge der Elektronen durch das Target nicht berücksichtigt worden. Diese sind umso häufiger, je dünner das Target gewählt wird.

In Abb. 6 und 7 sind die Änderungen von Strahlintensität und Bremspektrum bei fester Targetdicke als Funktion des Kollimationswinkels aufgetragen. Aus solchen Diagrammen sind Intensitätsgewinn durch Vergrößern des Strahlquerschnitts sowie die daraus resultierenden Verzerrungen des Spektrums unmittelbar abzulesen. Die Form des Bremspektrums für scharfe Kollimation ( $u \rightarrow 0$ ) stimmt mit dem "idealen Spektrum" nicht überein. In Abb. 7 fallen für  $u \rightarrow 1$  alle Kurven nahezu zusammen.

## L i t e r a t u r

- 1) H. Bethe, W. Heitler, Proc.Roy.Soc. 146, 83 (1934), Formel (58);  
Die Konstante  $a$  in (58) erhält man aus (57) mit der Bedingung,  
daß der mittlere Energieverlust der Elektronen in der Schicht  $dl$   
gleich  $dl/dX_0$  ist ( $X_0$  = Strahlungslänge).
- 2) B. Rossi, High Energy Particles, Prentice Hall, Inc.  
Englewood Cliffs, New York (1965)
- 3) W. Heitler, The Quantum Theory of Radiation,  
Oxford University Press, New York (1954), dritte Auflage S. 247
- 4) H. Überall, Phys. Rev. 103, 1055 (1956)

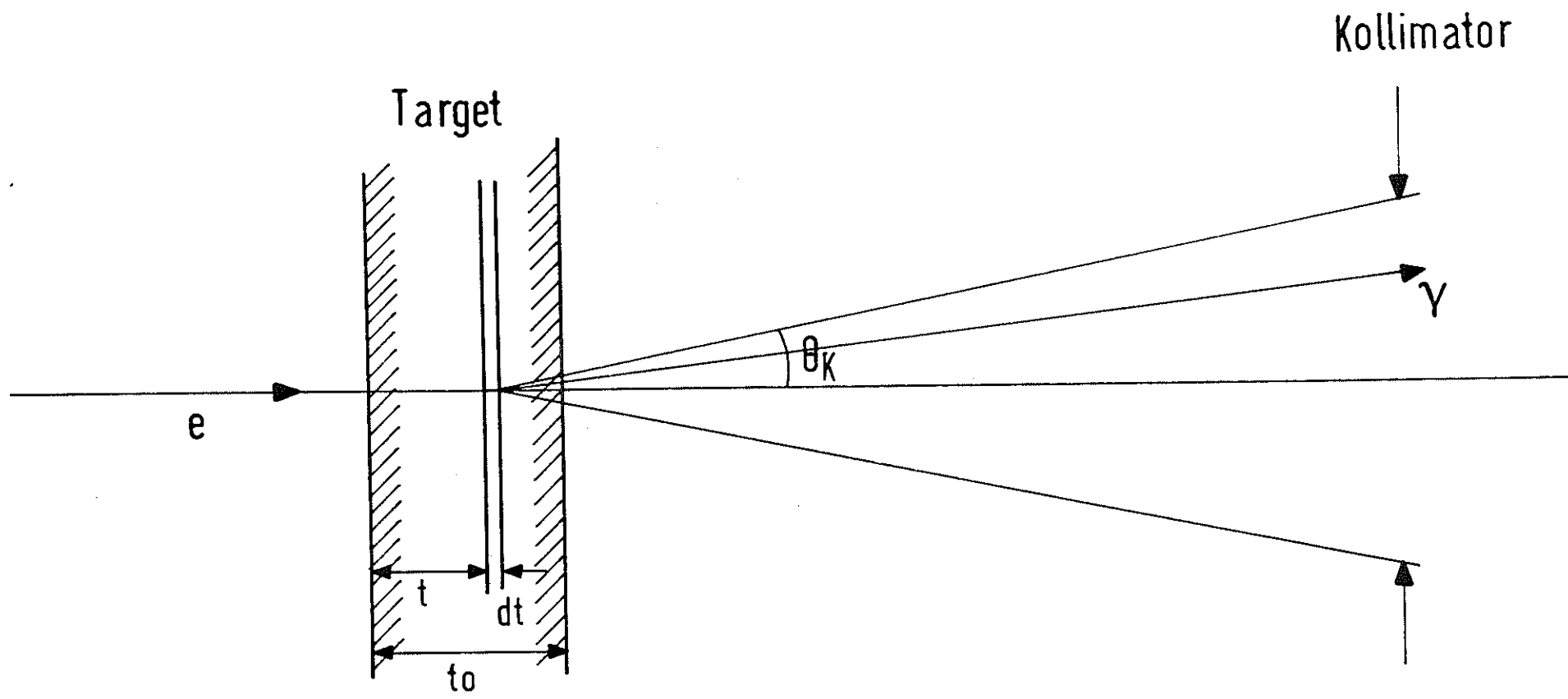


Fig. 1 Die Erzeugung des  $\gamma$ -Strahls

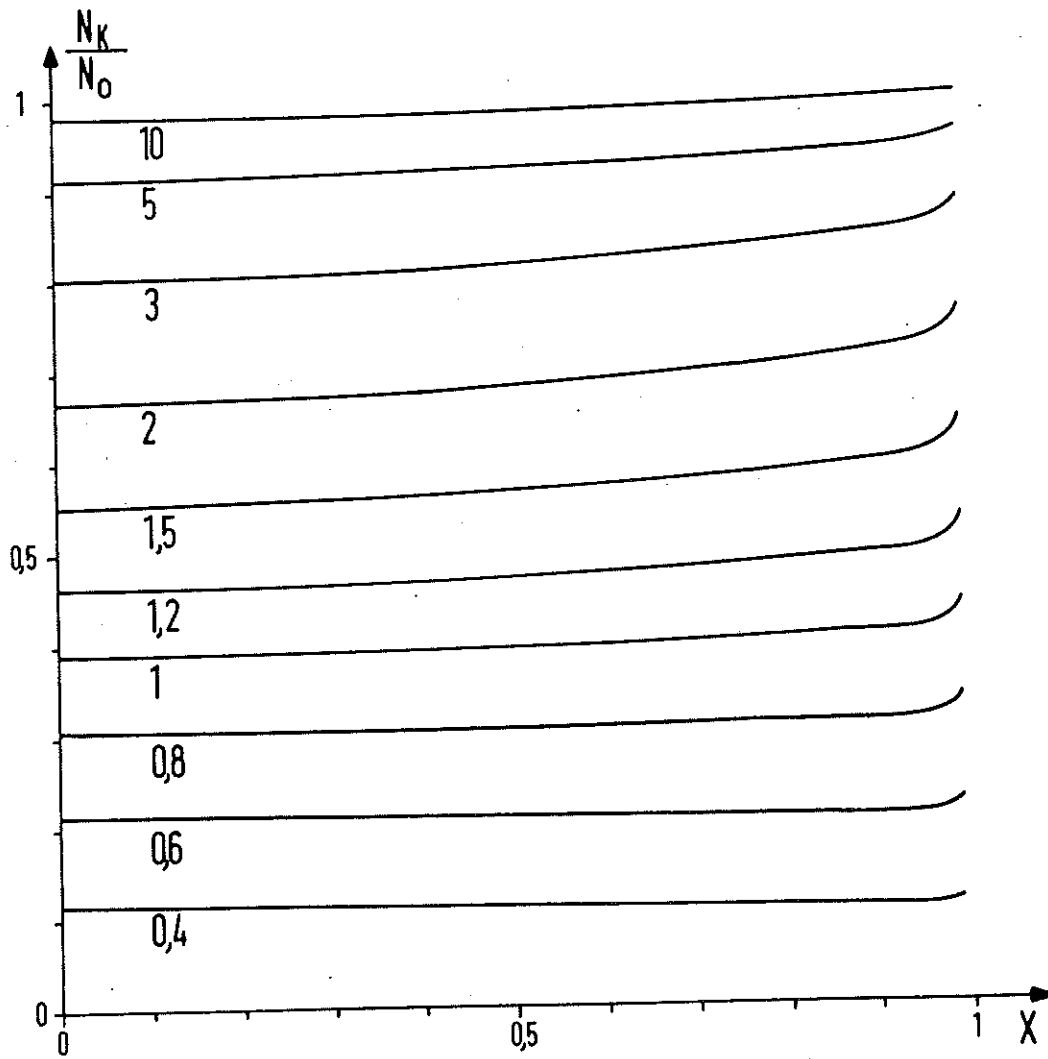


Fig. 2 Verhältnis der Bremsstrahlungsintensität mit und ohne Kollimator als Funktion von  $x$ . Parameter Kollimationswinkel in Einheiten des natürlichen Öffnungswinkels  $mc^2/E_0$ .

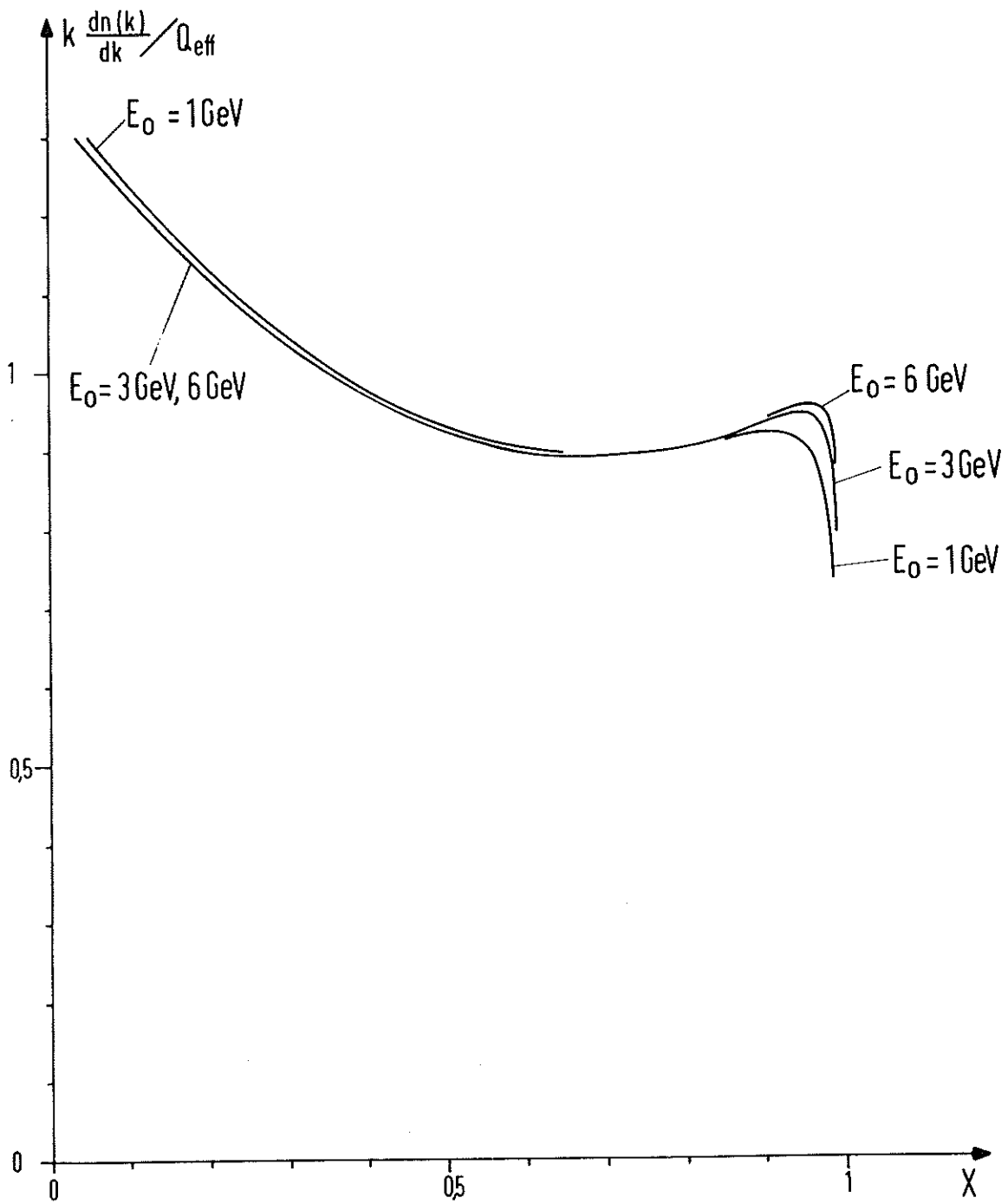


Fig. 3 Die Form des Bremsspektrums für verschiedene Elektronenenergien. Target: Tantal

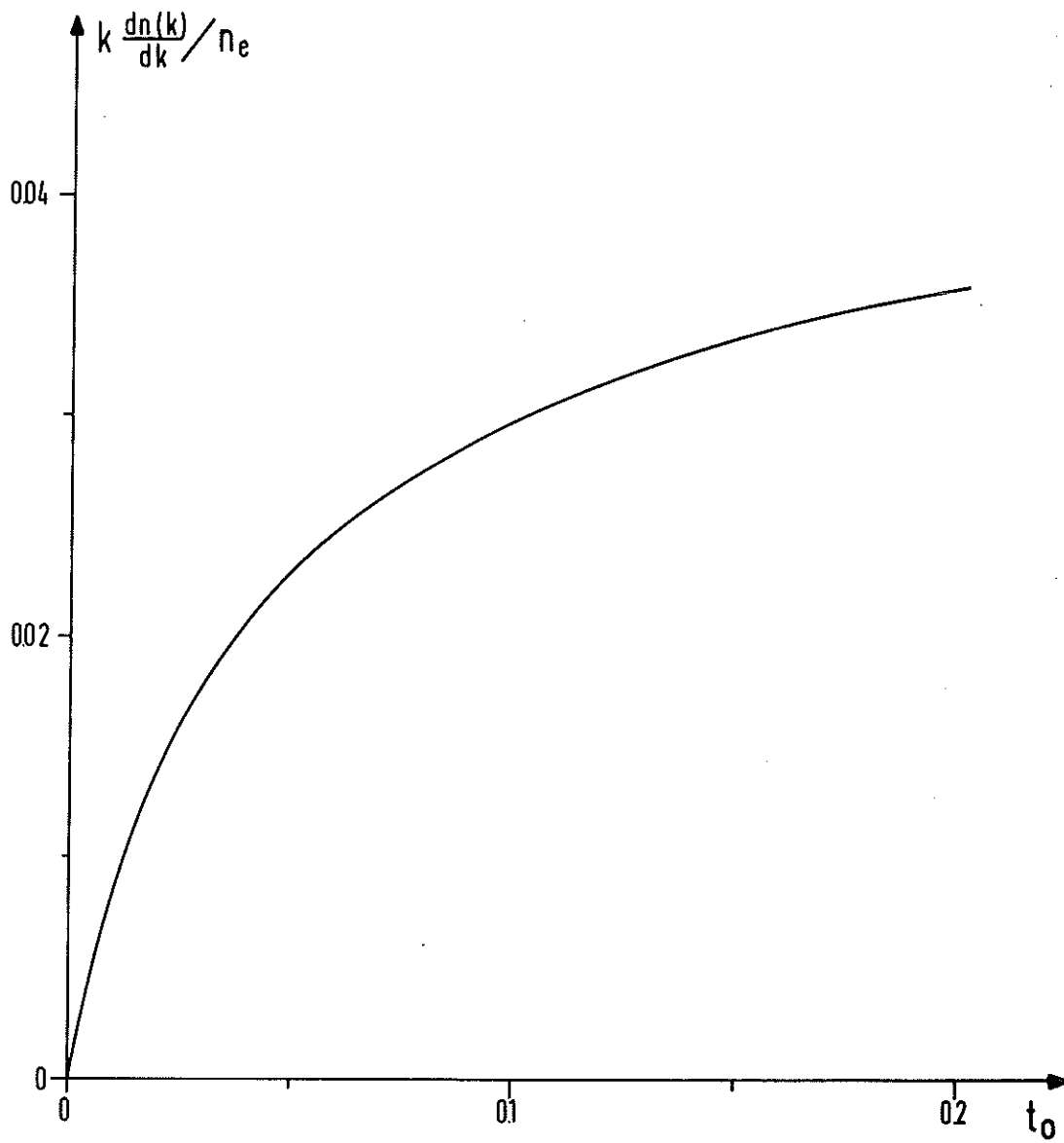


Abb. 4 Bremsstrahlungsintensität als Funktion der Targetstärke,  
Kollimationswinkel  $U_k = 5$ ;  $x = 0.9$



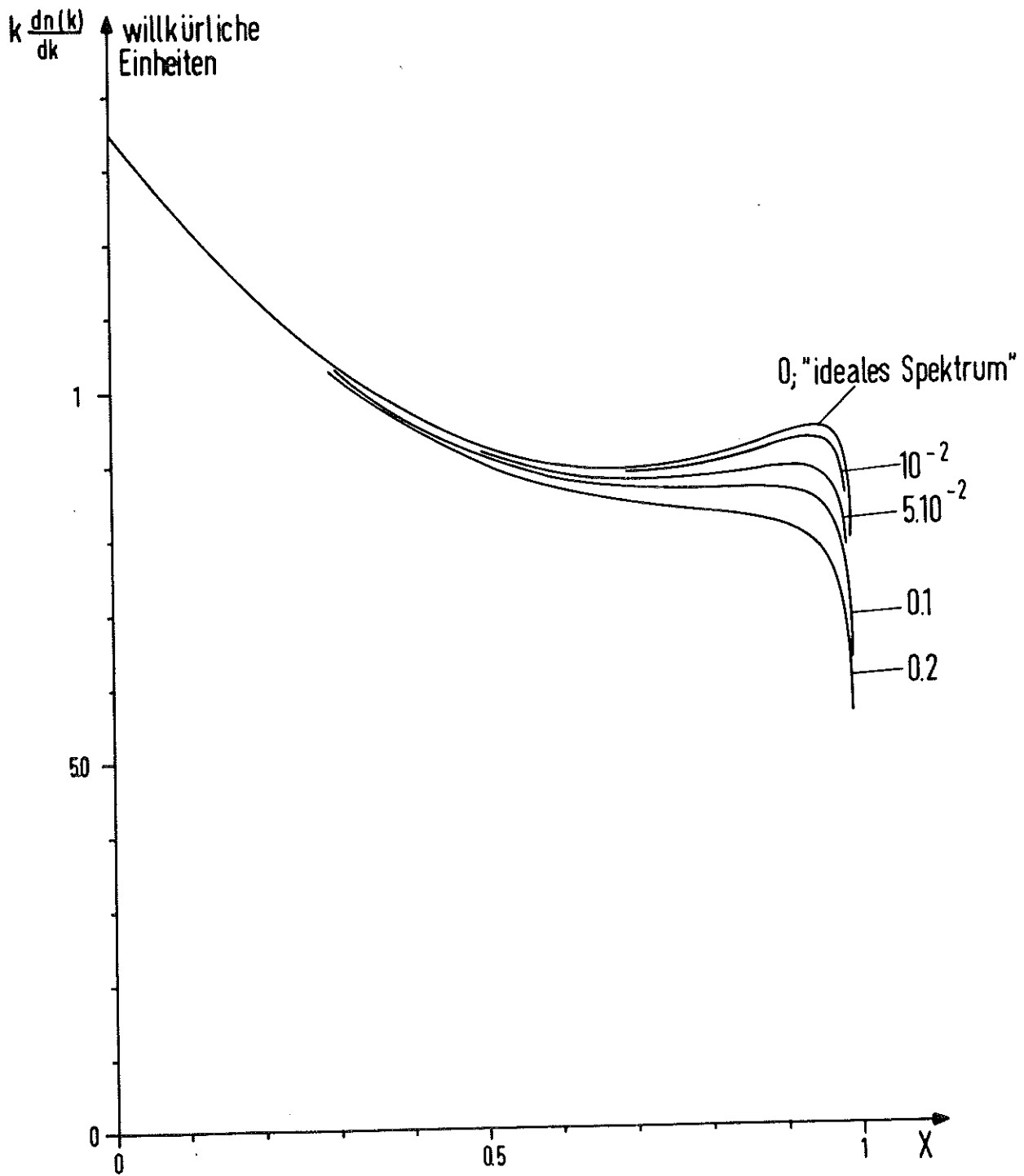


Abb. 5 Form des Spektrums in Abhängigkeit von der Targetstärke bei einem Kollimationswinkel  $U_k = 0.5$ . Parameter Targetstärke  $T_0$  in Strahlungslängen

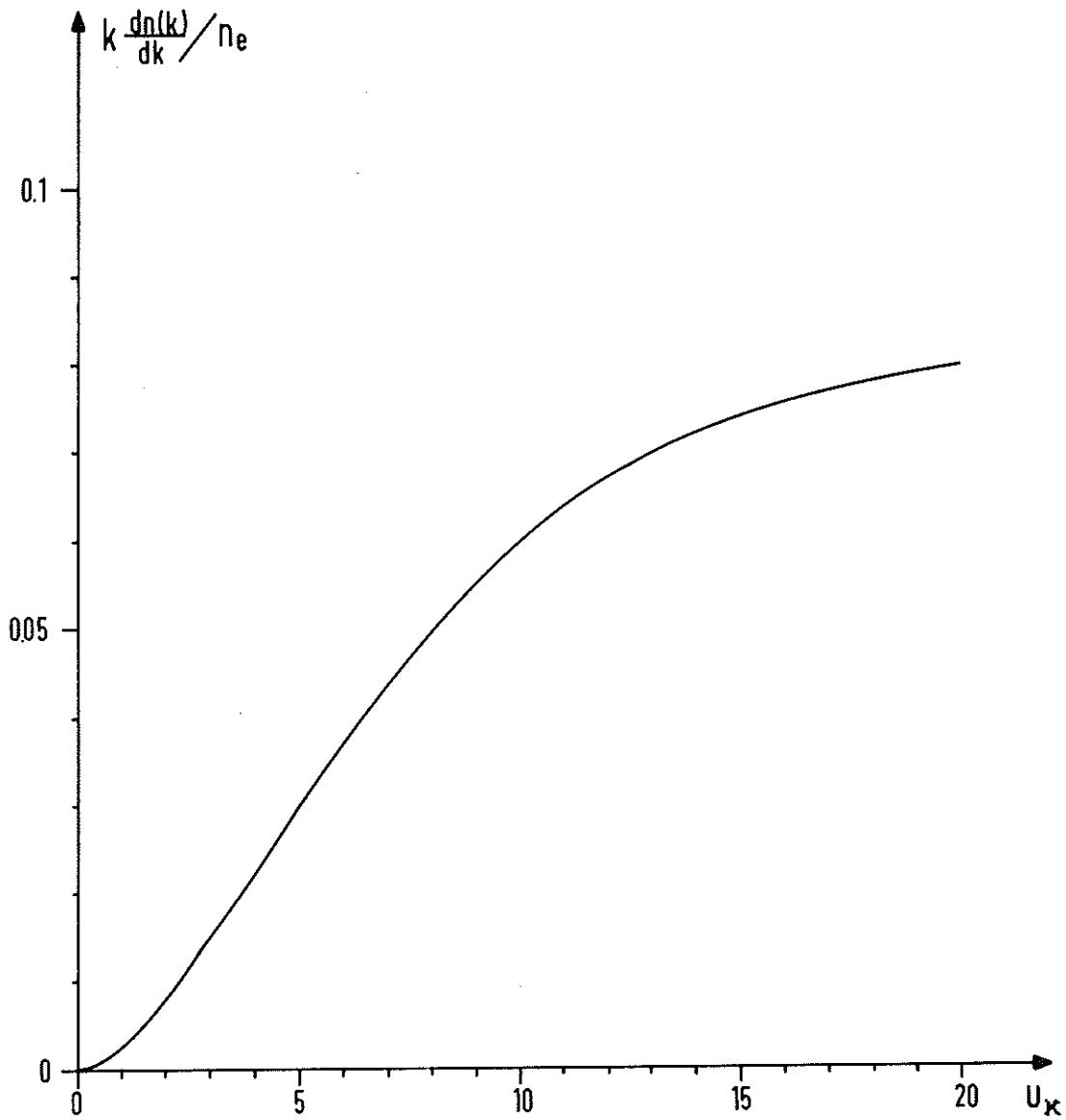


Abb. 6 Bremsstrahlungsintensität bei  $x = 0.9$  als Funktion des Kollimationswinkels für eine Targetstärke von  $t_0 = 0.1$  Strahlungslängen

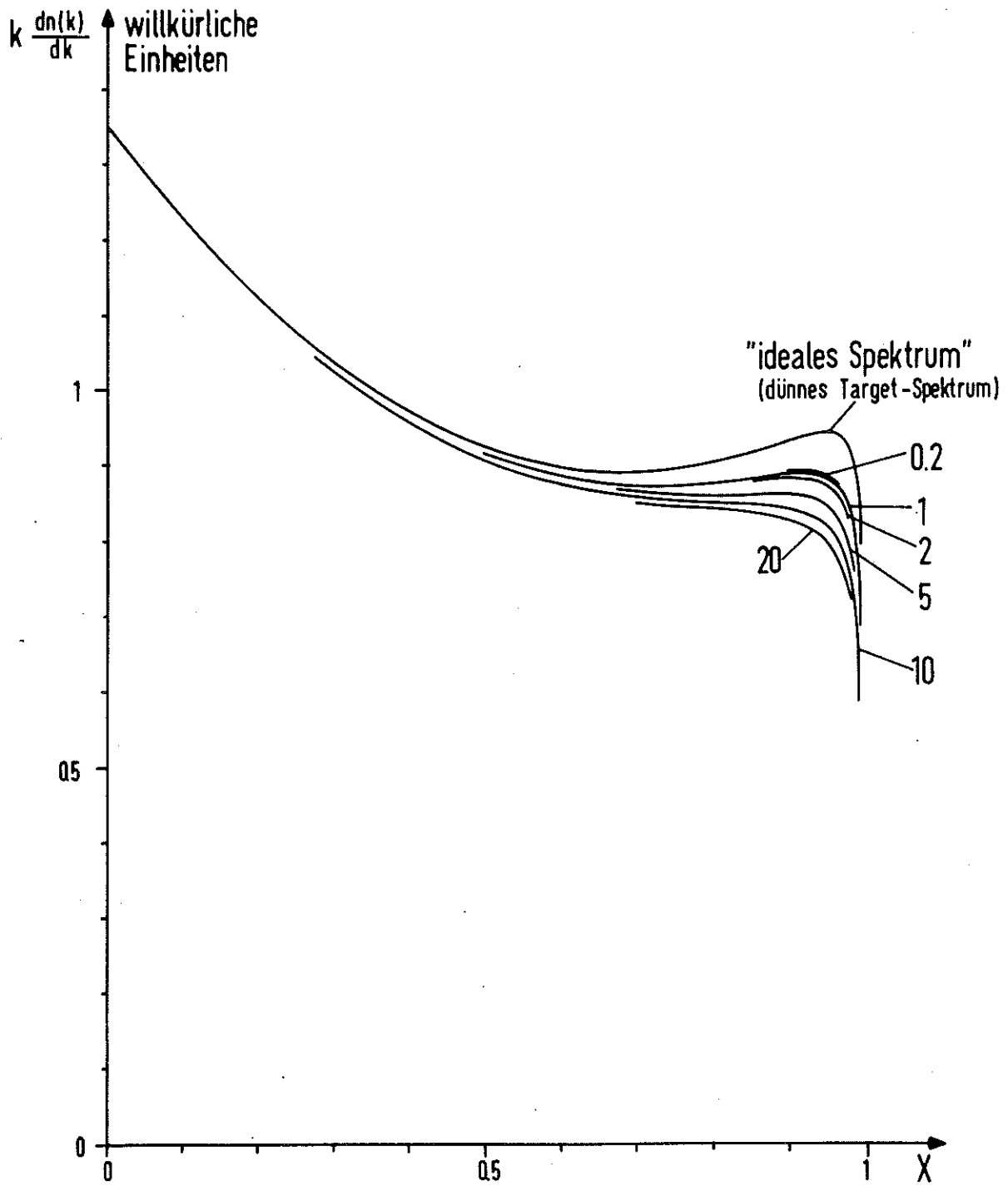


Abb. 7 Form des Spektrums in Abhängigkeit vom Kollimationswinkel. Targetstärke  $t_0 = 0.1$  Strahlungslängen, Parameter Kollimationswinkel in Einheiten des natürlichen Öffnungswinkels  $mc^2/E_0$ .

## Hinweise zur Benutzung der Tabellen

Für gegebene Strahlverhältnisse (Targetdicke und Kollimation) kann die Intensität und die spektrale Verteilung des Gammastrahls auf folgende Weise berechnet werden:

1) Berechnung des "idealen Spektrums" ohne Berücksichtigung experimenteller Einflüsse nach Formel (10). Formeln für den Wirkungsquerschnitt für Bremsstrahlung werden in dieser Arbeit nicht angegeben und müssen der Literatur entnommen werden.

2) Berechnung des Kollimationswinkels in Einheiten des natürlichen Winkels  $mc^2/E_0$  nach

$$u = \frac{E_0 [\text{MeV}]}{0.511} \theta_k [\text{mrad}]$$

Man beachte, daß  $u$  bei gleichen geometrischen Verhältnissen mit der Elektronenenergie  $E_0$  variiert.

3) Berechnung der Stärke  $t_0$  des Targets in Strahlungslängen

4) Bestimmung des Ausbeutefaktors für diese Größen ( $u$ ,  $t_0$ ) und gewünschten relativen Photonenenergien  $x = k/E_0$  durch Interpolation mit Hilfe der folgenden Tabellen.

5) Multiplikation der für das "ideale Spektrum" (10) berechneten Photonenzahl mit dem Ausbeutefaktor. Man erhält die Anzahl der Photonen bestimmter Energie im kollimierten Strahl, die von einem Elektron erzeugt werden.

Bei der Berechnung des Ausbeutefaktors wurden verschiedene Näherungen eingeführt. Diese sind im Hauptteil der Arbeit beschrieben worden. Man erwartet gute Beschreibung der Verhältnisse für Targetstärken im Bereich von  $10^{-3}$  bis 0.2 Strahlungslängen und Elektronenenergien über 1 GeV.

Es sei noch einmal darauf hingewiesen, daß bei den Rechnungen die symmetrische Lage des Kollimators zum Strahlschwerpunkt vorausgesetzt wurde. Eine größere Verschiebung des Kollimators im Experiment aus dieser Lage kann bei nicht zu dünnen Targets eine starke Verzerrung des Spektrums zur Folge haben. Davon kann man sich leicht überzeugen, indem man die Photonenzahlen für zwei verschiedene Kollimationswinkel berechnet und das Differenzspektrum betrachtet.

T \ X	0.0010	0.0015	0.0020	0.0030	0.0050	0.0075	0.0100	0.0150	0.0200	0.0300	0.0500	0.0750	0.1000	0.1500	0.2000
0.100	2.3113	1.9592	1.7288	1.4090	1.0541	0.8189	0.6777	0.5126	0.4172	0.3092	0.2091	0.1519	0.1206	0.0866	0.0682
0.300	2.3110	1.9589	1.7284	1.4085	1.0536	0.8185	0.6773	0.5121	0.4167	0.3087	0.2086	0.1514	0.1200	0.0860	0.0676
0.500	2.3105	1.9684	1.7279	1.4080	1.0531	0.8180	0.6768	0.5116	0.4162	0.3082	0.2081	0.1509	0.1195	0.0855	0.0671
0.700	2.3106	1.9683	1.7277	1.4077	1.0526	0.8173	0.6760	0.5108	0.4154	0.3073	0.2071	0.1499	0.1185	0.0845	0.0661
0.800	2.3098	1.9674	1.7268	1.4067	1.0516	0.8163	0.6750	0.5097	0.4143	0.3061	0.2060	0.1488	0.1174	0.0834	0.0650
0.850	2.3099	1.9674	1.7266	1.4065	1.0511	0.8157	0.6744	0.5090	0.4135	0.3054	0.2052	0.1479	0.1166	0.0826	0.0642
0.900	2.3092	1.9665	1.7257	1.4054	1.0500	0.8146	0.6732	0.5078	0.4123	0.3041	0.2039	0.1467	0.1154	0.0814	0.0632
0.920	2.3090	1.9663	1.7254	1.4051	1.0496	0.8140	0.6726	0.5072	0.4116	0.3034	0.2033	0.1460	0.1147	0.0808	0.0626
0.940	2.3085	1.9657	1.7248	1.4044	1.0488	0.8132	0.6717	0.5063	0.4107	0.3025	0.2024	0.1452	0.1139	0.0800	0.0618
0.960	2.3074	1.9646	1.7236	1.4031	1.0475	0.8118	0.6704	0.5049	0.4094	0.3012	0.2010	0.1439	0.1127	0.0789	0.0608
0.980	2.3041	1.9608	1.7204	1.3998	1.0445	0.8090	0.6676	0.5022	0.4067	0.2986	0.1987	0.1416	0.1105	0.0770	0.0591
0.990	2.2942	1.9513	1.7121	1.3924	1.0383	0.8036	0.6627	0.4979	0.4028	0.2952	0.1957	0.1390	0.1082	0.0750	0.0574
0.995	2.2623	1.9234	1.6866	1.3709	1.0214	0.7899	0.6509	0.4885	0.3947	0.2887	0.1907	0.1350	0.1047	0.0723	0.0551

TARGETAUSBEUTEFFAKTOR IN PROZENT FÜR DEN KOLLIMATIONSWINKEL U = 0.20

T \ X	0.0010	0.0015	0.0020	0.0030	0.0050	0.0075	0.0100	0.0150	0.0200	0.0300	0.0500	0.0750	0.1000	0.1500	0.2000
0.100	5.1193	4.3688	3.8397	3.1340	2.3484	1.8265	1.5126	1.1450	0.9324	0.6914	0.4680	0.3401	0.2700	0.1939	0.1527
0.300	5.1186	4.3680	3.8389	3.1331	2.3474	1.8255	1.5115	1.1439	0.9313	0.6903	0.4668	0.3389	0.2688	0.1927	0.1515
0.500	5.1175	4.3669	3.8378	3.1320	2.3463	1.8244	1.5105	1.1428	0.9302	0.6892	0.4657	0.3378	0.2677	0.1915	0.1503
0.700	5.1176	4.3667	3.8373	3.1311	2.3451	1.8229	1.5088	1.1409	0.9283	0.6871	0.4635	0.3355	0.2653	0.1892	0.1480
0.800	5.1159	4.3648	3.8353	3.1290	2.3429	1.8206	1.5064	1.1385	0.9258	0.6846	0.4610	0.3330	0.2629	0.1867	0.1456
0.850	5.1161	4.3647	3.8350	3.1284	2.3419	1.8193	1.5050	1.1370	0.9242	0.6829	0.4592	0.3312	0.2610	0.1850	0.1439
0.900	5.1145	4.3628	3.8330	3.1262	2.3394	1.8167	1.5024	1.1342	0.9214	0.6800	0.4563	0.3284	0.2583	0.1824	0.1415
0.920	5.1141	4.3623	3.8323	3.1253	2.3383	1.8155	1.5010	1.1328	0.9199	0.6785	0.4548	0.3269	0.2568	0.1810	0.1401
0.940	5.1130	4.3610	3.8309	3.1237	2.3366	1.8136	1.4991	1.1308	0.9179	0.6765	0.4528	0.3249	0.2549	0.1792	0.1385
0.960	5.1107	4.3585	3.8282	3.1209	2.3337	1.8106	1.4961	1.1277	0.9148	0.6734	0.4498	0.3220	0.2522	0.1767	0.1362
0.980	5.1032	4.3512	3.8210	3.1140	2.3270	1.8042	1.4898	1.1217	0.9089	0.6677	0.4444	0.3170	0.2474	0.1725	0.1324
0.990	5.0814	4.3301	3.8025	3.0971	2.3132	1.7922	1.4789	1.1121	0.9001	0.6600	0.4377	0.3111	0.2421	0.1679	0.1284
0.995	5.0106	4.2671	3.7458	3.0491	2.2756	1.7616	1.4526	1.0909	0.8820	0.6454	0.4266	0.3021	0.2344	0.1619	0.1234

TARGETAUSBEUTEFFAKTOR IN PROZENT FUER DEN KOLLIMATIONSWINKEL U = 0.30



T \ X	0.0010	0.0015	0.0020	0.0030	0.0050	0.0075	0.0100	0.0150	0.0200	0.0300	0.0500	0.0750	0.1000	0.1500	0.2000
0.100	13.532	11.609	10.240	8.397	6.324	4.936	4.096	3.109	2.536	1.884	1.278	0.930	0.739	0.531	0.419
0.300	13.530	11.606	10.237	8.394	6.322	4.933	4.093	3.106	2.533	1.881	1.275	0.927	0.736	0.528	0.415
0.500	13.527	11.604	10.235	8.391	6.319	4.930	4.090	3.103	2.530	1.878	1.272	0.923	0.732	0.525	0.412
0.700	13.528	11.603	10.233	8.389	6.315	4.926	4.086	3.098	2.524	1.872	1.265	0.917	0.726	0.518	0.406
0.800	13.523	11.598	10.228	8.383	6.309	4.920	4.079	3.091	2.517	1.865	1.258	0.910	0.719	0.511	0.399
0.850	13.523	11.598	10.227	8.381	6.307	4.916	4.076	3.087	2.513	1.860	1.253	0.905	0.714	0.506	0.394
0.900	13.519	11.593	10.222	8.375	6.300	4.909	4.068	3.079	2.505	1.853	1.246	0.897	0.706	0.499	0.387
0.920	13.518	11.591	10.220	8.373	6.297	4.906	4.065	3.075	2.501	1.848	1.241	0.893	0.702	0.495	0.384
0.940	13.515	11.588	10.216	8.369	6.292	4.901	4.059	3.070	2.496	1.843	1.236	0.888	0.697	0.490	0.379
0.960	13.509	11.581	10.209	8.361	6.284	4.892	4.051	3.061	2.487	1.834	1.228	0.880	0.690	0.483	0.373
0.980	13.489	11.561	10.189	8.342	6.266	4.875	4.034	3.045	2.471	1.819	1.213	0.866	0.675	0.472	0.362
0.990	13.431	11.508	10.140	8.299	6.229	4.842	4.004	3.019	2.447	1.797	1.194	0.850	0.662	0.459	0.351
0.995	13.243	11.338	9.988	8.168	6.127	4.759	3.933	2.961	2.397	1.757	1.164	0.825	0.640	0.443	0.337

TARGETAUSBEUTEFAKTOR IN PROZENT FÜR DEN KOLLIMATIONSWINKEL U = 0.50

T \ X	0.0010	0.0015	0.0020	0.0030	0.0050	0.0075	0.0100	0.0150	0.0200	0.0300	0.0500	0.0750	0.1000	0.1500	0.2000
0.100	27.714	24.012	21.327	17.644	13.421	10.545	8.786	6.702	5.483	4.089	2.784	2.031	1.617	1.164	0.919
0.300	27.710	24.007	21.322	17.639	13.415	10.539	8.780	6.695	5.476	4.082	2.777	2.024	1.609	1.157	0.912
0.500	27.704	24.001	21.316	17.632	13.409	10.532	8.773	6.689	5.469	4.075	2.770	2.017	1.602	1.150	0.904
0.700	27.705	24.000	21.313	17.627	13.401	10.523	8.763	6.677	5.457	4.062	2.756	2.003	1.588	1.135	0.889
0.800	27.695	23.989	21.302	17.615	13.388	10.509	8.749	6.663	5.442	4.047	2.741	1.987	1.572	1.120	0.875
0.850	27.696	23.988	21.299	17.611	13.382	10.502	8.740	6.653	5.432	4.036	2.730	1.976	1.561	1.109	0.864
0.900	27.687	23.978	21.288	17.598	13.367	10.486	8.724	6.636	5.415	4.019	2.712	1.959	1.544	1.093	0.849
0.920	27.685	23.975	21.284	17.593	13.361	10.479	8.716	6.628	5.406	4.010	2.703	1.949	1.535	1.084	0.841
0.940	27.679	23.968	21.276	17.584	13.350	10.468	8.704	6.616	5.394	3.997	2.690	1.937	1.523	1.073	0.830
0.960	27.666	23.953	21.261	17.568	13.333	10.450	8.686	6.597	5.375	3.979	2.672	1.919	1.506	1.057	0.816
0.980	27.625	23.913	21.220	17.528	13.294	10.412	8.649	6.560	5.339	3.944	2.639	1.888	1.477	1.031	0.792
0.990	27.506	23.802	21.116	17.435	13.214	10.341	8.584	6.503	5.286	3.896	2.598	1.852	1.444	1.003	0.768
0.995	27.119	23.454	20.798	17.163	12.997	10.161	8.429	6.377	5.178	3.809	2.530	1.797	1.397	0.966	0.737

TARGETAUSBEUTEFAKTOR IN PROZENT FUER DEN KOLLIMATIONSWINKEL U = 0.75

T \ X	0.0010	0.0015	0.0020	0.0030	0.0050	0.0075	0.0100	0.0150	0.0200	0.0300	0.0500	0.0750	0.1000	0.1500	0.2000
0.100	43.516	38.206	34.251	28.676	22.109	17.524	14.684	11.275	9.263	6.943	4.751	3.479	2.774	2.004	1.584
0.300	43.510	38.198	34.243	28.667	22.098	17.513	14.673	11.263	9.251	6.930	4.739	3.466	2.761	1.991	1.571
0.500	43.500	38.188	34.233	28.656	22.088	17.502	14.662	11.252	9.240	6.918	4.727	3.454	2.749	1.978	1.558
0.700	43.501	38.186	34.228	28.648	22.075	17.486	14.644	11.232	9.218	6.895	4.702	3.428	2.723	1.952	1.532
0.800	43.486	38.169	34.210	28.628	22.052	17.462	14.619	11.206	9.192	6.869	4.675	3.401	2.696	1.925	1.506
0.850	43.487	38.168	34.206	28.621	22.042	17.449	14.605	11.190	9.174	6.850	4.655	3.381	2.676	1.906	1.487
0.900	43.473	38.151	34.187	28.599	22.017	17.422	14.577	11.160	9.144	6.819	4.624	3.351	2.646	1.877	1.460
0.920	43.470	38.145	34.181	28.590	22.006	17.410	14.563	11.145	9.129	6.803	4.608	3.334	2.630	1.862	1.445
0.940	43.460	38.134	34.167	28.575	21.989	17.390	14.543	11.124	9.107	6.781	4.586	3.312	2.609	1.842	1.427
0.960	43.439	38.110	34.143	28.548	21.960	17.360	14.511	11.092	9.075	6.748	4.553	3.281	2.579	1.815	1.402
0.980	43.374	38.044	34.077	28.482	21.894	17.295	14.447	11.028	9.012	6.687	4.495	3.226	2.527	1.768	1.360
0.990	43.185	37.867	33.909	28.329	21.757	17.176	14.335	10.930	8.920	6.605	4.424	3.163	2.469	1.718	1.317
0.995	42.574	37.310	33.400	27.884	21.396	16.877	14.075	10.718	8.736	6.455	4.307	3.068	2.388	1.654	1.263

TARGETAUSBEUTEFAKTOR IN PROZENT FÜR DEN KOLLIMATIONSWINKEL U = 1.00

T \ X	0.0010	0.0015	0.0020	0.0030	0.0050	0.0075	0.0100	0.0150	0.0200	0.0300	0.0500	0.0750	0.1000	0.1500	0.2000
0.100	71.329	64.736	59.403	51.314	40.957	33.245	28.262	22.092	18.345	13.931	9.664	7.138	5.724	4.162	3.304
0.300	71.317	64.723	59.389	51.297	40.938	33.223	28.239	22.067	18.319	13.905	9.636	7.109	5.695	4.133	3.274
0.500	71.301	64.706	59.370	51.277	40.917	33.200	28.216	22.043	18.294	13.879	9.610	7.083	5.667	4.104	3.245
0.700	71.302	64.701	59.360	51.260	40.890	33.167	28.178	22.000	18.248	13.829	9.556	7.027	5.611	4.046	3.187
0.800	71.277	64.671	59.327	51.222	40.846	33.119	28.127	21.946	18.192	13.771	9.497	6.966	5.550	3.987	3.129
0.850	71.278	64.668	59.320	51.209	40.824	33.092	28.096	21.910	18.154	13.730	9.453	6.922	5.506	3.943	3.087
0.900	71.254	64.637	59.285	51.167	40.775	33.037	28.038	21.848	18.090	13.664	9.386	6.855	5.440	3.880	3.027
0.920	71.249	64.628	59.273	51.150	40.753	33.010	28.009	21.816	18.056	13.628	9.349	6.818	5.404	3.846	2.994
0.940	71.232	64.607	59.248	51.121	40.718	32.971	27.967	21.771	18.010	13.580	9.300	6.770	5.357	3.802	2.954
0.960	71.197	64.566	59.203	51.071	40.661	32.909	27.903	21.704	17.941	13.510	9.230	6.702	5.291	3.741	2.897
0.980	71.087	64.451	59.085	50.948	40.534	32.779	27.772	21.571	17.808	13.379	9.104	6.582	5.177	3.638	2.804
0.990	70.772	64.144	58.788	50.673	40.288	32.548	27.556	21.371	17.621	13.206	8.950	6.444	5.050	3.529	2.709
0.995	69.755	63.186	57.889	49.879	39.609	31.982	27.045	20.950	17.247	12.898	8.706	6.242	4.876	3.390	2.594

TARGETAUSBEUTEFAKTOR IN PROZENT FUER DEN KOLLIMATIONSWINKEL U = 1.50

T \ X	0.0010	0.0015	0.0020	0.0030	0.0050	0.0075	0.0100	0.0150	0.0200	0.0300	0.0500	0.0750	0.1000	0.1500	0.2000
0.100	88.297	82.987	78.146	69.974	58.209	48.586	42.013	33.587	28.244	21.805	15.377	11.473	9.263	6.786	5.415
0.300	88.283	82.969	78.126	69.950	58.179	48.552	41.976	33.547	28.201	21.760	15.329	11.423	9.212	6.734	5.362
0.500	88.263	82.946	78.101	69.922	58.147	48.517	41.939	33.507	28.160	21.717	15.284	11.376	9.164	6.684	5.312
0.700	88.264	82.939	78.086	69.896	58.106	48.464	41.877	33.436	28.082	21.631	15.191	11.279	9.065	6.582	5.209
0.800	88.232	82.899	78.041	69.841	58.039	48.388	41.796	33.347	27.989	21.533	15.088	11.174	8.960	6.478	5.107
0.850	88.232	82.894	78.030	69.821	58.005	48.344	41.745	33.288	27.925	21.463	15.013	11.097	8.882	6.402	5.033
0.900	88.202	82.853	77.981	69.760	57.931	48.258	41.652	33.186	27.817	21.350	14.897	10.981	8.767	6.291	4.927
0.920	88.194	82.841	77.964	69.735	57.896	48.215	41.604	33.133	27.761	21.290	14.834	10.917	8.704	6.231	4.871
0.940	88.173	82.813	77.930	69.693	57.842	48.154	41.537	33.059	27.683	21.209	14.750	10.834	8.623	6.155	4.799
0.960	88.128	82.758	77.869	69.621	57.756	48.057	41.434	32.948	27.568	21.089	14.629	10.716	8.508	6.048	4.700
0.980	87.990	82.607	77.707	69.447	57.567	47.857	41.228	32.733	27.350	20.869	14.413	10.508	8.310	5.868	4.538
0.990	87.595	82.207	77.310	69.061	57.203	47.514	40.901	32.418	27.051	20.586	14.155	10.273	8.092	5.681	4.373
0.995	86.322	80.963	76.111	67.960	56.256	46.695	40.171	31.774	26.481	20.095	13.756	9.942	7.802	5.448	4.177

TARGFITAUSBEFUTTEFAKTOR IN PROZENT FUER DEN KOLLIMATIONSWINKEL U = 2.00

T \ X	0.0010	0.0015	0.0020	0.0030	0.0050	0.0075	0.0100	0.0150	0.0200	0.0300	0.0500	0.0750	0.1000	0.1500	0.2000
0.100	98.838	97.339	95.413	90.979	82.114	72.825	65.487	54.816	47.430	37.773	27.675	21.177	17.307	12.918	10.399
0.300	98.821	97.317	95.387	90.945	82.068	72.768	65.422	54.740	47.348	37.683	27.575	21.071	17.198	12.804	10.283
0.500	98.798	97.290	95.355	90.906	82.018	72.710	65.358	54.668	47.270	37.598	27.481	20.973	17.096	12.697	10.172
0.700	98.798	97.280	95.335	90.868	81.951	72.617	65.247	54.532	47.117	37.425	27.288	20.766	16.881	12.475	9.946
0.800	98.762	97.231	95.276	90.791	81.848	72.491	65.104	54.367	46.938	37.229	27.075	20.545	16.657	12.250	9.724
0.850	98.762	97.224	95.261	90.761	81.793	72.415	65.012	54.255	46.812	37.087	26.918	20.381	16.490	12.084	9.562
0.900	98.727	97.174	95.198	90.676	81.676	72.270	64.848	54.065	46.606	36.862	26.678	20.134	16.244	11.844	9.332
0.920	98.718	97.158	95.175	90.640	81.621	72.198	64.764	53.965	46.496	36.741	26.547	20.000	16.110	11.715	9.209
0.940	98.693	97.123	95.131	90.581	81.538	72.093	64.645	53.827	46.347	36.578	26.374	19.825	15.936	11.549	9.053
0.960	98.641	97.057	95.052	90.480	81.404	71.932	64.465	53.622	46.127	36.342	26.125	19.575	15.692	11.319	8.839
0.980	98.485	96.875	94.848	90.241	81.115	71.602	64.107	53.230	45.716	35.911	25.684	19.141	15.272	10.933	8.488
0.990	98.037	96.398	94.352	89.723	80.576	71.052	63.554	52.678	45.169	35.379	25.172	18.659	14.822	10.536	8.138
0.995	96.600	94.925	92.871	88.266	79.200	69.772	62.353	51.600	44.175	34.517	24.425	18.007	14.248	10.061	7.737

TARGETAUSBEUTEFAKTOR IN PROZENT FUER DEN KOLLIMATIONSWINDEL U = 3.00

T \ X	0.0010	0.0015	0.0020	0.0030	0.0050	0.0075	0.0100	0.0150	0.0200	0.0300	0.0500	0.0750	0.1000	0.1500	0.2000
0.100	99.947	99.929	99.880	99.598	98.071	94.824	90.958	83.209	76.360	65.572	51.628	41.362	34.538	26.870	21.956
0.300	99.930	99.907	99.852	99.559	98.010	94.741	90.855	83.076	76.205	65.383	51.401	40.925	34.271	26.490	21.658
0.500	99.907	99.878	99.818	99.515	97.948	94.658	90.755	82.949	76.058	65.208	51.192	40.691	34.022	26.219	21.372
0.700	99.907	99.867	99.796	99.470	97.859	94.521	90.577	82.706	75.765	64.846	50.752	40.197	33.495	25.655	20.790
0.800	99.870	99.817	99.734	99.383	97.726	94.338	90.351	82.414	75.425	64.440	50.273	39.673	32.949	25.089	20.222
0.850	99.870	99.809	99.717	99.348	97.654	94.226	90.204	82.212	75.183	64.143	49.917	39.281	32.540	24.670	19.807
0.900	99.834	99.757	99.650	99.251	97.503	94.015	89.945	81.877	74.792	63.680	49.377	38.700	31.942	24.069	19.220
0.920	99.825	99.740	99.624	99.210	97.431	93.909	89.810	81.699	74.582	63.427	49.081	38.381	31.616	23.744	18.906
0.940	99.800	99.704	99.578	99.142	97.323	93.758	89.623	81.455	74.299	63.091	48.692	37.967	31.195	23.330	18.510
0.960	99.748	99.636	99.494	99.027	97.152	93.526	89.340	81.095	73.883	62.604	48.136	37.382	30.605	22.756	17.969
0.980	99.589	99.447	99.277	98.758	96.786	93.056	88.785	80.414	73.114	61.723	47.154	36.370	29.600	21.802	17.086
0.990	99.135	98.956	98.755	98.183	96.120	92.298	87.956	79.485	72.121	60.660	46.043	35.282	28.554	20.844	16.227
0.995	97.680	97.440	97.199	96.576	94.447	90.579	86.216	77.744	70.403	59.007	44.494	33.910	27.533	19.761	15.412

TARGETAUSBEUTEFAKTOR IN PROZENT FUER DEN KOLLIMATIONSWINKEL U = 5.00



T X	0.0010	0.0015	0.0020	0.0030	0.0050	0.0075	0.0100	0.0150	0.0200	0.0300	0.0500	0.0750	0.1000	0.1500	0.2000
0.100	99.949	99.942	99.938	99.929	99.875	99.586	98.917	96.543	93.356	86.414	74.224	63.060	55.051	44.320	37.157
0.300	99.932	99.920	99.909	99.890	99.813	99.496	98.801	96.377	93.148	86.134	73.850	62.613	54.556	43.763	36.561
0.500	99.908	99.891	99.876	99.846	99.748	99.407	98.687	96.219	92.952	85.875	73.505	62.198	54.093	43.235	35.990
0.700	99.909	99.880	99.853	99.801	99.657	99.259	98.483	95.914	92.557	85.337	72.774	61.318	53.116	42.140	34.827
0.800	99.871	99.830	99.791	99.713	99.520	99.061	98.227	95.551	92.102	84.737	71.984	60.391	52.107	41.045	33.700
0.850	99.872	99.823	99.774	99.678	99.446	98.939	98.059	95.297	91.776	84.296	71.394	59.697	51.353	40.236	32.876
0.900	99.836	99.770	99.707	99.580	99.290	98.712	97.764	94.880	91.254	83.611	70.504	58.670	50.252	39.079	31.719
0.920	99.827	99.753	99.682	99.539	99.216	98.597	97.611	94.657	90.972	83.237	70.016	58.107	49.652	38.455	31.100
0.940	99.802	99.717	99.635	99.470	99.105	98.434	97.398	94.354	90.593	82.741	69.377	57.377	48.879	37.660	30.322
0.960	99.749	99.649	99.551	99.355	98.929	98.184	97.077	93.906	90.038	82.023	68.465	56.347	47.797	36.564	29.263
0.980	99.590	99.460	99.334	99.085	98.553	97.680	96.452	93.064	89.017	80.734	66.865	54.574	45.964	34.751	27.549
0.990	99.137	98.970	98.812	98.507	97.871	96.872	95.526	91.934	87.722	79.204	65.092	52.714	44.070	32.838	25.907
0.995	97.682	97.453	97.255	96.895	96.164	95.054	93.609	89.861	85.540	76.898	62.725	50.408	41.869	30.895	24.226

TARGETAUSBEUTEFFAKTOR IN PROZENT FUER DEN KOLLIMATIONSWINKEL U = 7.50

T \ x	0.0010	0.0015	0.0020	0.0030	0.0050	0.0075	0.0100	0.0150	0.0200	0.0300	0.0500	0.0750	0.1000	0.1500	0.2000
0.100	99.949	99.942	99.938	99.930	99.912	99.880	99.809	99.389	98.487	95.514	87.813	78.649	71.037	59.633	51.633
0.300	99.932	99.920	99.909	99.891	99.850	99.790	99.691	99.216	98.260	95.189	87.335	78.039	70.331	58.795	50.709
0.500	99.908	99.891	99.876	99.847	99.786	99.700	99.576	99.051	98.047	94.888	86.894	77.471	69.669	58.001	49.822
0.700	99.909	99.880	99.853	99.802	99.694	99.551	99.369	98.730	97.617	94.261	85.958	76.264	68.271	56.353	48.022
0.800	99.871	99.830	99.791	99.714	99.557	99.352	99.109	98.350	97.123	93.564	84.952	74.999	66.835	54.715	46.284
0.850	99.872	99.823	99.774	99.679	99.483	99.229	98.938	98.084	96.767	93.049	84.197	74.050	65.760	53.504	45.017
0.900	99.836	99.770	99.707	99.581	99.327	99.001	98.639	97.646	96.200	92.254	83.065	72.651	64.198	51.780	43.242
0.920	99.827	99.753	99.682	99.540	99.253	98.886	98.483	97.413	95.894	91.820	82.443	71.885	63.346	50.850	42.296
0.940	99.802	99.717	99.635	99.471	99.142	98.722	98.267	97.096	95.482	91.244	81.630	70.893	62.251	49.669	41.108
0.960	99.749	99.649	99.551	99.356	98.966	98.471	97.941	96.627	94.880	90.412	80.471	69.495	60.723	48.046	39.496
0.980	99.590	99.460	99.334	99.086	98.589	97.964	97.307	95.747	93.774	88.920	78.446	67.099	58.144	45.374	36.897
0.990	99.137	98.970	98.812	98.508	97.907	97.153	96.370	94.570	92.379	87.165	76.219	64.581	55.511	42.772	34.398
0.995	97.682	97.453	97.255	96.896	96.199	95.328	94.432	92.423	90.049	84.553	73.302	61.548	52.505	39.979	31.879

TARGETAUSBEUTEFAKTOR IN PROZENT FUER DEN KOLLI MATIONSWINKEL U = 10.00

T \ X	0.0010	0.0015	0.0020	0.0030	0.0050	0.0075	0.0100	0.0150	0.0200	0.0300	0.0500	0.0750	0.1000	0.1500	0.2000
0.100	99.949	99.942	99.938	99.930	99.912	99.888	99.863	99.809	99.741	99.445	97.768	94.070	89.679	81.049	73.593
0.300	99.932	99.920	99.909	99.891	99.850	99.797	99.744	99.635	99.510	99.099	97.205	93.273	88.686	79.751	72.070
0.500	99.908	99.891	99.876	99.847	99.786	99.708	99.629	99.468	99.292	98.778	96.685	92.530	87.754	78.516	70.603
0.700	99.909	99.880	99.853	99.802	99.694	99.558	99.422	99.145	98.853	98.108	95.580	90.953	85.786	75.960	67.640
0.800	99.871	99.830	99.791	99.714	99.557	99.360	99.162	98.762	98.349	97.365	94.394	89.306	83.774	73.438	64.803
0.850	99.872	99.823	99.774	99.679	99.483	99.237	98.990	98.494	97.985	96.816	93.505	88.068	82.269	71.577	62.742
0.900	99.836	99.770	99.707	99.581	99.328	99.009	98.691	98.054	97.406	95.968	92.173	86.251	80.091	68.940	59.873
0.920	99.827	99.753	99.682	99.540	99.253	98.894	98.536	97.819	97.093	95.504	91.441	85.256	78.903	67.520	58.347
0.940	99.807	99.717	99.635	99.471	99.142	98.730	98.319	97.499	96.673	94.891	90.485	83.970	77.381	65.724	56.438
0.960	99.749	99.649	99.551	99.356	98.966	98.479	97.993	97.027	96.058	94.005	89.175	82.162	75.261	63.263	53.860
0.980	99.590	99.460	99.334	99.086	98.590	97.977	97.358	96.142	94.930	92.417	86.753	79.073	71.701	59.240	49.740
0.990	99.137	98.970	98.812	98.508	97.907	97.160	96.420	94.957	93.509	90.556	84.163	75.854	68.101	55.346	45.881
0.995	97.682	97.453	97.255	96.896	96.200	95.336	94.482	92.799	91.141	87.807	80.815	72.048	64.075	51.284	42.033

TARGETAUSBEUTEFAKTOR IN PROZENT FUER DEN KOLLIMATIONSWINKEL U = 15.00

T X	0.0010	0.0015	0.0020	0.0030	0.0050	0.0075	0.0100	0.0150	0.0200	0.0300	0.0500	0.0750	0.1000	0.1500	0.2000
0.100	99.949	99.942	99.938	99.930	99.912	99.888	99.863	99.811	99.760	99.655	99.308	98.285	96.558	91.871	86.697
0.300	99.932	99.920	99.909	99.891	99.850	99.797	99.744	99.637	99.529	99.307	98.729	97.429	95.444	90.303	84.755
0.500	99.908	99.891	99.876	99.847	99.786	99.708	99.629	99.470	99.311	98.985	98.196	96.633	94.398	88.809	82.882
0.700	99.909	99.880	99.853	99.802	99.694	99.558	99.422	99.147	98.872	98.313	97.061	94.941	92.190	85.723	79.111
0.800	99.871	99.830	99.791	99.714	99.557	99.360	99.162	98.764	98.367	97.567	95.845	93.176	89.937	82.691	75.521
0.850	99.872	99.823	99.774	99.679	99.483	99.237	98.990	98.496	98.004	97.016	94.933	91.851	88.253	80.456	72.919
0.900	99.836	99.770	99.707	99.581	99.328	99.009	98.691	98.056	97.425	96.165	93.566	89.906	85.819	77.297	69.310
0.920	99.827	99.753	99.682	99.540	99.253	98.894	98.536	97.821	97.111	95.700	92.816	88.842	84.493	75.599	67.395
0.940	99.802	99.717	99.635	99.471	99.142	98.730	98.319	97.501	96.691	95.084	91.836	87.466	82.795	73.453	65.005
0.960	99.749	99.649	99.551	99.356	98.966	98.479	97.993	97.029	96.076	94.195	90.441	85.533	80.432	70.522	61.788
0.980	99.590	99.460	99.334	99.086	98.590	97.972	97.358	96.143	94.947	92.602	88.011	82.236	76.471	65.744	56.671
0.990	99.137	98.970	98.812	98.508	97.907	97.160	96.420	94.959	93.526	90.735	85.359	78.808	72.484	61.150	51.919
0.995	97.682	97.453	97.255	96.896	96.200	95.336	94.482	92.800	91.158	87.978	81.941	74.778	68.058	56.412	47.246

TARGETAUSBEUTEFAKTOR IN PROZENT FUER DEN KOLLIMATIONSWINKEL U = 20.00

T \ X	0.0010	0.0015	0.0020	0.0030	0.0050	0.0075	0.0100	0.0150	0.0200	0.0300	0.0500	0.0750	0.1000	0.1500	0.2000
0.100	99.949	99.942	99.938	99.930	99.912	99.888	99.863	99.811	99.760	99.660	99.452	99.175	98.842	97.809	96.196
0.300	99.932	99.920	99.909	99.891	99.850	99.797	99.744	99.637	99.529	99.312	98.872	98.307	97.684	96.076	93.910
0.500	99.908	99.891	99.876	99.847	99.786	99.708	99.629	99.470	99.312	98.990	98.337	97.498	96.595	94.423	91.702
0.700	99.909	99.880	99.853	99.802	99.694	99.558	99.422	99.147	98.872	98.318	97.200	95.780	94.300	91.013	87.271
0.800	99.871	99.830	99.791	99.714	99.557	99.360	99.162	98.764	98.367	97.572	95.981	93.988	91.961	87.670	83.073
0.850	99.872	99.823	99.774	99.679	99.483	99.237	98.990	98.496	98.004	97.020	95.066	92.643	90.212	85.210	80.038
0.900	99.836	99.770	99.707	99.581	99.328	99.009	98.691	98.056	97.425	96.169	93.696	90.669	87.686	81.739	75.841
0.920	99.827	99.753	99.682	99.540	99.253	98.894	98.536	97.821	97.111	95.704	92.944	89.589	86.311	79.875	73.619
0.940	99.802	99.717	99.635	99.471	99.142	98.730	98.319	97.501	96.691	95.088	91.961	88.193	84.549	77.522	70.850
0.960	99.749	99.649	99.551	99.356	98.966	98.479	97.993	97.029	96.076	94.199	90.564	86.232	82.101	74.312	67.134
0.980	99.590	99.460	99.334	99.086	98.590	97.972	97.358	96.143	94.947	92.606	88.127	82.888	77.998	69.093	61.250
0.990	99.137	98.970	98.812	98.508	97.907	97.160	96.420	94.959	93.527	90.739	85.470	79.414	73.874	64.094	55.824
0.995	97.682	97.453	97.255	96.896	96.200	95.336	94.482	92.800	91.158	87.982	82.045	75.334	69.311	58.973	50.543

TARGETAUSBEUTEFAKTOR IN PROZENT FUER DEN KOLLIMATIONSWINKEL U = 30.00

T \ X	0.0010	0.0015	0.0020	0.0030	0.0050	0.0075	0.0100	0.0150	0.0200	0.0300	0.0500	0.0750	0.1000	0.1500	0.2000
0.100	99.949	99.942	99.938	99.930	99.912	99.888	99.863	99.811	99.760	99.660	99.453	99.185	98.912	98.350	97.762
0.300	99.932	99.920	99.909	99.891	99.850	99.797	99.744	99.637	99.529	99.312	98.873	98.316	97.752	96.599	95.412
0.500	99.908	99.891	99.876	99.847	99.786	99.708	99.629	99.470	99.312	98.990	98.338	97.507	96.663	94.930	93.142
0.700	99.909	99.880	99.853	99.802	99.694	99.558	99.422	99.147	98.872	98.318	97.200	95.789	94.364	91.488	88.589
0.800	99.871	99.830	99.791	99.714	99.557	99.360	99.162	98.764	98.367	97.572	95.981	93.997	92.022	88.115	84.281
0.850	99.872	99.823	99.774	99.679	99.483	99.237	98.990	98.496	98.004	97.020	95.066	92.651	90.272	85.632	81.167
0.900	99.836	99.770	99.707	99.581	99.328	99.009	98.691	98.056	97.425	96.169	93.696	90.677	87.742	82.130	76.865
0.920	99.827	99.753	99.682	99.540	99.253	98.894	98.536	97.821	97.111	95.704	92.944	89.597	86.365	80.250	74.589
0.940	99.802	99.717	99.635	99.471	99.142	98.730	98.319	97.501	96.691	95.088	91.962	88.201	84.602	77.877	71.753
0.960	99.749	99.649	99.551	99.356	98.966	98.479	97.993	97.029	96.076	94.199	90.564	86.239	82.150	74.640	67.951
0.980	99.590	99.460	99.334	99.086	98.590	97.972	97.358	96.143	94.947	92.606	88.128	82.895	78.043	69.378	61.934
0.990	99.137	98.970	98.812	98.508	97.907	97.160	96.420	94.959	93.527	90.739	85.470	79.420	73.915	64.341	56.394
0.995	97.682	97.453	97.255	96.896	96.200	95.336	94.482	92.800	91.158	87.982	82.045	75.340	69.347	59.185	51.013

TARGETAUSBEUTEFAKTOR IN PROZENT FUER DEN KOLLIMATIONSWINKEL U = 50.00