

Interner Bericht

DESY F56-70/9

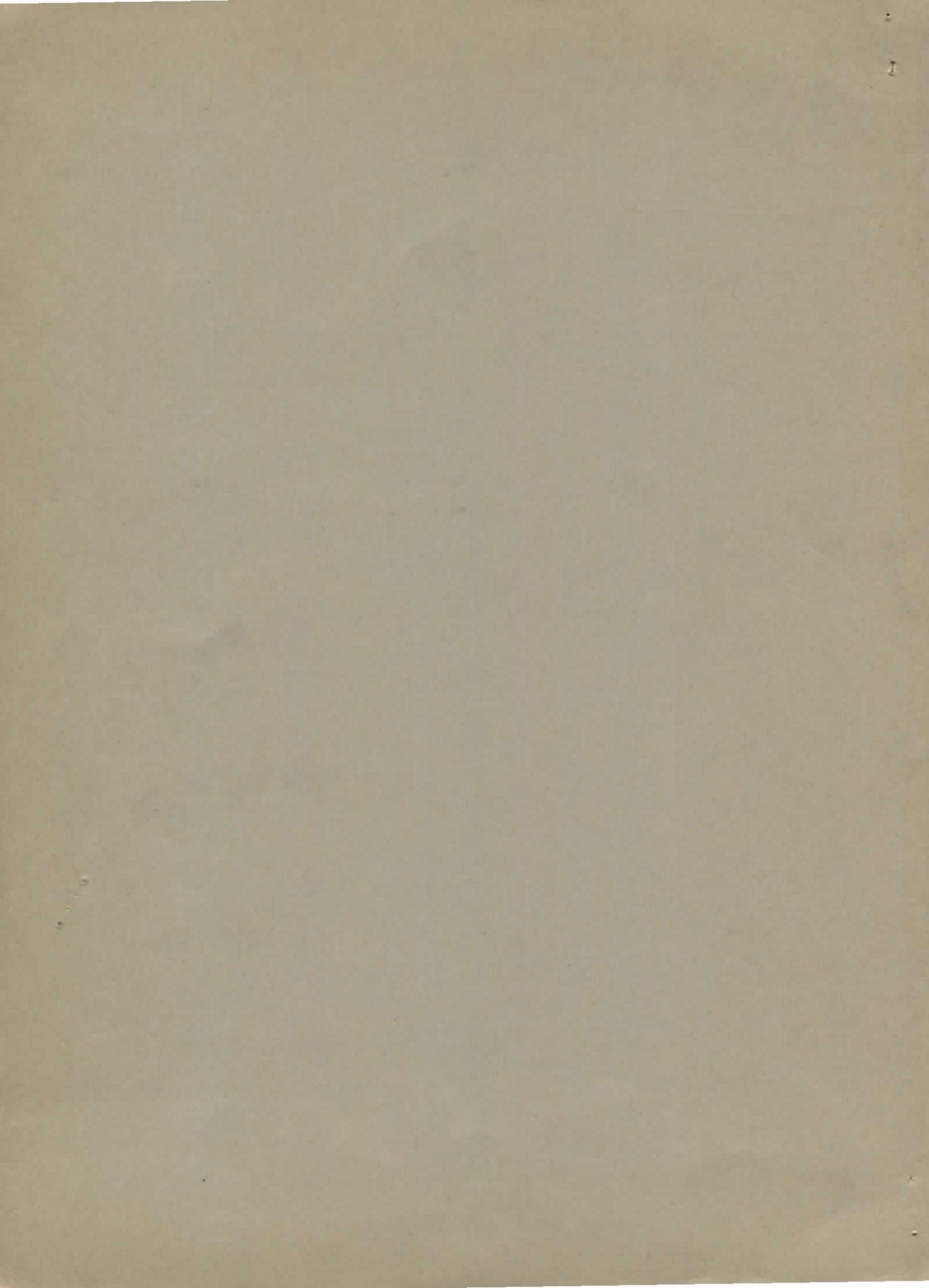
September 1970

DESY-Bibliothek
L 7. OKT. 1970

Vergleichsmessungen von Absorptionslängen
in einigen organischen Szintillatoren

H. Quehl, H.-J. Stuckenberg

Judith Paarl



Vergleichsmessungen von Absorptionslängen in einigen organischen Szintillatoren

H. Quehl, H.-J. Stuckenberg

1. Bisherige Angaben in der Literatur

Ein wesentlicher Parameter in der Beurteilung großflächiger organischer Szintillatoren ist ihre Lichtdurchlässigkeit. Diese kann auf verschiedene Weise gemessen werden und genau das ergibt die Schwierigkeiten beim Vergleich verschiedener Materialien.

Einige Methoden zur Messung der Lichtabsorption in organischen Szintillatoren sind veröffentlicht. So messen Kaiser und de Villiers (1) mit polierten Zylindern von etwa 2,4 cm Durchmesser und 20 cm Länge die Absorptionskoeffizienten μ in verschiedenen Plastikszintillatoren. Sie erhalten μ -Werte zwischen 0,022 und 0,037 cm^{-1} . Auch stellen sie fest, daß für kurze Wellenlängen ein erheblich größerer Absorptionskoeffizient vorhanden ist, so daß die Absorption durch

$$J = J_1 e^{-\mu_1 x} + J_2 e^{-\mu_2 x}$$

beschrieben werden kann, wo μ_1 der Koeffizient für die kurzwelligen Anteile, μ_2 der für die langwelligen ist. Sie bestimmen $\mu_1 \approx 4\mu_2$, das bedeutet, daß der kurzwellige Anteil schon nach einigen cm durch μ_1 auf weniger als 1 0/00 abgesunken ist. Kurze Szintillatoren ergeben bei der Messung also meist zu hohe Absorptionskoeffizienten, weil Mischungen aus μ_1 und μ_2 angezeigt werden.

Blinow und Webster (2) messen kleinere Absorptionskoeffizienten, etwa $\mu = 0,013$ bis $0,026 \text{ cm}^{-1}$ (wenn $\mu_2 = \mu$ gesetzt wird), sie benutzen Zylinder von 70 cm Länge, aber nur geringen Durchmessers ($< 1 \text{ cm}$). Sie stellen fest, daß μ stark vom Durchmesser abhängt, z.B. messen sie für Pilot B ein $\mu = 0,026 \text{ cm}^{-1}$ bei 6 mm Durchmesser, jedoch nur ein $\mu = 0,015 \text{ cm}^{-1}$ bei 10 mm. Walker (3) mißt die Absorption in Szintillationsplatten von etwa $142 \times 30 \times 2,5 \text{ cm}$. Er untersucht dabei u.a. Pilot Y, Pilot B, NE 110, NE 102 und kommt auf Absorptionswerte von $\mu = 0,0039 \text{ cm}^{-1}$ für Pilot Y bis $0,0078 \text{ cm}^{-1}$ für NE 102.

Jean-Marie (4) führt Messungen an Szintillatorstreifen bis zu 70 cm Länge bei einem Querschnitt von 4 x 1 cm aus. Ein Vergleich der Kurven zeigt, daß NE 110 die geringste Dämpfung hat, absolute Werte werden nicht angegeben.

Nicoll und Ewer (5) beschreiben eine Methode zur Absorptionsmessung, wie sie ähnlich auch von uns überlegt war, sie wird im folgenden Abschnitt näher beschrieben. Die Verfasser messen an großen Blocks (200x18x18 cm) des Materials NE 110 einen Absorptionskoeffizienten von nur $0,0027 \text{ cm}^{-1}$.

Bollini (6) mißt Absorptionslängen in großen Szintillatorblocks mit Muonen der kosmischen Strahlung, er gibt bei einem Block der Größe 100x18x18 cm einen μ -Wert von etwa $0,0026 \text{ cm}^{-1}$ an, es fehlen aber konkrete Angaben, ob das Szintillatortende mit Lichtabsorbern (z.B. Scotch-Tape) beklebt war.

Crabb (7) und Grieder (8) geben Informationen über die Lichtsammlung in großflächigen Szintillatoren, aus ihren Experimenten kann man jedoch keine Absorptionskoeffizienten entnehmen.

2. Eigene Messungen in Zusammenarbeit mit Nuclear Enterprises

Der Aufbau eines Meßplatzes für Szintillatormessungen ist sehr aufwendig, für reproduzierbare und vergleichbare Ergebnisse muß nicht nur die Verstärkung der Multiplier kontrollier- und einstellbar sein, es werden auch besondere Anforderungen an den optischen Kontakt zwischen Multiplier und Szintillator gestellt. Die Firma Nuclear Enterprises besitzt eine Standardapparatur zum Messen von Szintillatoreigenschaften, die unseren Vorstellungen entsprach und die sie uns dankenswerterweise zur Messung zur Verfügung stellte. In einem Teil der Apparatur können Messungen von Absorptionslängen in Szintillationsstreifen der Maximalwerte 90x10x1,25 cm ausgeführt werden, in einem anderen Teil Messungen an Blöcken bis über 200 cm Länge. Mit dem zweiten Teil ist die unter (5) ausgeführte Messung gemacht worden. Der erste Teil enthält die zu untersuchenden Streifen, von denen ein Ende mit schwarzem Tape beklebt wird, um Endreflektionen zu vermeiden, das andere Ende taucht in einen Plexiglasbehälter mit entionisiertem Wasser. Der Behälter ist mit einer Siliconflüssigkeit auf einen 5"-Multiplier vom Typ EMJ 9530 gekoppelt.

Als Präparat wird eine 1μ C-Quelle ^{90}Sr - ^{90}Y benutzt, die an dem Szintillator in 5 festen Positionen zum Multiplier gebracht werden kann; diese sind 2,5, 17,5, 32,5, 47,5 und 58.5 cm vom Multiplier entfernt. Gemessen wird die Pulshöhe bei konstanter Zählrate von 50 Pulsen pro sec als Funktion der Präparatentfernung. Die Pulshöhe wird gegen die Entfernung auf halblogarithmischem Papier aufgeschrieben, die Neigung der Kurve gibt die Absorptionslänge, jedoch unkorrigiert für Oberflächenverluste. Das Verfahren liefert Werte, die auf besser als $\pm 5\%$ zu reproduzieren sind.

Die Absorptionslänge λ wird unterschiedlich definiert, einige Autoren nehmen sie als den Wert, bei dem die Amplitude auf 50 % abgesunken ist. Die meisten wählen aber die Pulshöhenabnahme auf $\frac{1}{e} \approx 37\%$, denn dann ist die Absorptionslänge (cm) einfach das Reziproke zum Absorptionskoeffizienten $\mu(\text{cm}^{-1})$.

3. Meßergebnisse

Nach dem unter 2. angegebenen Verfahren wurden die Absorptionskurven von NE 110, NE 102A, NE 104, Pilot B, Pilot Y, Nuplex 3 und Nuplex 4 (Röhm und Haas) aufgenommen. Bild 1 zeigt die Kurven.

Die geringste Absorption zeigt NE 110, gefolgt von Pilot Y. NE 104, NE 102A und Pilot B haben mittlere Werte, während Nuplex 3 und 4 beträchtliche Absorptionswerte zeigen. Die stärkere Neigung während der ersten 10 - 15 cm wird durch den Anteil der kurzwelligen Absorption verursacht.

Aus der Neigung können die Absorptionslängen bestimmt werden. Die ermittelten Werte sind zusammen mit den aus der erwähnten Literatur in den zwei folgenden Tabellen zusammengestellt, wobei die eine Tabelle den Koeffizienten $\mu(\text{cm}^{-1})$, die andere die Absorptionslängen $\lambda(\text{cm})$ enthalten, die eine Pulsabnahme auf $\frac{1}{e}$ bewirken.

Tabelle 1

Absorptionskoeffizienten μ (cm⁻¹)

Bauart Szintillator	Zylinder 2,4 cm \emptyset 20 cm Länge nach (1)	Zylinder <1 cm \emptyset 70 cm Länge nach (2)	Streifen 50x4x1,25 cm nach diesem Bericht	Platten 142x30x2,5 cm nach (3)	Block 200x18x18 cm nach (5)
NE 110			0,0074	0,0057	0,0027
NE 104			0,0139		
NE 102A			0,0154		
NE 102	0,036	0,0225 bei 0,6 \emptyset		0,0078	
Pilot Y		0,0163 bei 0,6 \emptyset 0,013 bei 1 \emptyset	0,0075	0,0039	
Pilot B	0,026	0,026 bei 0,6 \emptyset 0,015 bei 1 \emptyset	0,0156	0,0050	
Nuplex 3			0,0248		
Nuplex 4			0,0225		

Tabelle 2

Absorptionslängen λ (cm)

Bauart Szintillator	Zylinder 2,4 cm \emptyset 20 cm Länge nach (1)	Zylinder <1 cm \emptyset 70 cm Länge nach (2)	Streifen 50x4x1,25 cm nach diesem Bericht	Platten 142x30x2,5 cm nach (3)	Block 200x18x18 cm nach (5)
NE 110			135	176	370
NE 104			72		
NE 102 A			65		
NE 102	28	44,5 bei 0,6 \emptyset		128	
Pilot Y		61 bei 0,6 \emptyset 77 bei 1 \emptyset	134	253	
Pilot B	38,5	38,5 bei 0,6 \emptyset 67 bei 1 \emptyset	64	200	
Nuplex 3			40,5		
Nuplex 4			44,4		

Aus den Tabellen kann man entnehmen, daß mit zunehmender Größe des Szintillators auch die Absorption geringer wird, bei Zylinder mit Durchmessern von weniger als 1 cm jedoch erheblich ansteigt.

Die μ -Werte in der ersten Spalte nach Kaiser und de Villiers scheinen etwas zu groß gemessen, wenn man den Trend in den übrigen Spalten betrachtet. Dies ist, wie schon in Abschnitt 1 erwähnt, auf die geringe Länge der benutzten Szintillatoren zurückzuführen. Es ist relativ schwierig, aus der Mischkurve für zwei Absorptionskoeffizienten die richtige Neigung für den langwelligen Teil der Absorptionskurve abzulesen.

Aus den Tabellen sieht man auch, daß zwischen Pilot B, NE 102A und NE 104 keine wesentlichen Unterschiede im Absorptionsverhalten bestehen, das gleiche gilt für NE 110 und Pilot Y. Die Nuplex-Materialien fallen wegen ihrer stärkeren Absorption etwas aus der Reihe.

Es sei noch erwähnt, daß der von uns nicht gemessene Szintillator NE 111 wegen seiner sehr kurzen Abklingzeit von 1,7 nsec für gute Zeitmeß-Detektoren eingesetzt werden kann, jedoch nur kleinflächig aufgebaut werden sollte, da er nach Herstellerangaben eine extrem kurze Absorptionslänge von nur 8 cm besitzt.

Während der oben beschriebenen Messungen wurde auch die relative Lichtausbeute der Szintillatoren gemessen, indem die Pulsamplitude bei konstanter Zählrate von 50 Pulsen pro sec und konstanten Betriebsbedingungen bestimmt wurde. NE 102A erzeugte die größte Amplitude, diese wurde daher gleich 1 gesetzt, somit ergibt sich die Skala relativer Lichtausbeute in Tabelle 3.

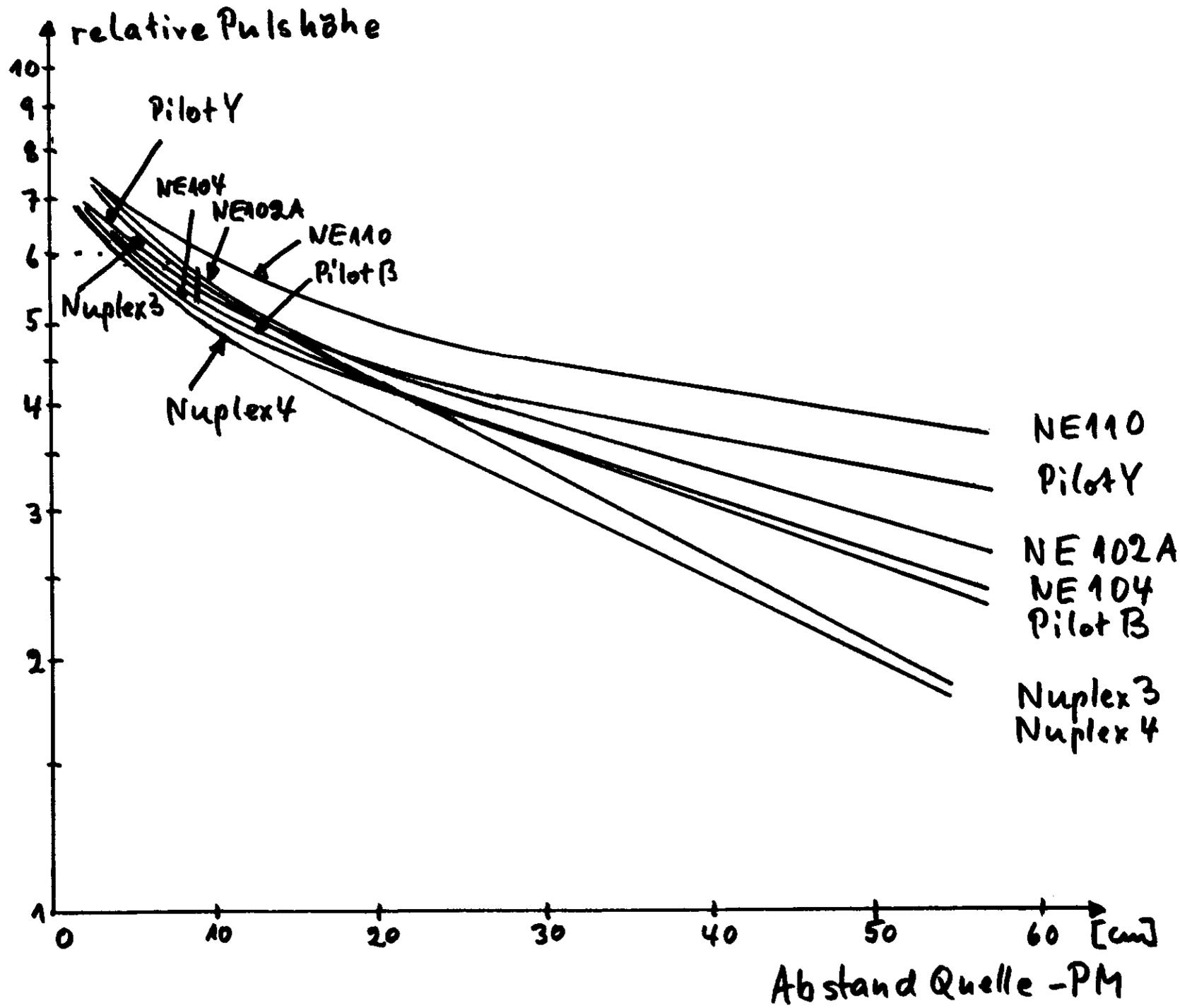
Tabelle 3

Relative Lichtausbeute

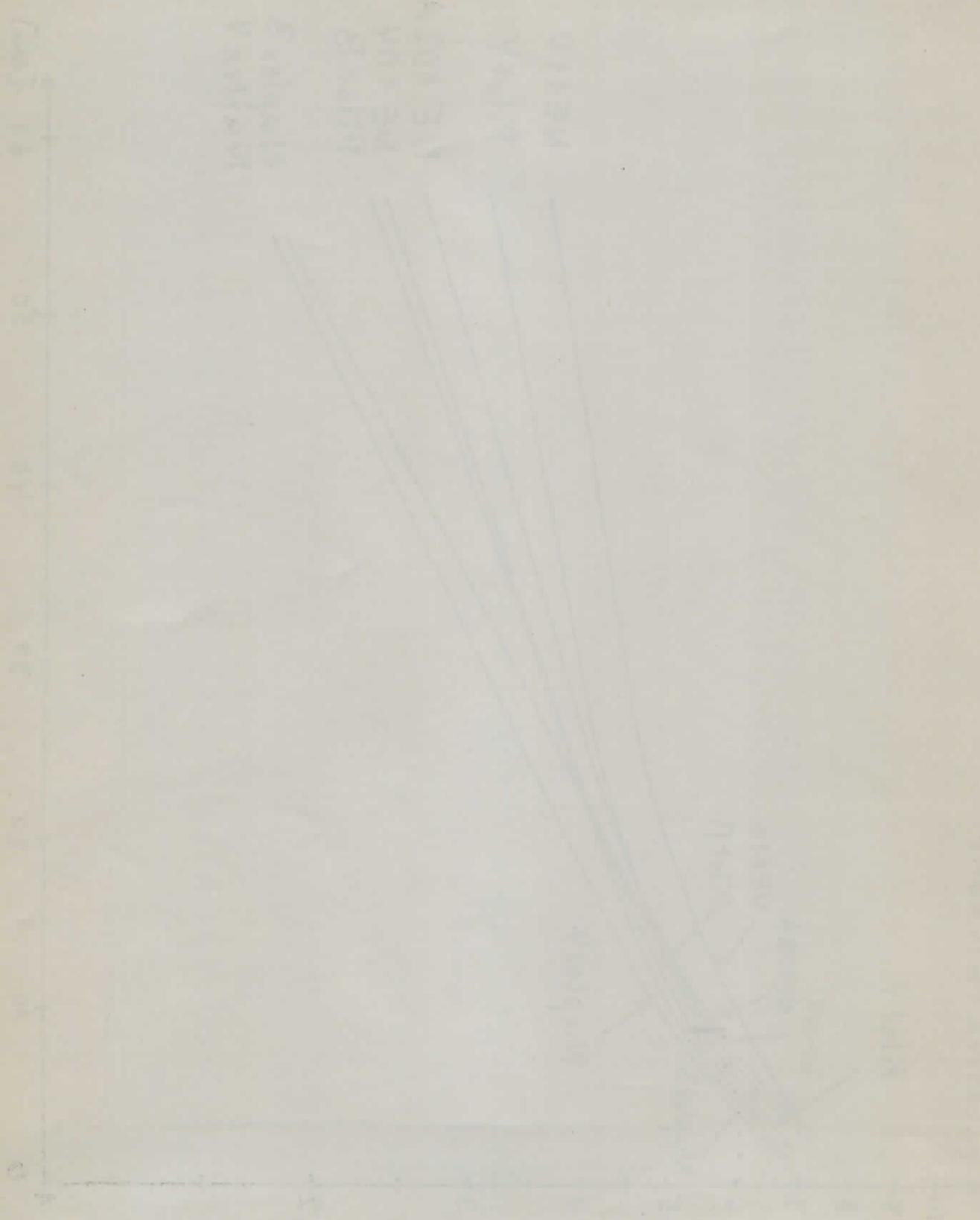
NE 102A	1,00
Pilot B	0,92
NE 110	0,88
NE 104	0,88
Pilot Y	0,85
Nuplex 4	0,82
Nuplex 3	0,61

Literatur

- 1 W.C. Kaiser, J.A.M. de Villiers,
Relative light output evaluation of different commercial plastic
scintillators, JEEE Trans. Nucl. Sci., NS-11, No. 3, 29 (1964)
- 2 D.W. Blincow, J.R. Webster, Light collection from long thin
scintillator rods and optical coupling, JEEE Trans.Nucl.Sci.,
NS-11, No. 3, 38 (1964)
- 3 J.K. Walker, Characteristics of plastic scintillators in their use
as large area particle detectors, Nucl. Instr. and Meth., 68, 131 (1969)
- 4 B. Jean-Marie, A source of monoenergetic electrons of 0,5 to 3,5 MeV
for scintillation counter studies, Nucl.Instr. and Meth., 75, 287 (1969)
- 5 D.R. Nicoll, M.J.C. Ewer, Light transmission of organic scintillators,
"Organic Scintillators and Liquid Scintillation Counting", Conf.
San Francisco, July 1970
- 6 D. Bollini, A. Buhler-Broglin, P. Dalpiaz, T. Massam, F. Navach,
F.L. Navarria, M.A. Schneegans, F. Zetti, A. Zichichi,
A new large-acceptance and high-efficiency neutron detector for
missing-mass studies, Nuovo Cimento, 61A, 125 (1969)
- 7 D.G. Crabb, A.J. Dean, J.G. McEven, R.J. Ott, Optimum design of thin
large area scintillation counters, Nucl.Instr. and Meth., 45, 301 (1966)
- 8 P.K.F. Grieder, On the uniformity of response of large plastic
scintillation counters to minimum ionizing particles,
Nucl.Instr. and Meth., 55, 295 (1967)



Handwritten title or label on the left side of the page.



Handwritten text at the bottom right of the page.