

INSTITUT FRANCO-ALLEMAND
DE RECHERCHES DE SAINT-LOUIS

DEUTSCH-FRANZÖSISCHES
FORSCHUNGSINSTITUT SAINT-LOUIS

RAPPORT - BERICHT

2/63

O. WUNSCHÉ

Tödlichkeitsgrenzen für Albino-Ratten
bei Anwendung kleiner Sprengstoffmengen

*Mortalité de rats albinos sous l'effet de la détonation
de faibles quantités d'explosif*

DISTRIBUTION STATEMENT A
Approved for Public Release
Distribution Unlimited

BEST AVAILABLE COPY

20041110 067

DISTRIBUTION STATEMENT A
Approved for Public Release
Distribution Unlimited

RAPPORT - BERICHT

2/63

O. WÜNSCHE

Tödlichkeitsgrenzen für Albino-Ratten
bei Anwendung kleiner Sprengstoffmengen

*Mortalité de rats albinos sous l'effet de la détonation
de faibles quantités d'explosif*

(Institut für Flugmedizin der Deutschen Versuchsanstalt für
Luft-und Raumfahrt, Bad Godesberg.

Institut de médecine aéronautique de la "Deutsche Versuchs-
anstalt für Luftfahrt").

TEXTE ORIGINAL ALLEMAND

DEUTSCHER ORIGINALTEXT

Saint-Louis, 14.3.1963

Der Verfasser
L'Auteur

O. Wünsche

Dr. med. O. WÜNSCHE

Der wissenschaftlicher Subdirektor
Le Sous-Directeur Scientifique

Auriol

Ingénieur Militaire en Chef
de 1ère Classe AURIOL

BEST AVAILABLE COPY

Die Direktoren
Les Directeurs

[Signature]
Ingénieur Général R. CASSAGNOU

[Signature]
Prof. Dr. Ing. H. SCHARDIN

Dieser Bericht enthält 17 Textseiten u. 13 Abbildungsseiten
Ce Rapport contient 17 pages de Texte et 13 pages de Figures

Exemplar Nr. 34
Exemplaire

Inhaltsverzeichnis

	Seite
Zusammenfassung	5
Einleitung	5
A) Physikalischer Teil	
1) Versuchsanordnung	6
2) Versuchsauswertung	7
3) Versuchsergebnisse	8
B) Biologischer Teil	
1) Klinische Symptomatik	13
2) Histologische Organbefunde	13
C) Literatur	17

Zusammenfassung

In Fortführung von Geländesprengungen mit variierten Versuchsanordnungen wurden an Albino-Ratten die Überlebenswahrscheinlichkeiten bei Anwendung kleiner Sprengstoffmengen bestimmt. Die vorliegenden Schädigungskennlinien konnten durch weitere Eintragungen ergänzt werden. Die Untersuchungen zeichnen sich durch eine auffällig geringe Streubreite der biologischen Ergebnisse aus. Besondere Beachtung fanden die Verletzungsfolgen an Tieren bei seitlich vom Bodennullpunkt (senkrechter Abstand Detonationszentrum/Tierrücken) auftreffendem Druckstoß. In Übereinstimmung mit früheren Beobachtungen standen pathologische Veränderungen der Lungen im Vordergrund der biologischen Schädigungen. Die erhobenen Befunde sind tabellarisch zusammengefaßt und durch zahlreiche mikro-photographische Aufnahmen histologischer Organschnitte anschaulich dargestellt.

Einleitung

In diesem Bericht wird auf Geländesprengungen Bezug genommen, bei denen durch spezielle Anordnungen des Versuchsaufbaus Veränderungen der Stoßwellenform sowie unterschiedliche Einfallsrichtungen des Druckstoßes an Albino-Ratten untersucht worden sind. Die Sprengstoffgewichte betragen 5 000, 740, 370 und 100 g. Die durch zahlreiche Variationen der Versuchsbedingungen gewonnenen Ergebnisse sind im Bericht 2/59 des Deutsch-Französischen Forschungsinstitutes Saint-Louis niedergelegt ¹⁾. Bei den Druckmessungen konnte zum Teil von vorliegenden "Standardkurven" ausgegangen werden, aus denen Mittelwerte der Drücke und Impulse für bestimmte Abstände und Sprengstoffgewichte zu entnehmen waren. Für

die Mehrzahl der Sprengversuche, namentlich für solche mit Veränderungen der normalen Druckverlaufsform durch eine Reflexionswand, waren die Funktionen für Druck und Impuls in Abhängigkeit vom Abstand bis dahin unbekannt, so daß Druckmessungen erforderlich wurden. In graphischen Darstellungen und Diagrammen sind die biologischen Druckstoßtödlichkeitsgrenzen für verschiedene Druckverlaufsformen aufgezeigt und die Schädigungskennlinien für die 20, 50 und 80%ige Überlebenswahrscheinlichkeit eingetragen.

Die vorliegenden Sprengversuche ^{x)}, die wiederum als Gemeinschaftsarbeit des Deutsch-Französischen Forschungsinstitutes Saint-Louis mit dem Institut für Flugmedizin (DVL), Bad Godesberg, auf dem Sprengplatz Ile Napoléon durchgeführt wurden, verfolgten das Ziel, die Überlebenswahrscheinlichkeiten an Albino-Ratten bei Anwendung kleiner Sprengstoffmengen zu ermitteln, um die Schädigungskennlinien zu ergänzen. Auf Messungen zur Feststellung des Zusammenhanges zwischen Druckverlaufsform und biologischer Wirkung wurde dabei verzichtet.

A) Physikalischer Teil

1) Versuchsanordnung

Die Anordnung der Versuchstiere für die Druckstoßbelastung entsprach der früherer Geländesprengungen, so daß auf Seite 12 und 17 des Berichtes 2/59 und die entsprechenden Abbildungen 1 und 6 verwiesen wer-

x) Die Mittel für die Durchführung der Versuche wurden von der Schutzkommission im Bundesministerium des Innern zur Verfügung gestellt. -

den kann. Bei jeder Sprengung wurden gleichzeitig fünf Albino-Ratten (männliche Tiere/Körpergewicht 120 - 130 g) beaufschlagt; für jeden Abstand vom Detonationszentrum bei ein und derselben Sprengstoffmenge jeweils 15 Tiere. Die verwendeten Sprengstoffmengen betragen 3, 5, 10, 23, 45 und 85 g. Nähere Angaben über die Art des Sprengstoffes und die Übertragungsladungen sind aus Tabelle 1 ersichtlich. (Seite 8).

Die Druckstoßbelastung der Tiere erfolgte bei allen Versuchen frontal von oben. Die Tierrücken schlossen ungefähr mit der Fläche der umgebenden Stahlplatte (vgl. Fig. 6 in Bd. II des Berichtes 2/59) ab.

2) Versuchsauswertung

Bevor die Ergebnisse der einzelnen Sprengserien ^{x)} wiedergegeben und diskutiert werden, wollen wir kurz den Gang der Versuchsauswertung beschreiben. Im allgemeinen gelten auch hier die im Bericht 2/59 gemachten Angaben über die Verteilung, Unterbringung und Beobachtung der Versuchstiere. Lediglich die zeitlichen Grenzen für die Definition der Schädigungsfolgen sind andere. Trat der Tod der Tiere bis zum Ablauf von fünf Minuten nach der Sprengung ein, so bezeichneten wir das Ergebnis als "sofort tot". Überleben bis zu 20 Minuten wurde als "kurzzeitig", bis zu 50 Minuten als "langzeitig" definiert. "Völliges Überleben" lag nach einer Beobachtungszeit von über 50 Minuten vor. Für diese Einteilung wählten wir in den Darstellungen die früheren Symbole:

sofort tot	●	langzeitig überlebend	⊙
kurzzeitig überlebend	◐	völlig überlebend	○

Jedes im Versuch eingesetzte Tier ist durch einen entsprechenden Kreis symbolisiert.

x) für die Mitarbeit bei den vorliegenden Untersuchungen sei der medizinisch-technischen Assistentin E. JASCHEK gedankt.

Tabelle 1

Zusammenstellung der Sprengladungen

Ge- wicht g	Art des Spreng- stoffs	Übertragungs- ladung (Relais)	Initial	Art der Zündung
3	Nitropenta	Nitropenta, pul- verisiert	Zündpille aus Bleiazid + Nitro- penta (HX 20)	elektr.
5	"	"	"	"
5	TH 11 : 2,4 g (Trinitrotoluol gemischt mit Hexogen 1 : 1)	Nitropenta 1,6 g <u>Ladungen detonierten nicht vollständig!</u>	"	"
10	TH 11 : 7,3 g	Nitropenta 2,7 g	Sprengkapsel Nr. 8	elektr.
23	"	"	"	"
45	"	"	"	"
85	TH 11 : 7,8 g	Nitropenta 7 g	"	"

3) Versuchsergebnisse

In den Figuren 1 und 2 sind für die Sprengstoffgewichte 10, 23, 45 und 85 g die Anzahl der unter gleicher Versuchsanordnung beaufschlagten Albino-Ratten und die variierten Abstände vom Detonationszentrum dargestellt. Die Überlebensbereiche sind durch Querstriche voneinander abgegrenzt.

Die Eintragungen lassen bereits bei dieser einfachen Darstellungsweise die außerordentlich geringe biologische und physikalische Streubreite bei den vorliegenden Abständen (Sprengstoff-Tier) und die auffällig scharfe Abgrenzung der Schädigungsbereiche erkennen. Für die genannten Sprengstoffmengen liegen "tot" und "völliges Überleben" jeweils nur 10, 13, 15 und 20 cm auseinander.

Das gute biologische Gesamtergebnis ändert sich freilich, sobald man in die Versuche eine neue Variante hineinbringt. So fanden wir bei Wiederholung der Sprengungen mit den Ladungsgewichten 85 und 45 g und Beibehaltung derselben Versuchsanordnung erhebliche Abweichungen, wenn das Körpergewicht der Versuchstiere unterschiedlich war. Die Abhängigkeit der tödlichen Wahrscheinlichkeit vom Körpergewicht der Ratten ist in Fig. 3 gezeigt. Während von 15 Tieren mit einem mittleren Gewicht von 162 g bei einer Sprengstoffmenge von 85 g und einem Abstand von 0,95 m 14 Tiere völlig überlebten, kamen unter gleichen Bedingungen von 15 115 g schweren Ratten 13 ad exitum. Zu einem analogen Ergebnis führte der Versuch mit je 15 Tieren bei der Sprengstoffmenge von 45 g und dem Abstand 0,80 m. Diese Tatsache weist allgemein auf die Bedeutung des gleichbleibenden biologischen Ausgangsmaterials für Serienuntersuchungen hin.

Bei kleineren Sprengstoffgewichten und geringen Abständen ändern sich die Auftreffrichtung und der Druck auf die seitlich vom Bodennullpunkt (senkrechter Abstand Detonationszentrum/Tierrücken) untergebrachten Tiere (vgl. Fig. 6 des Berichtes 2/59). Infolgedessen ist auch die Tödlichkeitsquote bei jeweils 5 Versuchstieren innerhalb eines Haltekastens unterschiedlich, wie aus den Tabellen 2 und 3 hervorgeht.

Tabelle 2

Abhängigkeit der Schädigungsfolgen von der Auftreffrichtung des Druckes (120 Tiere). Sprengstoffmenge 3 g Nitropenta. PETN.

Abstand Sprengstoff/Tier [cm]	Kastenfach Nr.				
	1	2	3	4	5
4			● ● ●		
6,4		● ● ●		● ● ●	
10,8	○ ○ ○				● ○ ○
6			● ● ●		
7,8		⊙ ● ●		● ● ●	
11,7	○ ○ ○				● ● ○
8			● ● ●		
9,4		● ● ●		● ● ●	
12	● ○ ○				○ ○ ○
10			● ● ●		
11,2		● ● ○		● ● ●	
14,1	○ ○ ○				● ● ○
11			● ○ ○		
12,1		● ⊙ ○		⊙ ● ○	
14,9	○ ○ ○				○ ○ ○
12			○ ○ ○		
13		⊙ ○ ○		○ ○ ○	
15,8	○ ○ ○				○ ○ ○
15			○ ○ ○		
15,8		○ ○ ○		○ ○ ○	
18	○ ○ ○				○ ○ ○
17			○ ○ ○		
17,7		○ ○ ○		○ ○ ○	
19,6	○ ○ ○				○ ○ ○

● sofort tot (bis 1¹) langfristig überlebend (bis 50¹) ⊙
 ● kurzzeitig überlebend (bis 20¹) völlig überlebend ○

Tabelle 3

Abhängigkeit der Schädigungsfolgen von der Auftreffrichtung des Druckes (75 Tiere). Sprengstoffmenge 5 g TH 11.

Abstand Sprengstoff/Tier [cm]	Kastenfach Nr.				
	1	2	3	4	5
14			● ● ●		
14,9		● ● ●		● ● ●	
17,2	● ● ○				● ● ○
16			● ● ●		
16,8		● ● ●		● ● ●	
18,9	● ● ○				● ● ○
18			● ● ○		
18,9		● ○ ○		● ○ ○	
20,6	○ ○ ○				● ○ ○
20			● ● ○		
20,6		● ○ ○		● ○ ○	
22,4	○ ○ ○				● ○ ○
26			● ○ ○		
26,5		● ○ ○		○ ○ ○	
29,9	○ ○ ○				○ ○ ○

tot ● überlebend ○

In den Figuren 4 bis 6 haben wir die Versuchsergebnisse in Diagrammen dargestellt ^{x)}. Im ersten Diagramm (Fig. 4) sind auf Wahr-

^{x)} Für die freundliche Unterstützung gebührt Herrn Dr.-Ing. MOLITZ im Deutsch-Französischen Forschungsinstitut Saint-Louis besonderer Dank.

scheinlichkeitspapier für die Sprengstoffmengen 10 g, 23 g, 45 g und 85 g die Überlebenswahrscheinlichkeiten aufgetragen. Dabei verstehen wir unter völliger Überlebenswahrscheinlichkeit den Prozentsatz der Versuchstiere, welche die Druckbelastung und die nachfolgenden 50 Minuten insgesamt überlebt haben, und unter momentaner Überlebenswahrscheinlichkeit den Prozentsatz der Tiere, die nicht unmittelbar nach der Detonation tot waren (kurz- oder langzeitiges Überleben). Die Ausgleichsgeraden sind dabei parallel gezogen, da sonst die Streuung bei den einzelnen Sprengstoffmengen einmal größer und einmal kleiner wäre.

Für das zweite Diagramm (Fig. 5) bilden die 50%igen Wahrscheinlichkeitswerte die Grundlagen. Darin ist in das Druck-Entfernungs-Diagramm die 50%ige "Schädigungskennlinie" eingetragen. Die offenen Dreiecke sind dabei aus dem Bericht 2/59 übernommen. Das Diagramm gilt eigentlich nur für das Sprengstoffgemisch TH 11 (50% Trinitrotoluol, 50% Hexogen). Nitropenta gibt einen etwas höheren Druck, so daß die Dreiecke für die kleinen Sprengstoffmengen in dem TH 11-Diagramm noch etwas höher liegen müßten, wodurch sich allerdings der Charakter der Kurve nicht wesentlich ändert. Sie zeigt das typische Verhalten aller Schädigungskennlinien:

Bei langer Dauer des Druckes (größere Sprengstoffmengen) ist allein der Maximaldruck (etwa 3 kp/cm^2) maßgebend, bei kurzer Dauer (kleine Sprengstoffmengen) allein der Impuls (etwa $1 \text{ ms} \cdot \text{kp/cm}^2$).

Das dritte Diagramm (Fig. 6) zeigt an einem Beispiel, wie der auftretende Druck von der Auftreffrichtung abhängt. Der Druck ist seitlich vom Bodennullpunkt (Punkt 0 in der Lageskizze - Fig. 6) geringer, als wenn dieselbe Sprengstoffmenge im gleichen Abstand senkrecht über dem Tier detoniert wäre (gestrichelte Kurve).

B) Biologischer Teil

1) Klinische Symptomatik

Wie erwartet, standen bei den vorliegenden Versuchen mit kleinen Sprengstoffmengen Verletzungen der Tierlungen mit den entsprechenden Folgen des Herz- und Kreislaufversagens im Vordergrund der klinischen Befunde. Im Atmungstyp und -rhythmus unterschieden sich die Ratten nicht von denen früherer Detonationsversuche. Je nach dem Grad der Schädigung beobachteten wir Übergänge von der anhaltenden Steigerung der Atemfrequenz mit zum Teil oberflächlicher Inspiration oder tiefer Flankenatmung bis zu dem charakteristischen Typ der unregelmäßigen, stoßweisen Atmung, welche von schabenden Geräuschen begleitet war. Schnappatmung und zeitweise kurze Apnoe kennzeichneten den agonalen Zustand schwer geschädigter Tiere. In zahlreichen Fällen trat mit jedem Atemstoß Blutschaum aus der Schnauze. Die Ratten liefen entweder unruhig umher und verhielten unter den Anzeichen des "Lufthungers" oder lagen apathisch in typischer "Schonstellung" am Boden des Käfigs. Der Exitus trat zumeist plötzlich mit heftigen tonisch-klonischen Zuckungen und Konvulsionen ein. Diese Symptome stehen mit den in der Literatur beschriebenen gut in Einklang^{2) - 6)}.

Die übrigen klinischen Befunde entsprachen ebenfalls unseren früheren Beobachtungen bei unterschiedlich starker Druckstoßschädigung. Wir können deshalb auf die Beschreibung verzichten.

2) Histologische Organbefunde

In den Tabellen 2 und 3 sind die biologischen Ergebnisse dargestellt, die sich bei seitlich vom Bodennullpunkt (senkrechter Abstand Detonationszentrum/Tierrücken) auftreffendem Druckstoß ergeben haben. Nachdem an

unseren Versuchstieren Läsionen der Lungen als wesentlichstes Merkmal der Verletzungsfolgen festgestellt worden sind, interessierte es, ob die bei seitlicher Auftreffrichtung bestehenden Unterschiede des biologischen Versuchsausfalles auch bei der feingeweblichen Untersuchung der Organe eine entsprechende Differenzierung der Lungenbefunde erkennen lassen. Wir entnehmen der Tabelle 2 einige Beispiele, die gesondert aufgeführt sind. Aus den Gruppen mit unterschiedlichen Sprengabständen wurden die Lungen der "sofort toten" Tiere, in einem Falle einer "kurzzeitig überlebten" Ratte untersucht.

Tabelle 4

Auswahl der Tiere für die histologische Untersuchung

Vers. Nr.	Abstand Sprengstoff/Tier [cm]	Kastenfach Nr.					3 g Nitro-penta
		1	2	3	4	5	
95/II	11,2		● † ○				
95/III	10,0			† ● ●			
95/IV	11,2				● † ●		
98/II	12,1		† ○ ○				
98/III	11,0			† ○ ○			
98/IV	12,1				○ † ○		

sofort tot ● kurzzeitig überlebt ○ langfristig überlebt ⊙
 völlig überlebt ○ histol. Befund †

Um einen Überblick über die Differenzierung der erhobenen Lungenbefunde ^{x)} zu gewinnen, haben wir einige in Tabelle 5 zusammengestellt.

x) Herrn Oberstabsarzt Dr. SCHEELE, Wehrmedizinisches Institut, Koblenz, danke ich für die freundliche Hilfe bei der Auswertung der Befunde.

Tabelle 5 : Beispiele histologischer Lungenbefunde

Lfde. Nr.	1	2	3	4	5	6
Vers. Nr.	95/II	95/III	95/IV	98/II	98/III	98/IV
Abstand/cm	11,2	10,0	11,2	12,1	11,0	12,1
Blutungen	leicht	-	-	-	-	-
	mittel	-	-	+	+	-
	schwer	+	+	-	-	+
	herdförmig infarktartig	+	+	+	+	+
	konfluierend	+	+	-	+	+
Befall ganzer Lungenlappen	+	+	-	-	+	+
Gewebs-Zerreissungen	-	+	-	-	+	-
Ödeme	perivascular	+	+	+	+	+
	peribronchial	+	+	+	+	+
	intraalveolär	+	-	+	-	+
Lungenblähung	+	+	+	+	+	+
Atelektasen	+	-	-	-	-	+
Besonderheiten	akutes Emphysem	Blut in Bronchien		Blut in Bronchien		Blut in Bronchien
Überlebenszeit/min.	1	1	2	18	1	24

Die bei der mikroskopischen Untersuchung der Organschnitte nachgewiesenen pathologischen Veränderungen sind jeweils durch Kreuze markiert. Betrachtet man die Befunde nach der Lagebeziehung der Versuchstiere zum Detonationszentrum, sind keine signifikanten Unterschiede des Grades der Schädigungen festzustellen. Trotz verschiedener Überlebenszeiten, die in unseren Beispielen bei den seitlich vom Bodennullpunkt gelegenen Tieren (Kasten II und IV) am längsten waren, sind die tödlichen Lungenverletzungen bei allen Ratten annähernd gleich schwer. Damit werden frühere Beobachtungen (Bericht 2/59, S. 47) bestätigt, die wir bei der histologischen Untersuchung von Tieren erhalten haben, welche nach der Druckstoßbelastung ohne auffällige klinische Symptome überlebten, mit Chloroform getötet wurden und feingeweblich diffuse Lungenblutungen aufwiesen ¹⁾.

Die in Tabelle 5 aufgeführten Befunde werden durch die nachfolgende mikro-photographische Bildserie ergänzt und anschaulich dargestellt (Fig. 7 bis 19). Die Aufnahmen der mit Hämatoxilin-Eosin gefärbten Lungengewebschnitte wurden mit dem automatischen Zeiss-Photomikroskop gemacht. Aus unseren Tiergruppen sind charakteristische Beispiele der histologisch nachgewiesenen Schädigungen ausgewählt. Als solche sind getrennt oder gleichzeitig folgende aufgetreten:

- 1) Gewebszerreißen,
- 2) Blutungen unterschiedlicher Ausprägung und Art,
- 3) Blutansammlungen in Bronchien,
- 4) Blähung der Lungenalveolen,
- 5) Lungenatelektasen,
- 6) Peribronchiale, periadventitielle und intraalveoläre Ödeme.

C) Literatur

- 1) M. FROBÖSE,
O. WÜNSCHE ISL-Bericht 2/59, Bd. I und II

- 2) H. SCHARDIN,
O. WÜNSCHE DVL-Bericht V. 17, (1958)

- 3) C. J. CLEMEDSON Acta physiol. scandinav. 16, Suppl. 53, 13
(1948)

- 4) Phys. Rev. Vol. 36, Nr. 3 (1956)

- 5) H. J. KOLDER Sitzungsbericht d. Oesterr. Akad. d. Wiss.
Math-natur Kl., Abt. II, Bd. 165, 8 - 10 H.
(1956), Verlag Springer, Wien 1956

- 6) P. J. KROHN,
D. WHITTERIDGE,
S. ZUCKERMANN Lancet 1 : 252 (1942).

Fig. 2

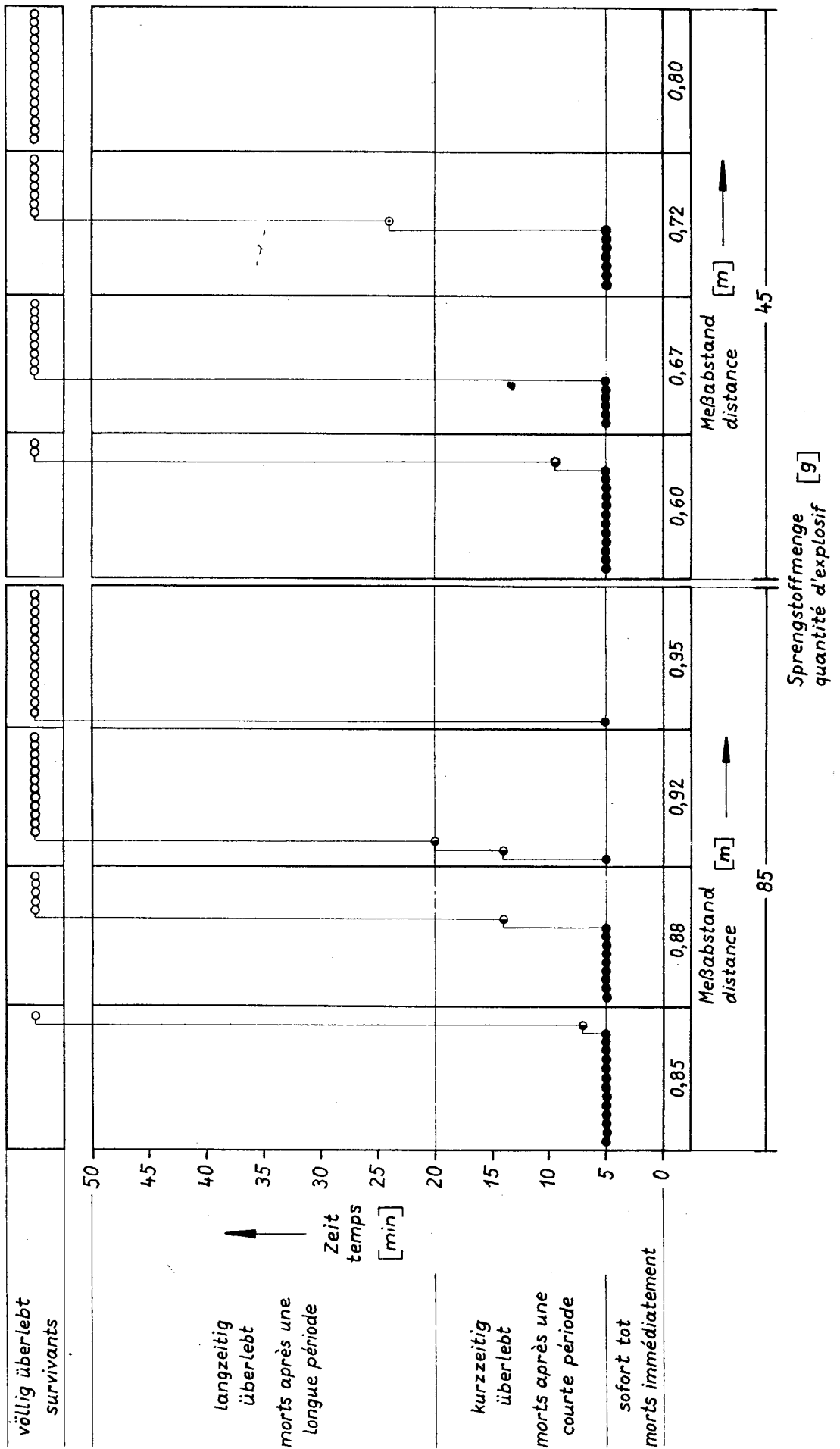


Fig. 3

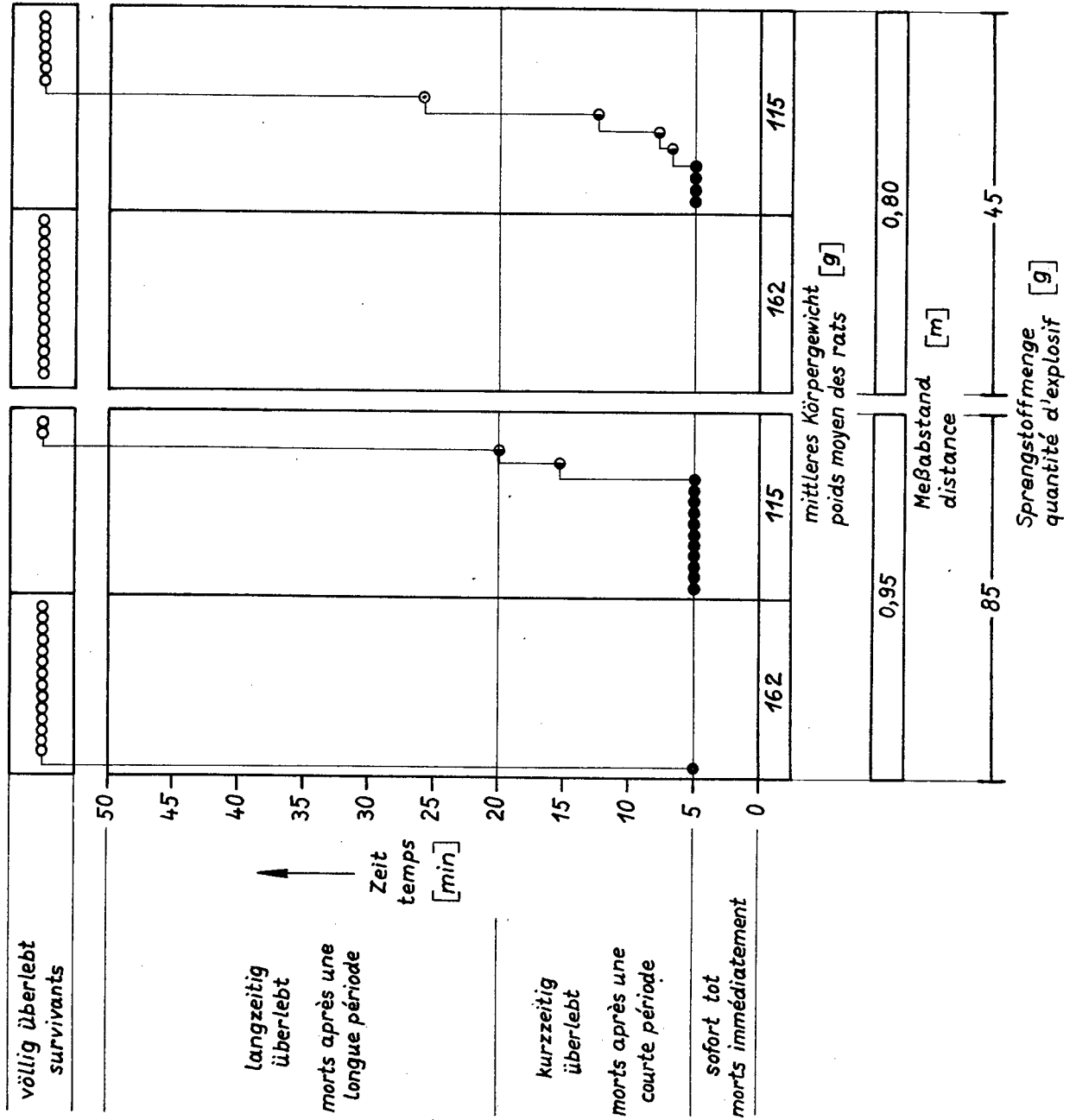


Fig. 4: Überlebenswahrscheinlichkeiten. Probabilité de survie.

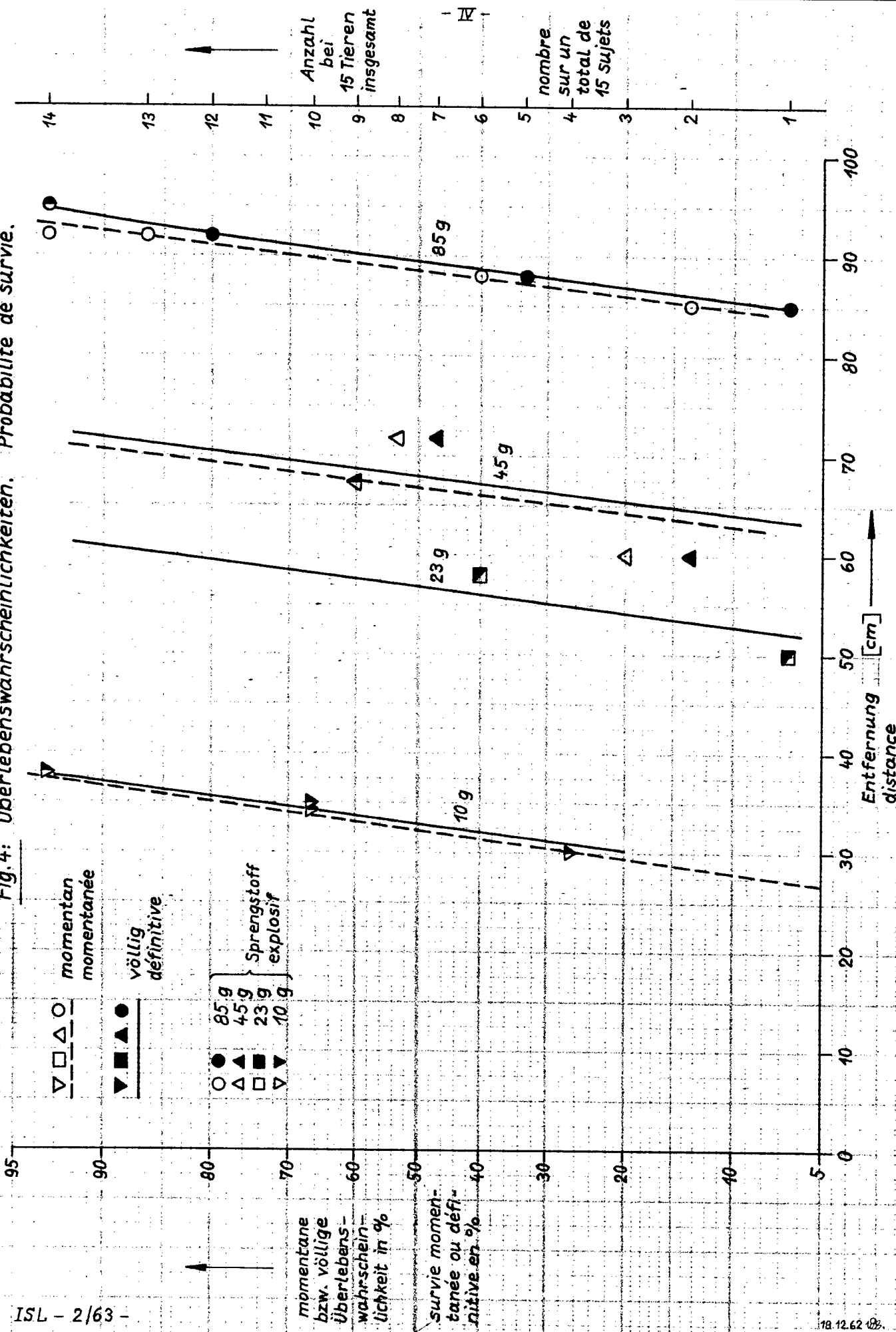
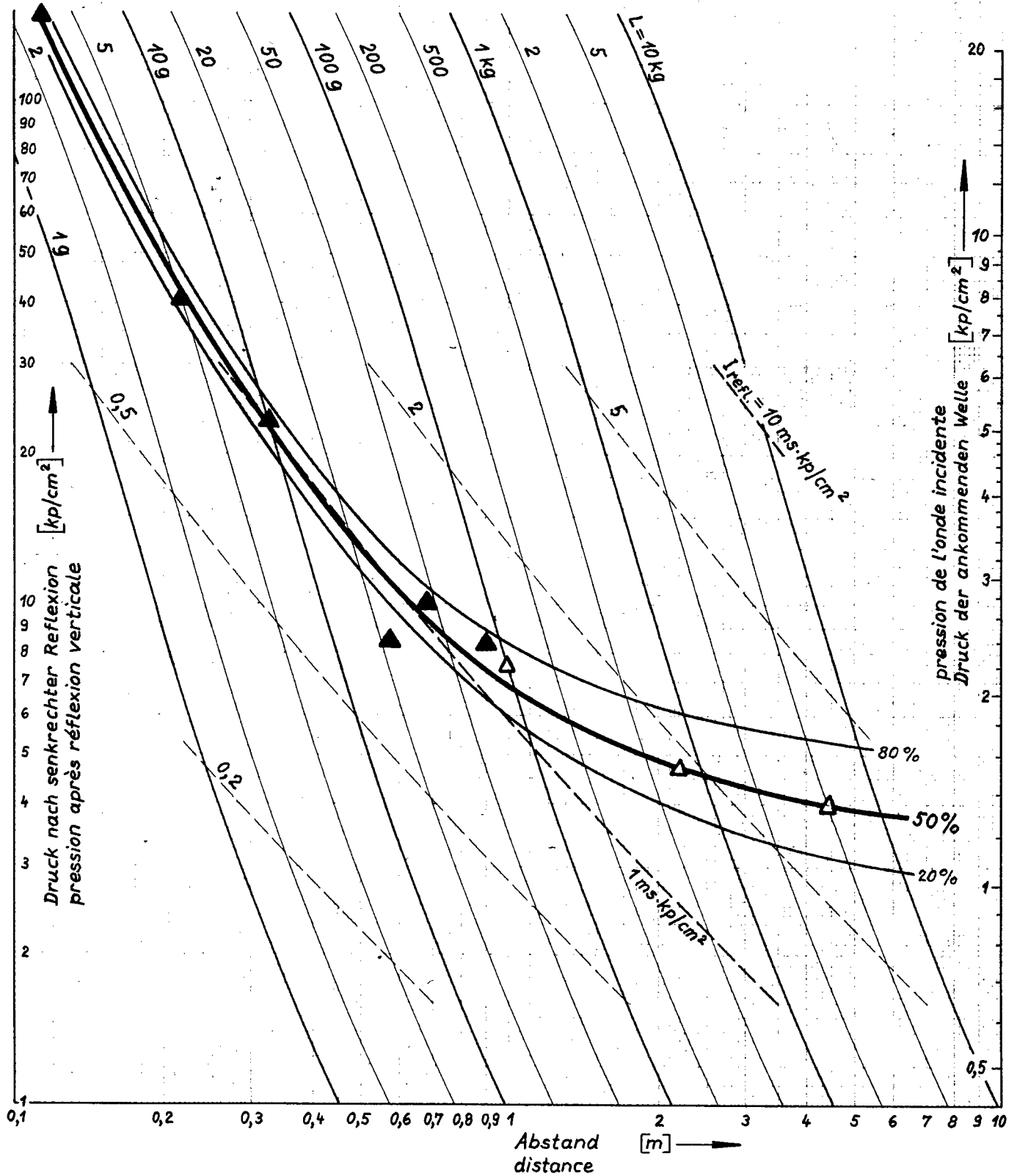


Fig. 5: Wahrscheinliche Tödlichkeitsgrenze.
Limite de mort probable.

▲ Versuche September 1962 essais de septembre 1962
△ nach ISL-Bericht 2/59 tirés du Rapport ISL 2/59



Maximaldruck am Boden bei Detonation von 5g Sprengstoff (TNT) in 20 cm Höhe.

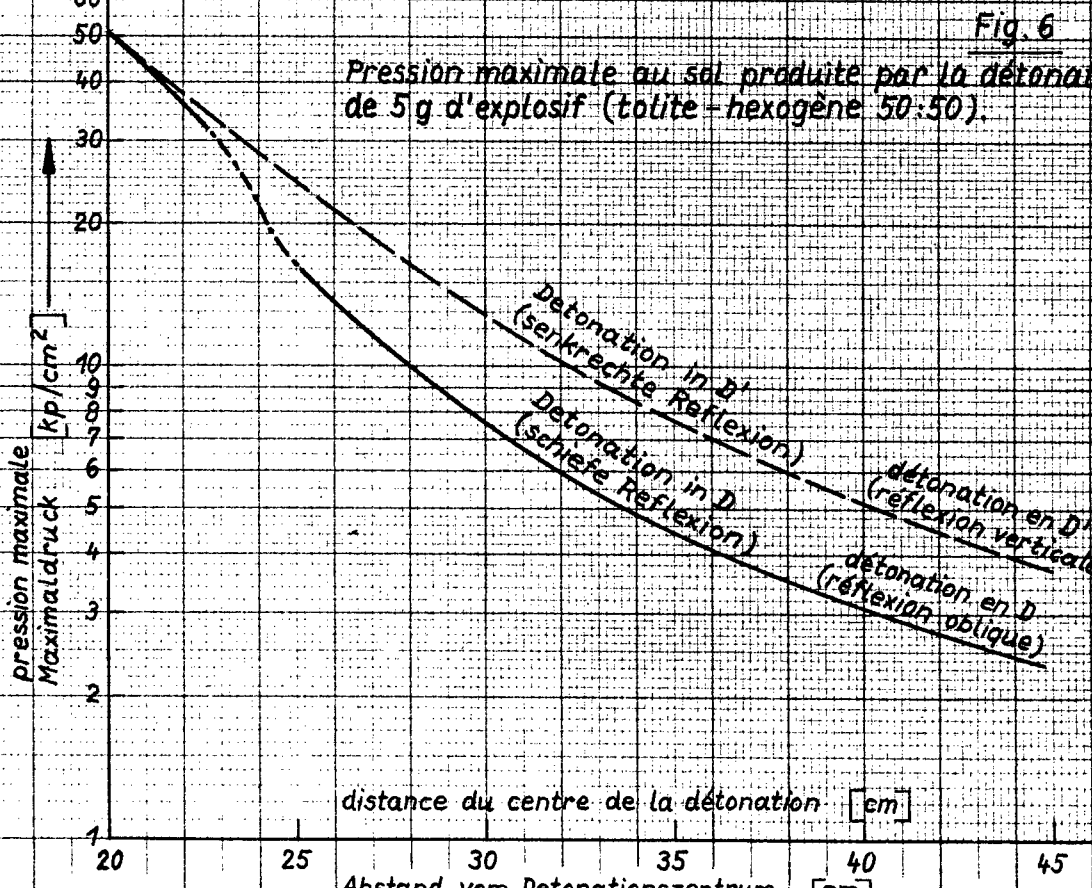
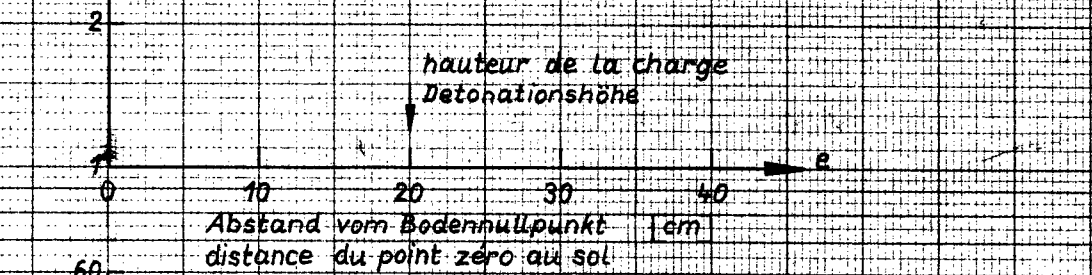
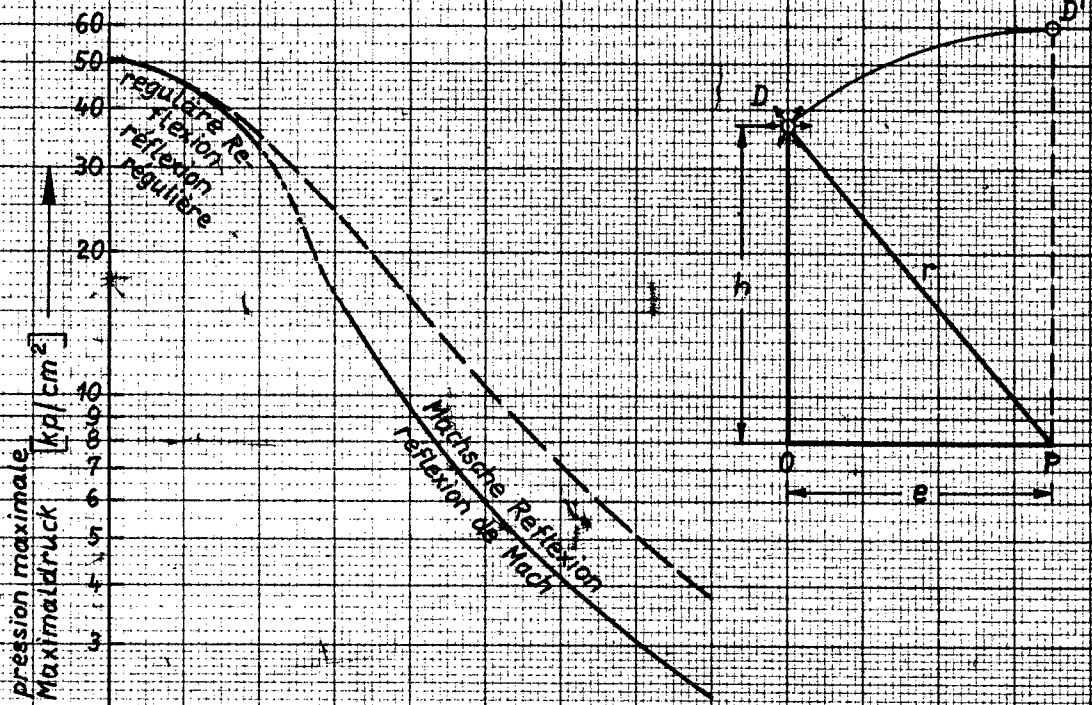


Fig. 6

Pression maximale au sol produite par la détonation de 5g d'explosif (tolite - hexogène 50:50).

Mikrophotographische Aufnahmen

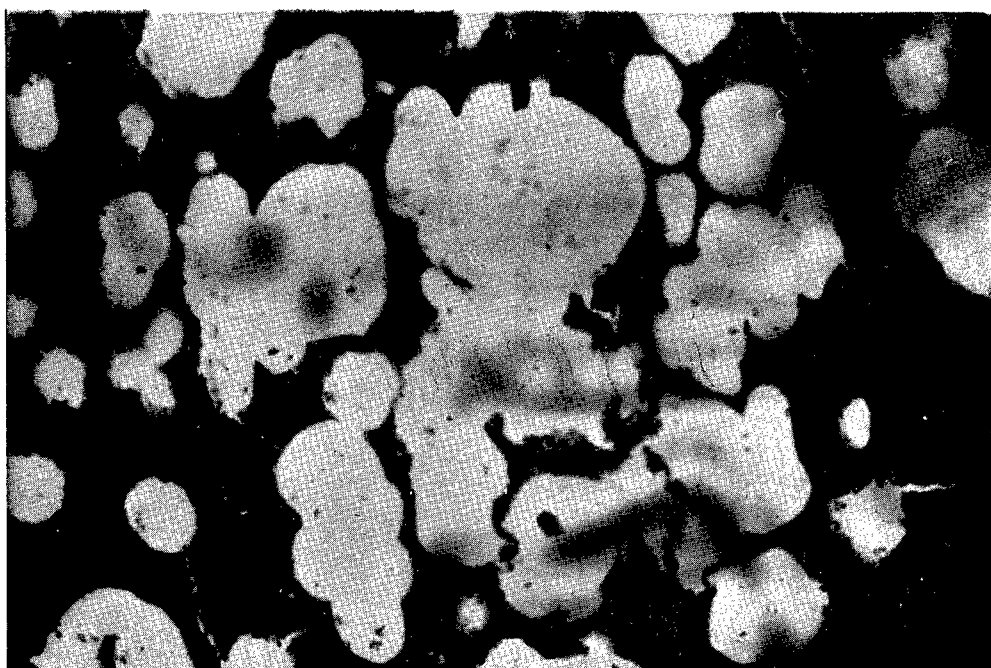
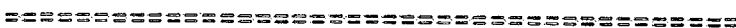


Fig. 7: Blähung von Lungenbläschen (akutes Emphysem), Lungenblutung. (Vers. Tier 95/III - 3 g Nitropenta-Abstand 10 cm - Exitus bis 1 min).

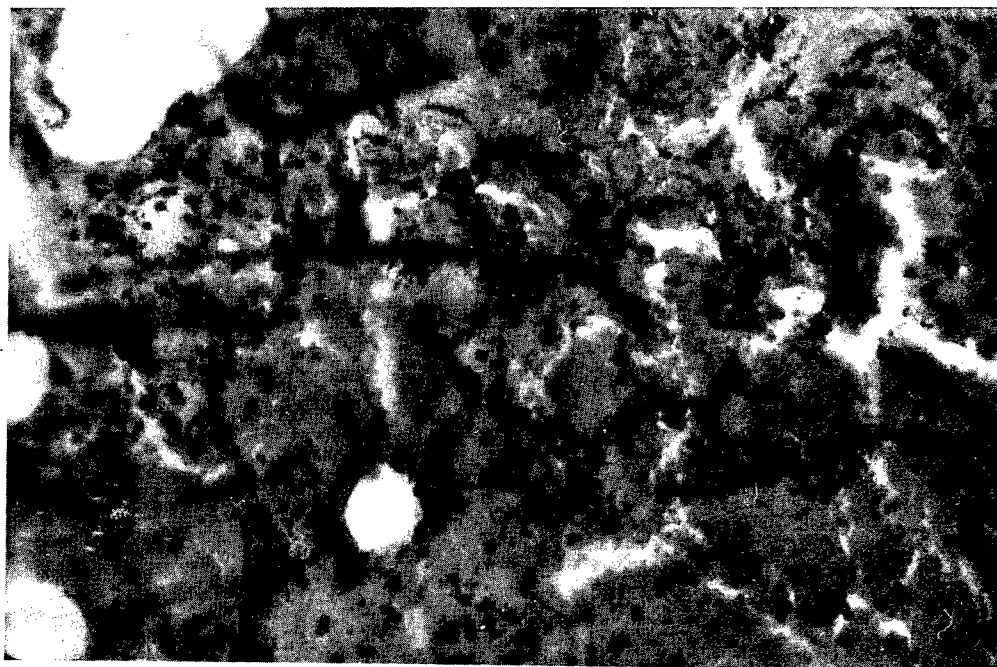


Fig. 8 : Ausgedehnte schwere Lungenblutung mit Zerstörung des Lungengewebes. (Vers. Tier 92/III - 5 g TH 11 - Abstand 18 cm - Exitus nach 3 min.).

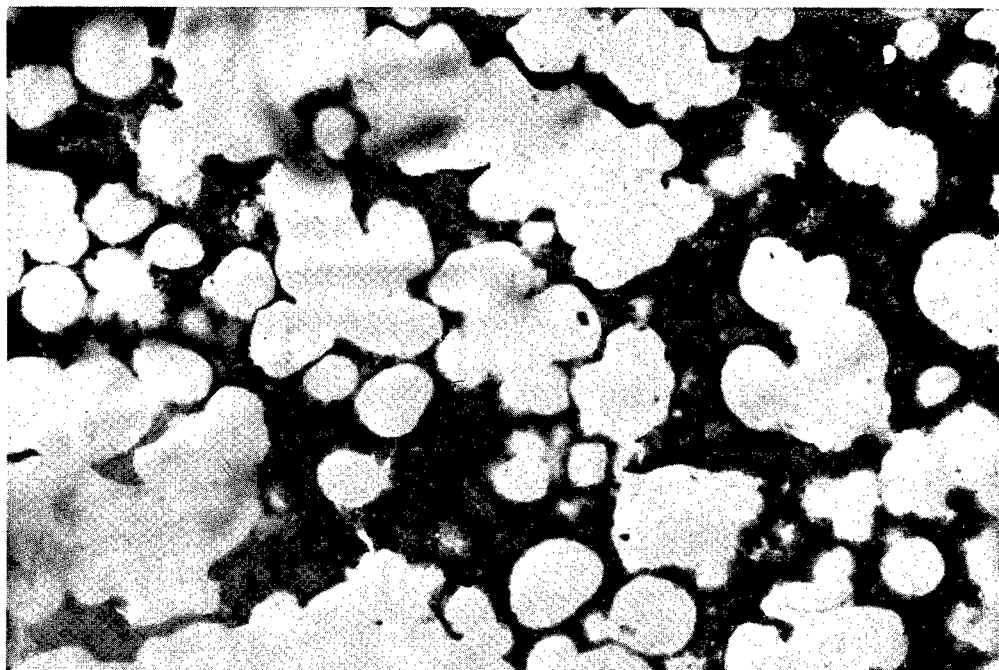


Fig. 9 : Blähung von Lungenbläschen mit kleinfleckiger Blutung. (Vers. Tier 95/IV - 3 g Nitropenta - Abstand 11,2 cm - Exitus nach 2 min.).

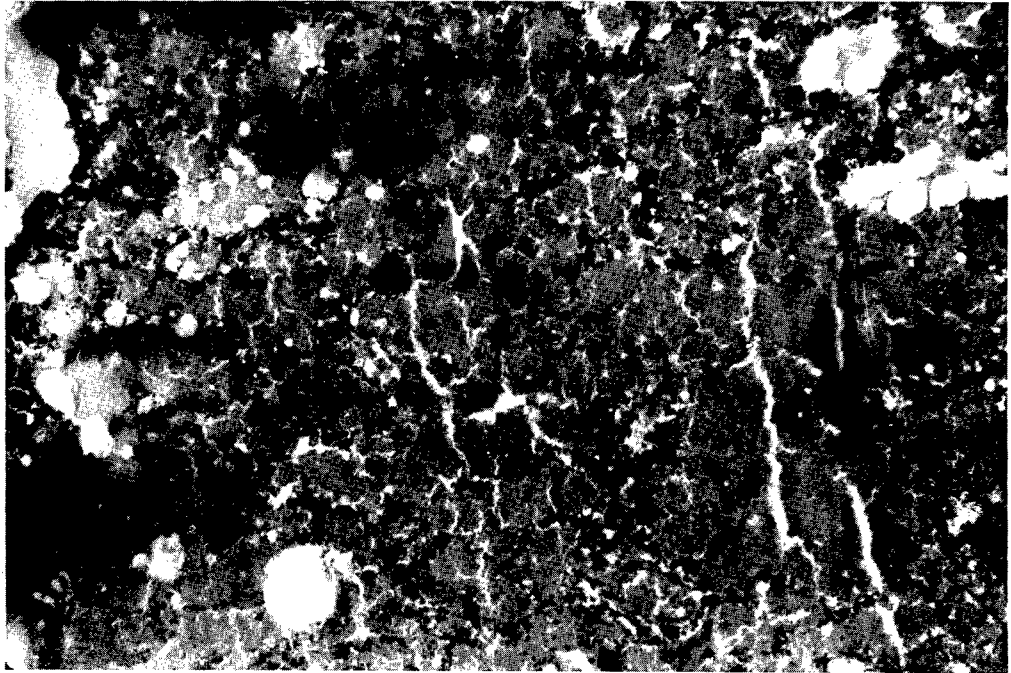


Fig. 10 : Schwere ausgedehnte (infarktartige) Lungenblutung mit Zerstörung des Gewebes. (Vers. Tier 98/III - 3 g Nitropenta - 11 cm - Exitus bis 1 min).

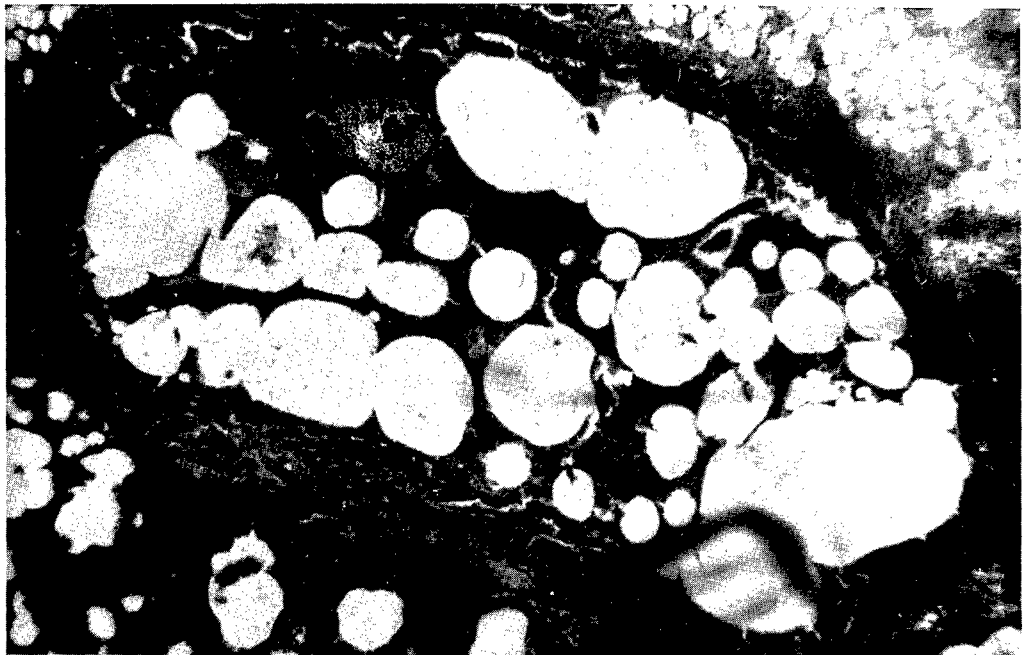


Fig. 11 : Blutmassen in einem Luftröhrenast. (Vers. Tier 92/III - 5 g TH 11 - Abstand 18 cm - Exitus nach 3 min).

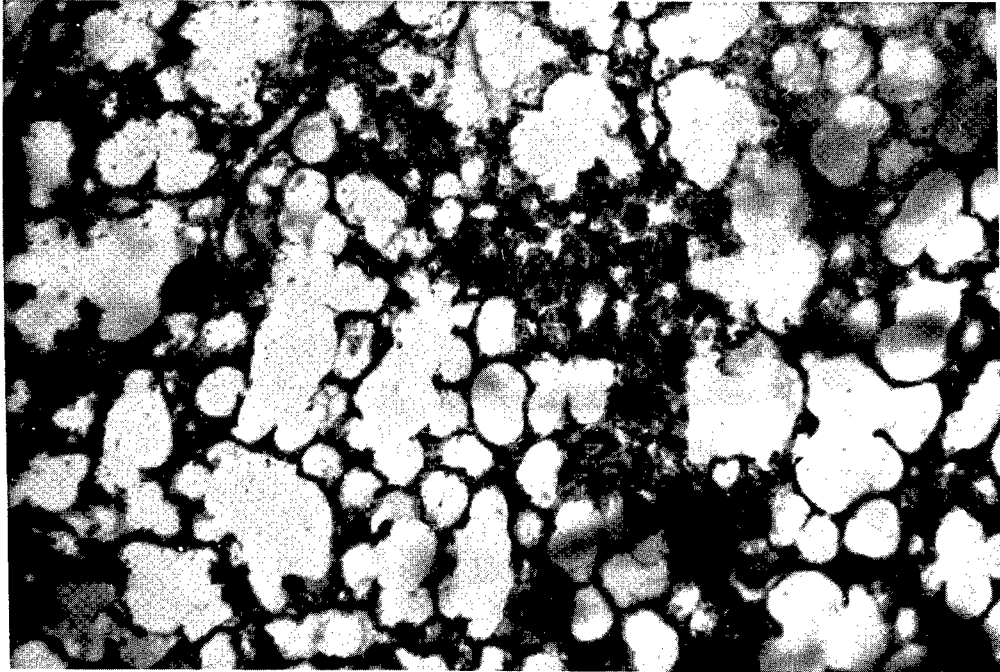


Fig. 12 : Lungenblähung (akutes Emphysem), herdförmige Blutungen. (Vers. Tier 92/II - 3 g Nitropenta - Abstand 11,2 cm - Exitus bis 1 min).

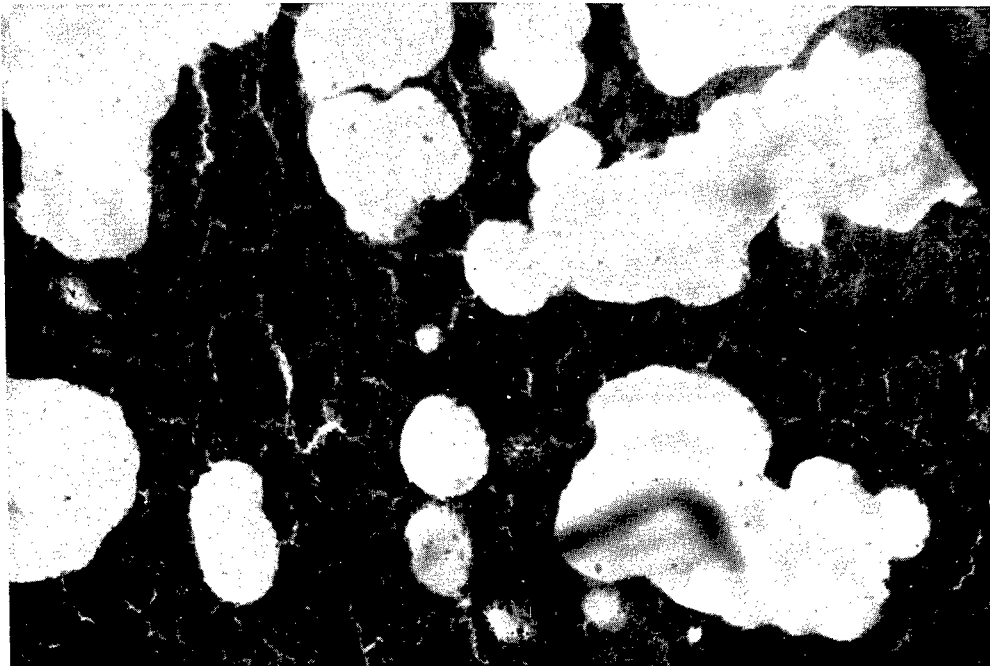


Fig. 13 : Schwere Lungenblutung mit Blähung von Lungenbläschen (akutes Emphysem). (Vers. Tier 95/III - 3 g Nitropenta - Abstand 10 cm - Exitus bis 1 min).

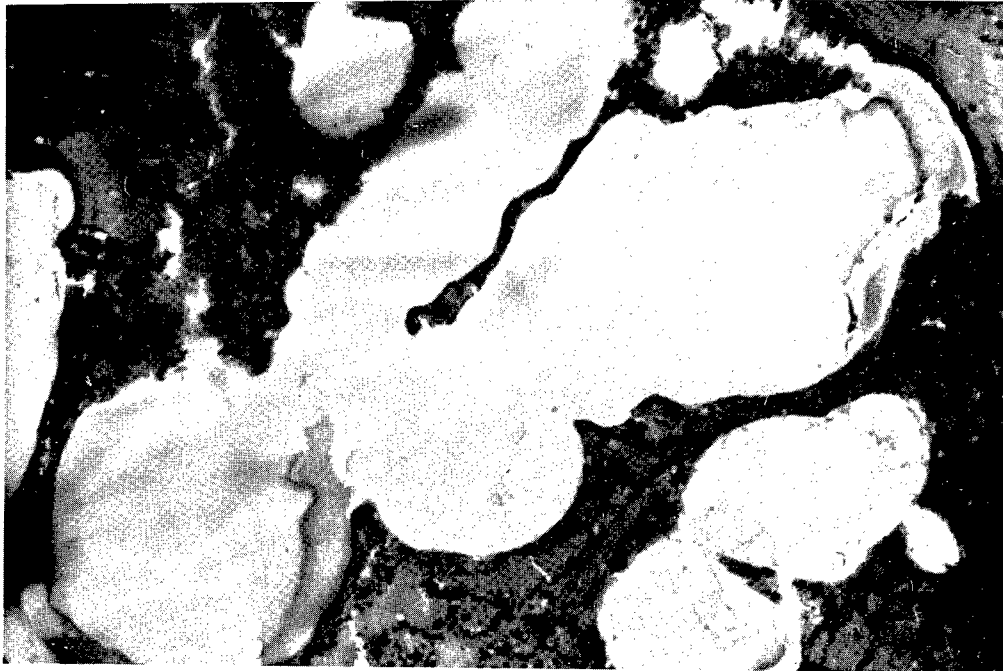


Fig. 14 : Lungenblutung. -Blähung von Lungenbläschen (stärkere Vergrößerung). (Vers. Tier 98/III - 3 g Nitropenta - Abstand 11 cm - Exitus bis 1 min).

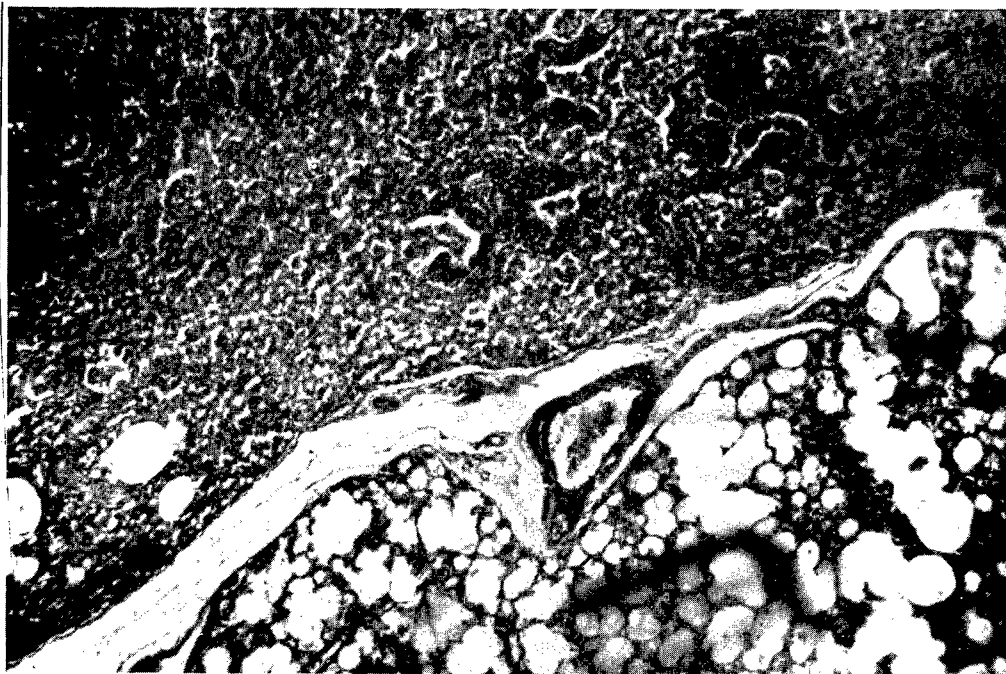


Fig. 15 : Kollabierter Lungenabschnitt (Atelektase), Lungenblähung im benachbarten Gewebe. (Vers. Tier 95/II - 3 g Nitropenta - Abstand 11,2 cm - Exitus bis 1 min).

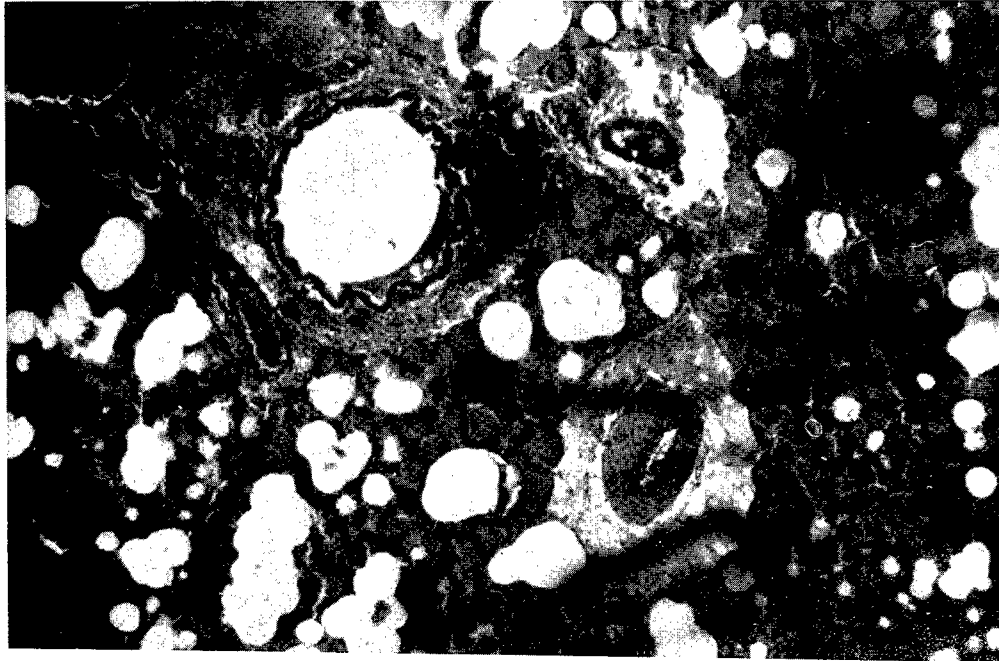


Fig. 16 : Zusammenfließende Lungenblutung mit Blähung von Lungenbläschen, wässrige Durchtränkung des Gewebes um Gefäße und Luftröhrenäste. (Vers. Tier 92/III - 5 g TH 11 - Abstand 18 cm - Exitus nach 3 min.).

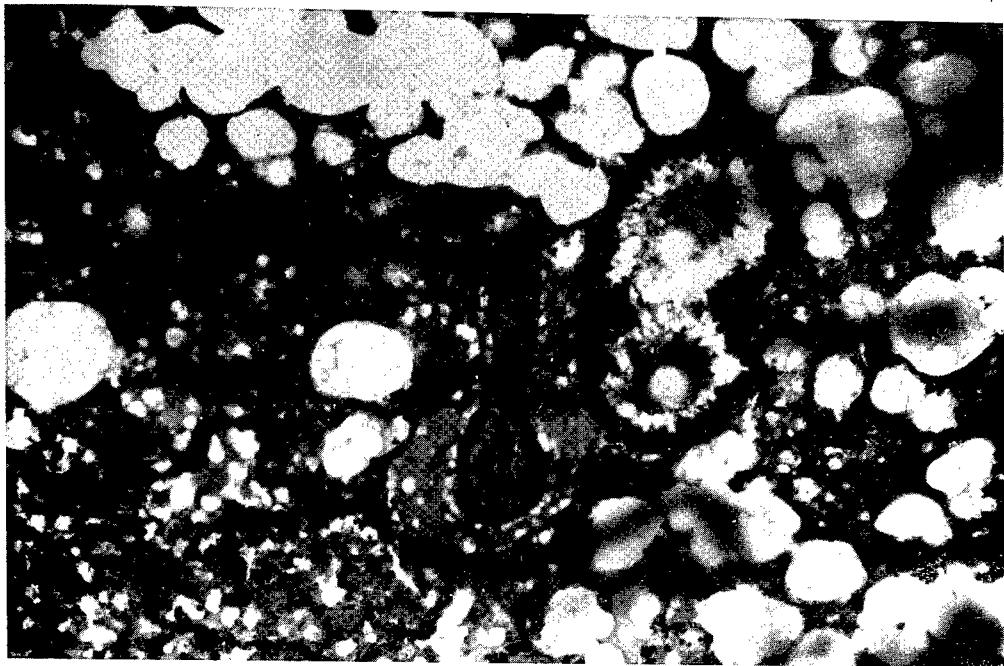


Fig. 17 : Herdförmige Lungenblutung, Blähung von Lungenbläschen, wässrige Durchtränkung des die Gefäße und Luftröhrenäste umgebenden Gewebes. (Vers. Tier 95/IV - 3 g Nitropenta - Abstand 11,2 cm - Exitus nach 2 min.).

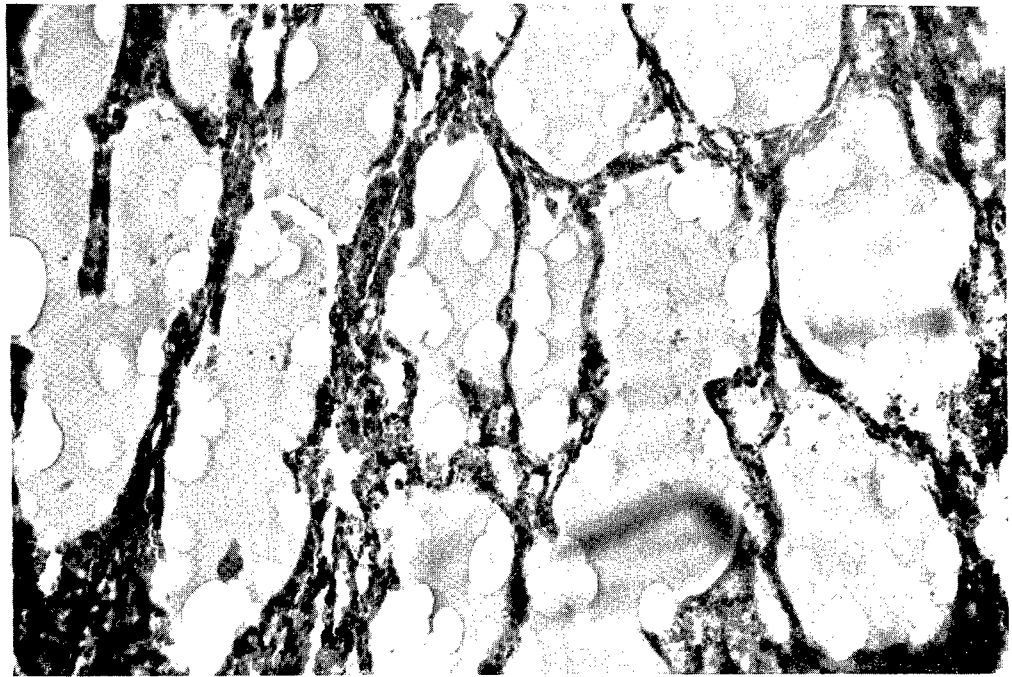


Fig. 18 : Blähung von Lungenbläschen, Ansammlung von eiweißhaltiger Flüssigkeit in den Bläschen (akutes Emphysem, Lungenödem) - stärker vergrößert. (Vers. Tier 95/IV - 3 g Nitropenta - Abstand 11,2 cm - Exitus nach 2 min).

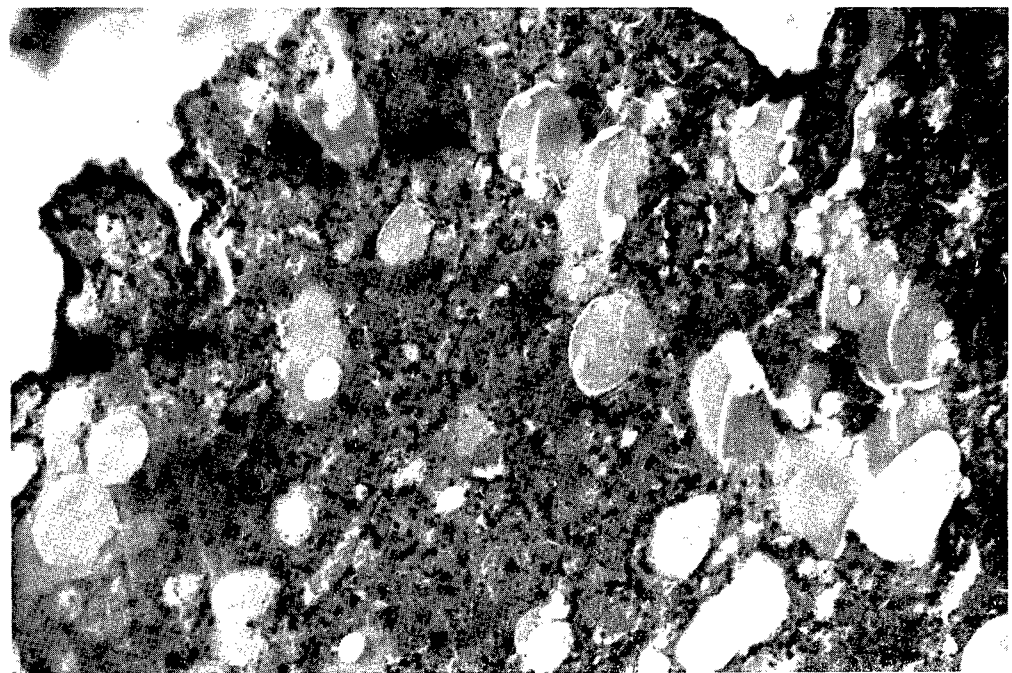


Fig. 19 : Zusammenfließende Blutungen mit Zerstörung des Lungengewebes, Blähung von Lungenbläschen mit Anfüllung eiweißhaltiger Flüssigkeit. (Vers. Tier 98/III - 3 g Nitropenta - Abstand 11 cm - Exitus bis 1 min).