

AGF

BERICHTE

ARBEITSGEMEINSCHAFT FEUERSCHUTZ

Erarbeitung geeigneter Testmethoden,
um die Wirksamkeit von Löschpulvern durch
Laboratoriumsteste feststellen zu können

4

ARBEITSGEMEINSCHAFT DER LANDESDIENSTSTELLEN
FÜR FEUERSCHUTZ IN DEN BUNDESLÄNDERN (AGF)

ARBEITSGEMEINSCHAFT FEUERSCHUTZ

AGF

Forschungsbericht Nr.4

"Erarbeitung geeigneter Testmethoden, um die Wirksamkeit von Löschpulvern durch Laboratoriumsteste feststellen zu können"

von

Dr.-Ing. B.R. Hinrichs †

Dr.-Ing. G. Magnus

Dipl.-Ing. H.G. Werthenbach

Forschungsstelle für Brandschutztechnik
an der Technischen Hochschule Karlsruhe

Karlsruhe
Januar 1967

INHALTSVERZEICHNIS

	Seite
1. Einleitung	1
2. Aufgabenstellung	1
3. Der Löschmechanismus von Trockenlöschpulver	3
4. Die Zusammensetzung der Löschpulver	6
5. Versuchsaufbau	6
6. Versuchsdurchführung und -Auswertung	7
7. Schluss	12
8. Literaturverzeichnis	14
9. Bilder	16

1. EINLEITUNG

Die Prüfung von Trockenlöschpulvern nach ihrer Wirksamkeit beschäftigt schon seit längerer Zeit die Fachwelt. In Deutschland (BRD) besteht für Feuerlöschgeräte und Feuerlöschmittel ein Zulassungszwang [1]. Die mit dieser Zulassung verbundene Prüfung erstreckt sich auf die Feststellung, ob die für die Wirksamkeit des gesamten Gerätes im Interesse der Brandbekämpfung zu fordernden Mindestbedingungen erfüllt sind. Das Gerät wird mit der Füllung an in Normvorschriften festgelegten Prüfobjekten erprobt. Die bei einer solchen Erprobung erzielten Ergebnisse sind nicht auf eine vergleichende Beurteilung ausgerichtet, sondern lassen nur Aussagen darüber zu, ob das Gerät mit seiner Füllung den gestellten Bedingungen entspricht.

2. AUFGABENSTELLUNG

In der Praxis zeigt sich aber mehr und mehr die Notwendigkeit, vergleichende Aussagen über die Löschwirksamkeit von Trockenlöschpulvern machen zu können. Dabei bestehen noch Meinungsverschiedenheiten darüber, ob eine Prüfung an einem Laboratoriumsbrenner mit genügender Sicherheit Aussagen darüber zuläßt, welches Verhalten das zu untersuchende Löschpulver am Brandobjekt zeigen wird.

Die Forschungsstelle ist bei ihren Überlegungen zu dem Ergebnis gekommen, daß beim gegenwärtigen Stande der Erkenntnisse für die Wirkungsweise von Trockenlöschpulvern die Erprobung in kleinerem Modellmaßstab an einer definierten Flamme für einen Vergleich verschiedener Trockenlöschmittel in ausreichender Weise geeignet ist. Die Loslösung der Erprobung von der apparativen Technik des Löschgerätes, die Einstellbarkeit der Flamme im Laboratoriumsgerät, die Möglichkeit, äußere Einflüsse wie Luftbewegung, Veränderungen des Brandverhaltens der Flamme u.a. weitgehend auszuschließen, sind von so weittragender Bedeutung, daß der Versuch unternommen wurde, durch eine weit ausgreifende und möglichst umfassende Versuchsreihe ein bereits von anderer

Stelle erprobtes Versuchsverfahren zu übernehmen. Nach einer Reihe von Vorversuchen wurde erkannt, daß die Ausstoßbedingungen aus der Düse für die Löschwirksamkeit von Bedeutung sind und deshalb die Versuchs- und Prüfungsanordnungen auf diesen Umstand besondere Rücksicht nehmen sollten. Die den praktischen Einsatz beeinflussenden anderen Eigenschaften des Löschpulvers werden bei dieser Versuchsdurchführung nicht erfaßt, jedoch stehen für die Beurteilung dieser Eigenschaften ausreichend erprobte Prüfverfahren zur Verfügung [2]. Es seien hier genannt: Die Prüfung der Rieselfähigkeit, die Feuchtigkeitsaufnahme, toxisches Verhalten, schmirgelnde Eigenschaften auf metallischen Lagerflächen u.a. Die endgültige Bewertung der Eignung eines Trockenlöschpulvers für den praktischen Einsatz sollte aus dieser Summe von Einzeleigenschaften erfolgen. Es wird in diesem Zusammenhang auch noch zu erwägen sein, wie Trockenlöschmittel zu beurteilen sind, welche Bränden mehrerer Klassen gegenübergestellt werden können und die dabei zugunsten dieser universellen Verwendbarkeit gewisse andere Eigenschaften in verringertem Umfang gegenüber "Einklassenlöschmitteln" aufweisen.

Trockenlöschmittel entfalten ihre Wirksamkeit vornehmlich in der Flamme; alle anderen Löschwirkungen treten dieser Aktivität gegenüber zurück. Es ist deshalb naheliegend, eine definierte Gasflamme als Prüf Flamme zu verwenden und dieser Flamme das zu prüfende Löschpulver in weitgehend konstanter Aufbringungsrate zur Prüfung des Löscheffektes gegenüberzustellen. Die Firma Dynamit-Nobel A.G., Werk Feldmühle Lülsdorf, hat eine geeignete Apparatur entworfen und diese in ihrem Laboratorium unter Leitung von Dr. Weitz bereits längere Zeit erprobt.¹⁾

Die Apparatur arbeitet nur mit geringen Pulvermengen und einer kleinen Flamme. Als Kriterium für die Löschwirksamkeit wird diejenige Mindestmenge an Löschpulver angesehen, die für eine sichere Löschung der Brennerflamme ausreicht. Je geringer die Menge ist, desto höher ist die Wirksamkeit des Pulvers zu bewerten.

¹⁾ Für die bereitwillige Überlassung einer solchen Versuchseinrichtung sei hier der Firma Dynamit-Nobel A.G. besonders gedankt.

Dadurch ergibt sich als Nachteil des Prüfverfahrens, daß mit zunehmender Löschkraft die in die Apparatur einzubringende Substanzmenge immer kleiner wird und damit auch die Meßgenauigkeit abnimmt. Bei der Besprechung der Versuchsergebnisse wird auf diesen Umstand noch näher einzugehen sein. Es sei jedoch an dieser Stelle bereits vermerkt, daß sich bei der Auswertung eine Möglichkeit ergibt, von diesen Toleranzen unabhängig zu werden.

3. DER LÖSCHMECHANISMUS VON TROCKENLÖSCHPULVER

Es erscheint notwendig, eine grundsätzliche Betrachtung über den Stand der Erkenntnisse über den Löschmechanismus von Trockenlöschpulvern dem Bericht über die Durchführung der Arbeiten voranzustellen. Das Löschen eines Feuers beruht auf der Unterbrechung der exothermen Reaktion zwischen dem Brennstoff und der Luft als dem nahezu überall vorhandenen Oxydationsmittel. Die Reaktion findet nur in Gasform statt. Entzieht man dem exotherm verlaufenden Oxydationsvorgang Wärme, so kann die Unterbrechung des fortlaufenden Vorganges durch Kühlung eintreten. Greift man in den stufenweise ablaufenden Oxydationsvorgang mit chemischen oder physikalischen Mitteln ein, so spricht man von einer Löschung durch antikatalytischen Effekt. Bei der Reaktion in der Flamme treten Zwischenprodukte auf, die sich in ihrer chemischen Zusammensetzung von den Endprodukten der Verbrennung unterscheiden. Diese Zwischenprodukte enthalten in gewissem Umfang Peroxide, Kohlenoxid und Wasserstoff. Es konnte nun nachgewiesen werden, daß die Löschpulver diese Zwischenprodukte zerstören oder ihre Entstehung verhindern. Für die Löschwirkung kommt es auf die Zahl der Abbruchreaktionen in der Flamme an. Diese Abbruchreaktionen sind an die in der Flammenzone vorhandenen festen Pulverteilchen gebunden. Bei gleichem Pulvergewicht wird daher ein feinkörniges Pulver wegen der großen Zahl von Pulverteilchen eine bessere Löschwirkung aufweisen als ein solches mit gröberer Körnung.

Bild 1 zeigt die Abhängigkeit der Löschwirkung von der Teilchengröße nach der Veröffentlichung der Fa. Solvay & Cie., Brüssel, [3, S. 324]. Hierin wird die Löschwirkung als PEC (Pouvoir Extincteur Conventionnel) bezeichnet. Die Löschwirkung ist auf

die Anzahl der mit 10 Gramm Pulver bei einer bestimmten Flamme bewirkten Löschungen bezogen.

Bezeichnet man mit x die Anzahl der in der Flamme wirksamen Pulverteilchen unter Annahme einer kugelförmigen Gestalt und ihren Durchmesser mit d , so ist das zur Löschung notwendige Pulvergewicht:

$$G_L \sim x d^3 \quad . \quad (1)$$

Die entsprechende Pulveroberfläche O_L ist dann

$$O_L \sim x d^2 \quad . \quad (2)$$

Setzt man nun die Löschwirksamkeit etwa proportional der Oberfläche an, so muß diese bei verschiedenen Teilchendurchmessern bei Löschung einer bestimmten Flamme konstant sein. Die Beziehung zwischen notwendiger Pulvermenge G_L und dem Teilchendurchmesser d unter der Annahme einer konstanten Wirkungsoberfläche ergibt sich dann zu

$$G_L \sim d \quad , \quad (3)$$

d.h. die notwendige Pulvermenge für eine Löschung ist proportional dem Teilchendurchmesser. Dieser Zusammenhang findet durch die im Bild 1 aufgetragenen Versuchswerte seine Bestätigung.

Zwischen der Löschwirkung PEC und dem Löschpulvergewicht G_L besteht nach der gleichen Literaturstelle die Beziehung

$$PEC = \frac{10}{G_L} \quad . \quad (4)$$

Zwischen der Löschkraft und dem zu einer Löschung notwendigen Pulvergewicht ergibt sich demnach ein ebenso einfacher Zusammenhang wie zwischen dem erforderlichen Gewicht und dem Teilchendurchmesser d (siehe Bild 2).

Da das Löschpulver in der Praxis aber nicht einer stets gleichmäßig brennenden Flamme entgegengestellt wird und außerdem noch äußere Einflüsse auf die aus dem Löschmundstück austretende Pulverwolke einwirken, kann die gegebene Beziehung nicht ohne weiteres auf die praktische Anwendung übertragen werden.

Für die Zahl der Abbruchreaktionen ist ferner die Dichte der Pulverwolke von Bedeutung, welche die Flamme durchsetzt, die aber von der Ausstoßrate im Mundstück in der Zeiteinheit abhängt. Durchsetzt man die Flamme mit gerade so vielen Löschpulverteilchen, daß sämtliche Reaktionen in der Flammenzone abgebrochen werden, so wird die Flamme schlagartig erlöschen, vorausgesetzt, daß keine Rückzündung der nunmehr nicht mehr brennenden, aber brennbaren Gase durch äußere Umstände bewirkt wird. Diese Rückzündung steht aber hier außer Betracht. Wird weniger Löschpulver in die Flamme eingeführt als zum vollständigen Reaktionsabbruch notwendig ist, so wird die Flamme mit verminderter Intensität weiterbrennen. Dabei kann folgende Entwicklung eintreten: Durch die Verminderung der Flammenintensität werden aus festen oder flüssigen Brennstoffen weniger Gase entwickelt und die ausströmende Löschmittelmenge kann die durch den verminderten Brennstoffnachschub abnehmende Flamme löschen. Für die verwendete Versuchsanordnung, die einen mit konstanter Gaszufuhr arbeitenden Brenner aufweist, kann diese Überlegung allerdings nicht angestellt werden, sondern man erhält einen Mindestwert von Pulverteilchen, die gerade noch zur Löschung der Versuchsflamme ausreichen. Dieser Wert wird als Mindestlöschmenge bezeichnet. Die Bilder 3, 4 und 5 zeigen den Einfluß der Löschmittelrate auf die zum Löschen der Flamme benötigte Zeit, während Bild 6 die optimale Löschpulverrate erkennen läßt, d.h. diejenige Löschmittelmenge in der Zeiteinheit, welche den geringsten Pulververbrauch für die Löschung ergibt [3, S. 325], [4, S. 766], [5, S. 105]. Die in den Bildern 3 bis 6 gezeigten Meßergebnisse wurden an Flüssigkeitsbränden ermittelt.

4. DIE ZUSAMMENSETZUNG DER LÖSCHPULVER

Bei der Beurteilung von Prüfverfahren für Löschpulver muß auch deren Zusammensetzung einer kurzen Betrachtung unterworfen werden. Bei der Zusammensetzung der Löschpulver wurde in den zurückliegenden Jahren das Natriumbicarbonat als Basis verwendet. In letzter Zeit wird in zunehmendem Maße das löschwirksamere Kaliumbicarbonat von den Herstellern eingesetzt. Hinderungsgrund für den bevorzugten Einsatz des Kaliumbicarbonats ist zur Zeit noch der Preis. Löschpulver für mehrere Brandklassen werden vom Verbraucher gewünscht. Auf die Hersteller wird deshalb ein starker Druck ausgeübt, diese sogenannten ABC-Pulver auf den Markt zu bringen. Diese Pulver werden auf der Basis von Ammonsulfaten bzw. Alkaliphosphaten aufgebaut, wozu noch stickstoffhaltige Polykondensate kommen [6, S.309-312], [7]. Den Grundsubstanzen werden je nach der Rezeptur des Herstellers noch Zusätze zugefügt, welche insbesondere die hygroskopischen Eigenschaften der Pulver abmindern oder ausgleichen sollen. Die zur Hydrophobierung bisher üblichen Metall-Stearate und -Palmitate werden neuerdings durch hydrophobe Kieselsäure ersetzt, weil die vorgenannten Fette oder Wachse beim Zusammentreffen mit Löschschaum diesen nachteilig beeinflussen und in der Praxis eine möglichst gleichzeitige Anwendung verschiedener Löschverfahren (Pulverangriff zum Ausschlagen der Flamme, Schaumangriff zum Abdecken des Brandherdes) erwünscht ist. Durch Zusatz von Silikaten und Carbonaten verschiedener Arten kann die Rieselfähigkeit des Pulvers und damit die Fördermöglichkeit in geschlossenen Leitungen verbessert werden. Die vorstehende Aufzählung der Beimischungen erhebt keinen Anspruch auf Vollständigkeit, und es ist zu erwarten, daß neue Rezepturen auf den Markt kommen werden.

5. VERSUCHSAUFBAU

Die im nachfolgenden beschriebene, für die Versuche benutzte Apparatur ist in ihrem Aufbau grundsätzlich zur Prüfung aller Pulvermischungen geeignet und es ist keine Bevorzugung eines

bestimmten Pulvertyps durch die Apparatur zu erwarten.

Bild 7 zeigt das Schema der, wie bereits in Abschnitt 2 erwähnt, von der Dynamit-Nobel entwickelten Apparatur, die in gleicher Weise für die vorliegenden Versuche verwendet wurde. In einem besonders gestalteten Brenner wird eine reproduzierbare Diffusionsflamme aus handelsüblichem Propan-Butangemisch erzeugt. Um diese Flamme stabil zu erhalten, strömt das Gas aus einer großen Zahl enger Bohrungen aus. Der Brenner 1 ist in seinem unteren Teil durch einen Kühlmantel 2 gekühlt. Der Gasstrom wird über eine Kapillare 3 und mit Hilfe eines U-Rohrmanometers 4 durch den Regler 5 auf eine Durchflußmenge von etwa 0,5 l/min eingeregelt. Die Löschpistole 6 ist aus Pyrexglas angefertigt. In die untere Zuführung ist zur Regelung der Austrittsgeschwindigkeit des Treibgases ein Kapillarrohr 7 von 3 mm l.W. eingeschmolzen. In das anschließende 6 mm weite Rohrstück wird das Muster des Löschpulvers eingebracht. Als Treibgas wurde Luft verwendet. Das Volumen des Speicherbehälters 8 beträgt 1 dm³. Der Druck im Behälter wird auf 1 atü eingeregelt und durch das Manometer 9 überwacht.

Der Ausstoß des Löschpulvers aus der Löschpistole 6 wird durch Auslösung der Sperrklinke 10 eingeleitet. Um den Ausstoßvorgang möglichst gleichmäßig zu gestalten, wird dabei der Kugelhahn 11 durch die Zugfeder 12 nach der Auslösung geöffnet. Brenner und Löschpistole liegen in dem von einem Ventilator 13 mit einer Förderleistung von etwa 85 m³/h Leistung erzeugten gleichförmigen Luftstrom. Dieser Luftstrom führt die Verbrennungsgase und die Pulverwolke nach oben ab. Der Abstand zwischen Brenneroberkante und Unterkante des Absaugestutzens bzw. der Oberkante der Löschpistole wurde auf 160 bzw. 765 mm eingestellt. Diese beiden Abstände konnten durch Verschieben des Brenners verändert werden. Sie wurden aber während einer Versuchsserie konstant gehalten.

6. VERSUCHSDURCHFÜHRUNG UND -AUSWERTUNG

Auf einer Feinwaage wird die zu prüfende Löschpulvermenge abgewogen und in einen kleinen Behälter abgefüllt. Nach dem Ein-

schalten des Abzuges und dem Spannen des Kugelhahnes wird die eingewogene Menge Löschpulver in die Löschpistole gefüllt und der Luftdruck im Behälter auf 1 atü eingestellt. Die Flamme wird gezündet und nachdem der Gasstrom eingeregelt ist, kann die Sperrklinke zur Auslösung des Löschvorganges betätigt werden.

Es hat sich gezeigt, daß die Pulverprobe mit besonderer Sorgfalt ohne stärkeres Schütteln oder Klopfen in die Löschpistole eingebracht werden muß, weil die Ladungsdichte den Löschvorgang beeinflussen kann. Die Probemenge sollte 2 g zweckmäßigerweise nicht überschreiten, um dem zur Verfügung stehenden Treibgasdruck von 1 atü bei gleichbleibendem Behältervolumen zu entsprechen. Die Kühlung des Brenners erscheint nur dann notwendig zu sein, wenn längere Versuchsreihen rasch hintereinander abgewickelt werden sollen. Es wurde stets darauf geachtet, daß der Brenner nicht mehr als handwarm wurde (ca. 40°C).

Von jeder Pulversorte wurden 20 gleiche Einwaagen mit möglichst großer Genauigkeit hergestellt und die mit ihnen bewirkte Anzahl der Löschungen festgehalten. Die auf 20 Versuche bezogene Zahl der Löschungen wurde dann in Prozent ausgedrückt. Je 20 Versuche ergeben daher nur einen Meßpunkt. Wenn für eine Pulvermenge in einem Diagramm mehrere Punkte eingezeichnet sind, so ist jeder Wert durch 20 Einzelversuche entstanden.

Um die Versuchsapparatur auf ihre Eignung für die Beurteilung verschiedenartiger Löschpulver zu untersuchen, wurden aus handelsüblichen Löschpulvern Proben gezogen. Diese Proben wurden mit großen lateinischen Buchstaben bezeichnet. Dabei wurden diese Buchstaben nach den Bezeichnungen der Herstellerfirmen verteilt, d.h. ein von einer Herstellerfirma unter einer bestimmten Bezeichnung vertriebenes Mittel erhält den gleichen Buchstaben, unabhängig von einer eventuellen Zusammensetzungsänderung des Pulvers. Durch diese Art der Bezeichnung kann auch der Fall eintreten, daß zwei Pulver gleicher Zusammensetzung unter verschiedenen Bezeichnungen auch verschiedene Kennbuchstaben erhalten. An die Kennbuchstaben wurde als weiteres Unterscheidungsmerkmal das Auslieferungsjahr und teilweise der Auslieferungsmonat des

betreffenden Pulvers angefügt, soweit sich diese Daten feststellen ließen. Die Unsicherheiten dieser Datenbestimmung wurden bewußt mit in Kauf genommen, da bei Bewährung der Meßmethode und der Testapparatur gleichartige Pulver auch gleichartige Ergebnisse zeigten mußten.

Auf den Bildern 8 bis 40 sind die Meßergebnisse dargestellt. Zunächst zeigen die Kurven, daß in dem untersuchten Bereich die Anzahl der Löscherfolge eine lineare Funktion der eingesetzten Pulvermenge ist, d.h. alle zusammengehörigen Meßpunkte liegen auf einer Geraden, wobei die durch Extrapolation ermittelten Kurvenverläufe gestrichelt eingetragen sind. Bemerkenswert ist dabei, daß sich innerhalb der Meßwertstreuung nur zwei Richtungskoeffizienten für alle Geraden einstellen. Auch der "Blindversuch" mit einem neutralen "Löschpulver", nämlich pulverisierter Kreide, ergibt eine Gerade, deren Steigung einem dieser beiden Richtungskoeffizienten entspricht. Die Neigung dieser Geraden zur Abszisse wird mit a bzw. b bezeichnet. Die Versuche bestätigten ferner die Annahme, daß eine kritische Pulvermenge P_{\min} als die unterste Grenze der Löschmöglichkeit deutlich feststellbar ist, ebenso wie eine 100%ige Löschung ab einer bestimmten Pulvereinwaage P_{opt} eintritt.

In Bild 41 sind für das Löschpulver A, von dem Proben aus den Jahren 1951-1966 verfügbar waren, die ermittelten Geraden zusammengestellt. Deutlich ist eine etwa um das Jahr 1960 eingetretene Veränderung in der Löschkraft des stets unter gleicher Bezeichnung vertriebenen Pulvers feststellbar. Wenn die Ergebnisse des Löschversuchs mit pulverisierter Kreide aus Bild 40 in Bild 41 eingetragen werden (strichpunktierte Linie), so ergibt sich eine vollständige Übereinstimmung mit der festgestellten Löschwirkung eines Pulvers etwa aus dem Jahre 1956/57. In Bild 42 sind die Unterschiede im Löschvermögen der verschiedenen Pulverarten zusammenfassend dargestellt. Die für die 100%ige Löschwirkung erforderliche Löschpulvermenge wurde über dem Auslieferungsjahr des Löschpulvers aufgetragen. Aus dem Verhalten des Löschmittels A wurde die ausgezogene Linie ermittelt. Wie in Bild 41 ist auch hier eine Veränderung im Löschverhalten etwa um das Jahr 1960 ersichtlich. Soweit das Datum der Auslieferung

für die weiteren Löschpulver zu ermitteln war, sind die Daten an der entsprechenden Stelle eingetragen. Aus den Bildern 41 und 42 ist deutlich eine Abhängigkeit zwischen dem Alter des Löschpulvers und seiner Löschkraft zu erkennen. Auf eine Erklärung dieses Umstandes soll an dieser Stelle und in diesem Zusammenhang verzichtet werden. Die beigegefügte Auswahl aus einer großen Zahl mikroskopischer Aufnahmen der verschiedenen Pulver (Bild 43 bis 52) läßt gewisse Unterschiede deutlich erkennen. Diese Beurteilung erstreckt sich auf die Form und die Größe der Pulverteilchen sowie auf ihre Kongglomeration.

Die bisherigen Erkenntnisse über den Löschvorgang lassen voraussetzen, wie bereits ausgeführt, daß die Pulveroberfläche diesen wesentlich beeinflußt. Die Bilder zeigen deutlich, daß eine Oberflächenvergrößerung bezogen auf das Pulvergewicht bei den untersuchten Pulvern im Laufe der Zeit eingetreten ist. Sie bestätigen daher die mit der Versuchsanordnung ermittelten Ergebnisse. Weiterhin ist bekannt, daß gut ausgebildete Kristalle eine bessere Löschwirkung als schlecht gewachsene oder zerstörte Kristalle zeigen [8, S.16]. Auch für diese Feststellung können die Bilder herangezogen werden. Dagegen kann keine Feststellung über die während der Lagerung der Pulver durch "Alterung" eingetretenen Veränderungen getroffen werden, da entsprechende Vergleichsproben nicht vorhanden waren.

Über die Meßgenauigkeit der verwendeten Apparatur ist Folgendes auszuführen: Aus den Bildern 8 bis 40 ist zu erkennen, daß die ermittelten Versuchswerte zum Teil erheblich streuen. Die geringe Einsatzmenge an Pulver und die Empfindlichkeit der kleinen Prüf- flamme scheinen dafür verantwortlich zu sein. Der Aufwand von 20 einzelnen Messungen für einen Meßpunkt sollte in jedem Fall getrieben werden. Es ist jedoch durch Erhöhung der Versuchsmessungen möglich, die statistische Auswertbarkeit noch zu verbessern. Nachdem sich allerdings ergeben hat, daß die Meßpunkte durch eine Gerade verbunden werden können, lassen sich die Streuungen der Meßwerte befriedigend ausgleichen. In den Bildern 8, 17, 29, 38 und 40 zeigen sich bei der Auswertung mehrere parallel verlaufende Geraden. Diese Abweichungen werden auf Veränderungen der Meßbedingungen bei der Einstellung der Versuchsanordnung zurückgeführt, die sich, da die Versuche an verschiedenen Tagen durchgeführt wurden, unbemerkt

eingestellt haben müssen. Trotzdem ist aber der charakteristische Verlauf der "Kennlinie" erhalten geblieben.

Die Wirkung eines Trockenlöschpulvers auf eine Diffusionsflamme in Abhängigkeit von der chemischen und physikalischen Beschaffenheit des Pulvers ist mit dem beschriebenen Versuchsgerät gut nachzuweisen. Die erzielten Ergebnisse können ohne Schwierigkeit statistisch ausgewertet werden, jedoch geht die bei der Prüfung verwendete Pulvermenge ebenso wie die zum Ausstoß des Pulvers verwendete Treibgasmenge mit großem Einfluß in die Meßergebnisse ein. Während die Konstanthaltung der Treibgasmenge verhältnismäßig einfach zu beherrschen ist, verursacht die Eingabe des Löschpulvers, die nach Gewicht erfolgt, hinsichtlich der Genauigkeit einige Schwierigkeiten. Mit abnehmendem Gewicht wächst die Ungenauigkeit an. Durch die große Zahl der Einzelmessungen gleichen sich aber Fehler in statistischer Weise aus. Zu diskutieren ist noch der Einfluß der Aufgaberate, weil das Volumen des in der Zeiteinheit der Flamme gegenübergestellten Löschpulvers nach den Ausführungen im Abschnitt 3 den Löschvorgang bestimmt. Da der Brenner im Gerät kühl gehalten wird und die Prüf Flamme eine Gasflamme ist, tritt eine Wärmeübertragung vom Brenner oder vom Brennstoff her nicht ein (Rückzündung). Die Aufgaberate wird für eine bestimmte Pulvermenge durch die gleichgehaltene Öffnungsgeschwindigkeit des Kugelhahnes und durch das durch den Vorbehälter gegebene, gleichbleibende Treibgasvolumen in befriedigender Weise konstantgehalten. Wie vorher bei den Mengenabweichungen verteilen sich etwa auftretende Fehler bei der großen Zahl der durchgeführten Messungen nach statistischen Gesetzen. Dies läßt den Vergleich zwischen zwei zu prüfenden Mustern mit ausreichender Genauigkeit zu.

Die mit der Versuchsapparatur ermittelten Werte über die Löschkraft oder den Löscherfolg eines Pulvers sind stets auf diese zu beziehen. Eine absolute Aussage sowie ein Vergleich mit Kennwerten, die auf andere Weise ermittelt wurden, ist nicht möglich. Wenn man also zu bewertenden Vergleichsaussagen kommen will, muß das hier beschriebene Meßverfahren allen Diskussionen über die Qualität der Löschpulver zugrunde gelegt werden. Es ist notwendig, diese Feststellung den Betrachtungen über die Aus-

wertbarkeit voranzustellen. Die lineare Abhängigkeit zwischen der Pulvereinwaage und dem jeweils erzielten Löscherfolg stellt sich, wie gezeigt wurde, auf linear geteilten Koordinaten als eine Gerade dar und ergibt damit eine einfache grafische Auswertung der Versuchsergebnisse. Die Firma Solvay in Brüssel hat die Ergebnisse, welche mit dem von ihr entwickelten Gerät [3, S.323] erzielt wurden, in logarithmischer Teilung über dem zehnfachen Reziprokwert der Pulvereinwaage aufgetragen (Bild 53) [9, S.320]. Die hier gewählte und die von Solvay gewählte Darstellung sind mathematisch nicht identisch. Werden die von Solvay ermittelten Geraden in die hier verwendete grafische Darstellung eingetragen (Bild 54), so kann festgestellt werden, daß sich für Probenmengen bis zu etwa 2 g auch in dieser Darstellung wieder Geraden ergeben. Die in dieser Arbeit gewählte einfachere Darstellung ist daher gerechtfertigt, zumindestens so lange, bis weitere Erkenntnisse über den Löschvorgang gewonnen worden sind.

7. SCHLUSS

Die Versuchsapparatur kann zur Durchführung von Vergleichsversuchen sowie zur Beurteilung der chemischen und physikalischen Zusammensetzung des Pulvers in bezug auf die Wirksamkeit dieser Zusammensetzung auf die Flammenlöschung herangezogen werden. Absolut gültige Kennwerte können mit der Apparatur jedoch nicht ermittelt werden. Das scheint jedoch für die vorliegende Aufgabe - Testmethoden, die im Laboratorium anwendbar sind - nicht notwendig zu sein. Es kann nicht Zweck eines Laboratoriumsgerätes sein, allgemein gültige Aussagen über das Verhalten eines Löschpulvers unter den Bedingungen eines wirklichen Brandfalles zu ermöglichen. Auf der Brandstelle wirken noch äußere Faktoren mit ein, die sich einer laboratoriumsmäßigen Darstellung entziehen. Da außerdem verschiedene Brennstoffe ein jeweils ihnen eigenes Brandverhalten zeigen, ergeben sich weitere Veränderliche für die Wirksamkeit eines Löschpulvers. Zur Beurteilung eines Löschpulvers genügt es, seine Anwendbarkeit gegenüber einem möglichst breiten Spektrum von Einsatzfällen heranzuziehen und außerdem einen Vergleich von verschiedenen Pulvern untereinander an einem

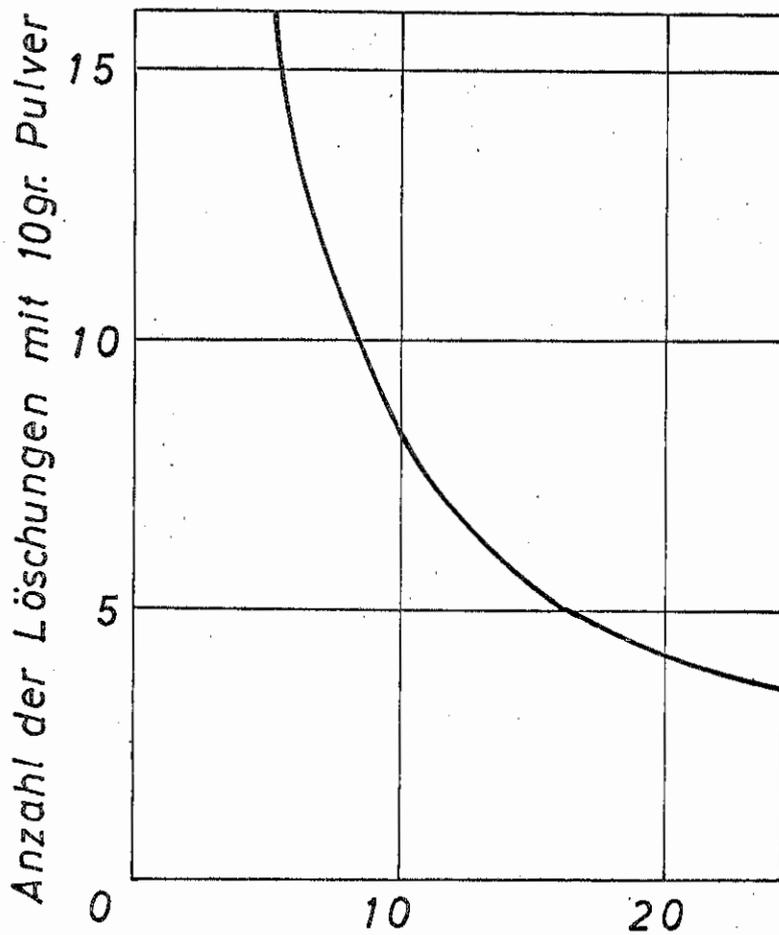
definierten Brandobjekt, wie es der Versuchsbrenner der beschriebenen Apparatur darstellt, durchzuführen.

Eine große Zahl von Versuchen, die mit der Apparatur ausgeführt wurden, hat gezeigt, daß die Meßwerte eine gute Abstufung ergaben, und ein Vergleich durchaus möglich ist. Die gewonnenen Vergleichswerte scheinen auch den Unterschieden zwischen den bei der praktischen Brandbekämpfung empirisch ermittelten Daten zu entsprechen. Das geht schon daraus hervor, daß die Versuchsapparatur neuentwickelte Löschpulver als wirksamer im Vergleich zu nach älteren Rezepturen hergestellten Löschpulvern ermittelt hat. Die Bemühungen der einschlägigen Industrie um Verbesserung ihrer Pulver waren also mit der Apparatur deutlich festzustellen.

8. LITERATURVERZEICHNIS

- [1] Ordnungsbehördliche Verordnung über Feuerlöschmittel und tragbare oder ohne eigenen Kraftantrieb fahrbare Feuerlöschgeräte vom 1.8.1956 (GS. NW 1956, S.674) und gleichnamige Verordnungen der übrigen Länder der Bundesrepublik Deutschland und des Landes Berlin.
- [2] Schreiber, H.:
Die Trockenlöschpulver - ihre Zusammensetzung, Löschwirkung und Prüfung.
Unser Brandschutz, Wissensch. Beilage 4/1966, S.74-84.
- [3] Dessart, H. et Malarme, L.:
Les modèles reduit comme moyens d'appréciation de l'efficacité extinctrice des poudres BCE.
In: 2.Internationales Brandschutz-Seminar, Band II: Modellbrandtechnik, Löschmittel und Lösungsverfahren. Referate und Diskussionsbeiträge.
Hrsg. von der Vereinigung zur Förderung des Deutschen Brandschutzes e.V. - VFDB 1964. S. 137-145 und 323-329.
- [4] Hird, D. and Gregsten, M.J.:
Particle size and the efficiency of dry powders.
Fire Protection Review, London, 19 (1956), S. 766.
- [5] Lee, T.G. and Robertson, A.F.:
Effectiveness of some powdered materials in extinguishing hydrocarbon fires.
In: International Symposium on the use of models in fire research.
Ed. by National Academy of Sciences - National Research Council. Washington 1961. Publication 786, S. 93-112.

- [6] Scheichl, L.:
Brandlehre und chemischer Brandschutz. 2.Auflage.
Heidelberg: Dr. Alfred Hüthig Verlag GmbH. 1958.
- [7] Friedrich, M.:
Untersuchungen über das Verhalten und die Wirkungs-
weise verschiedener Trockenlöschmittel.
Forschungsbericht des Landes Nordrhein-Westfalen
Nr.1168. Köln und Opladen: Westdeutscher Verlag 1963.
- [8] Friedrich, M.:
Wirkungsweise von Trockenlöschmitteln.
Karlsruhe, Technische Hochschule, Fakultät für
Natur- und Geisteswissenschaften, Dr. rer. nat.-
Dissertation, 1959.
- [9] Mark, W.:
Problematik der Trockenpulver-Prüfmethoden.
In: 2.Internationales Brandschutz-Seminar, Band II:
Modellbandtechnik, Löschmittel und Löschverfahren.
Referate und Diskussionsbeiträge.
Hrsg. von der Vereinigung zur Förderung des Deutschen
Brandschutzes e.V. - VFDB 1964. S. 123-133 und
S. 319-322.



Durchschnittliche Korngr. (Blaine) μ

Bild 1. Abhängigkeit der Löschwirkung von der Teilchengröße (nach [3]).

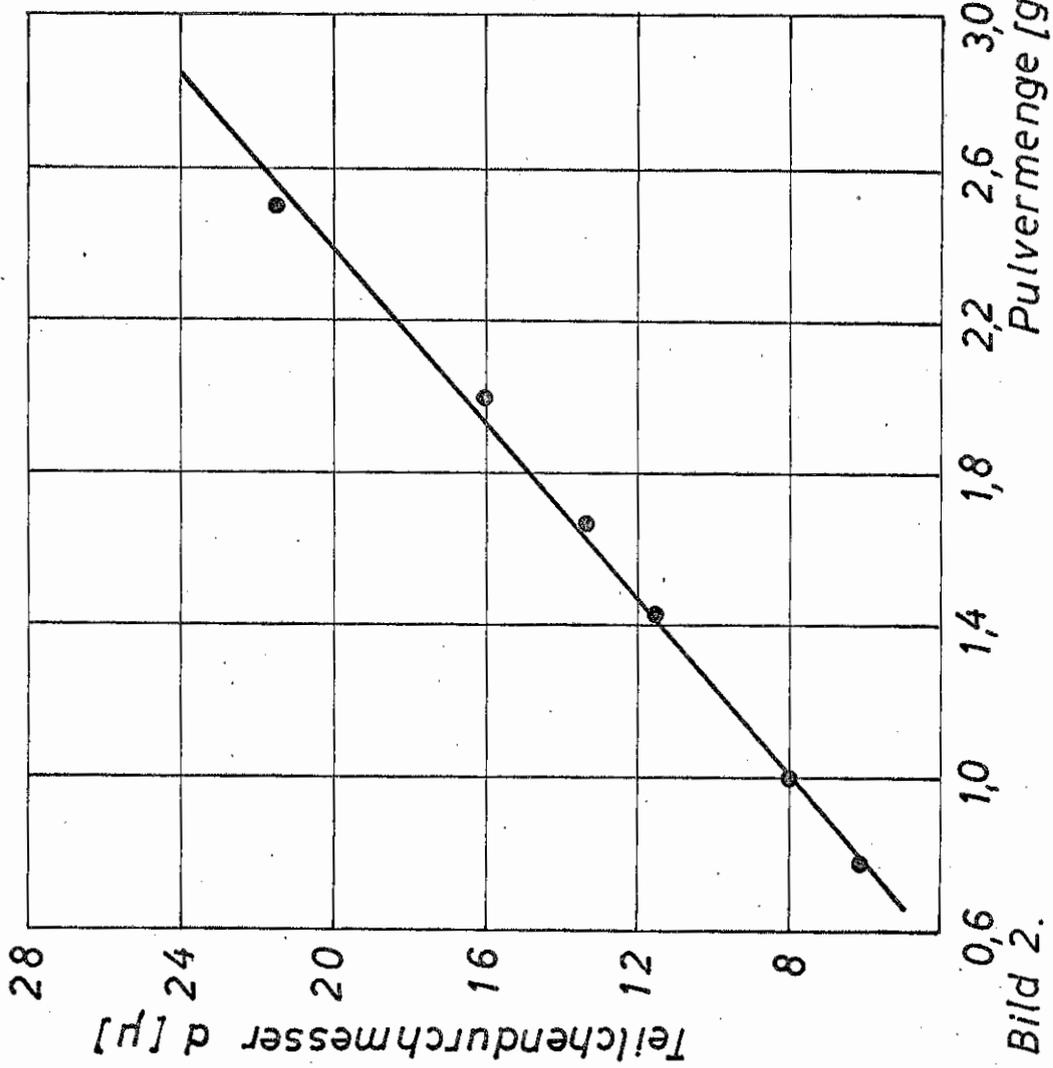


Bild 2.
Zusammenhang zwischen Pulvermenge und Teilchen-
durchmesser für 100 % Löschwirksamkeit (nach[3]).

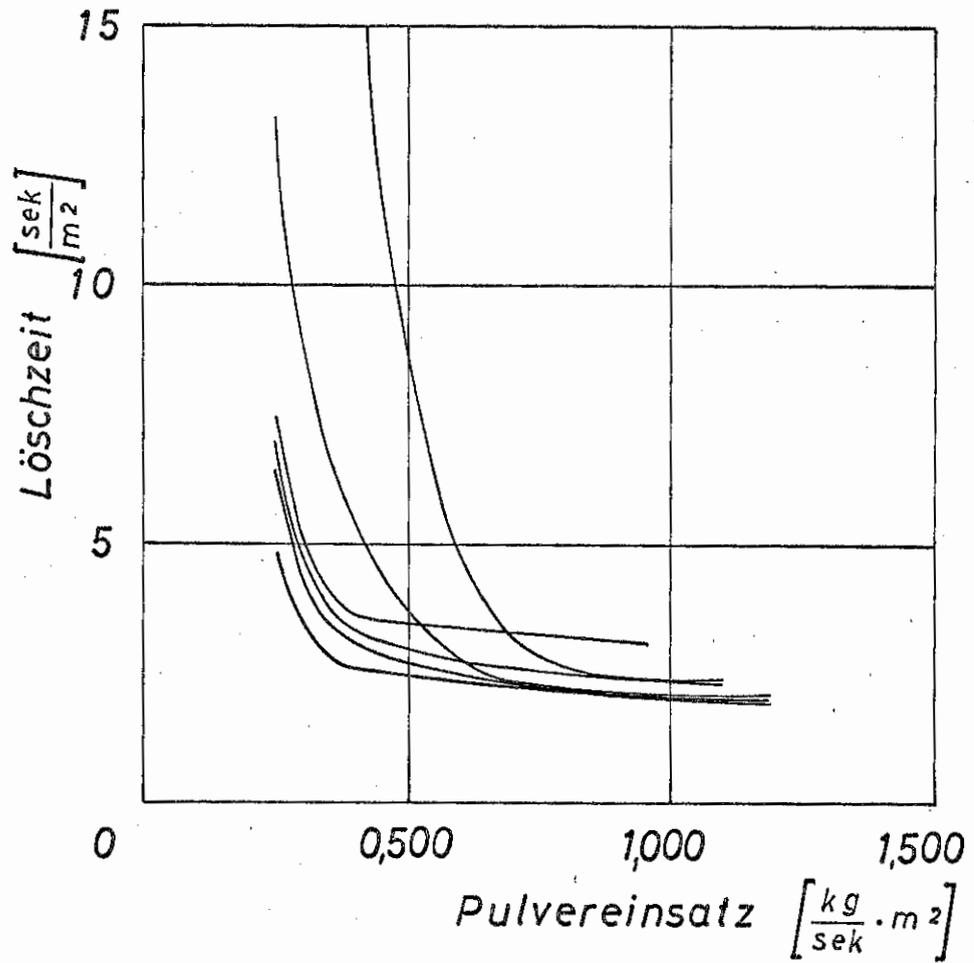


Bild 3. Löschzeit eines Feuers von 1m^2 Grundfläche bei verschiedenem Pulvereinsatz und verschiedenen Pulvern (nach [3, s. 325])

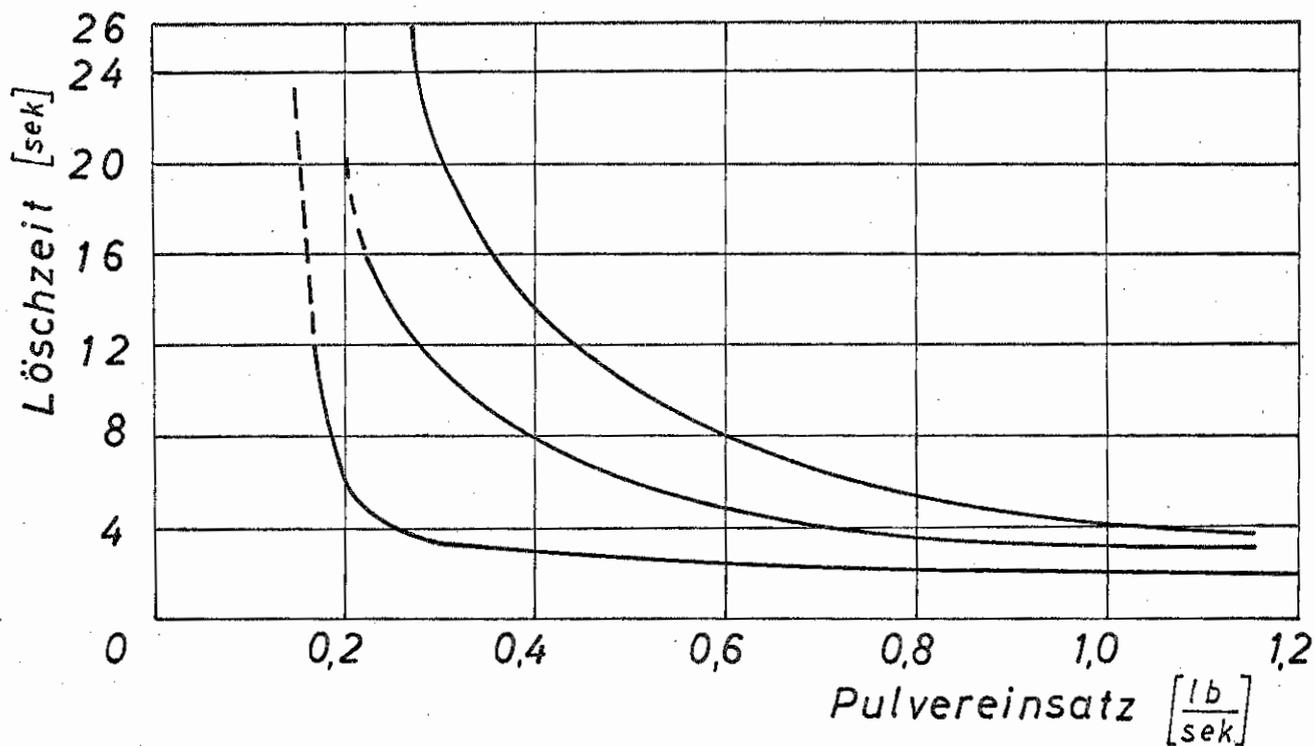


Bild 4. Einfluss der Pulveraufgaberate auf die Löszeit (nach[4]).

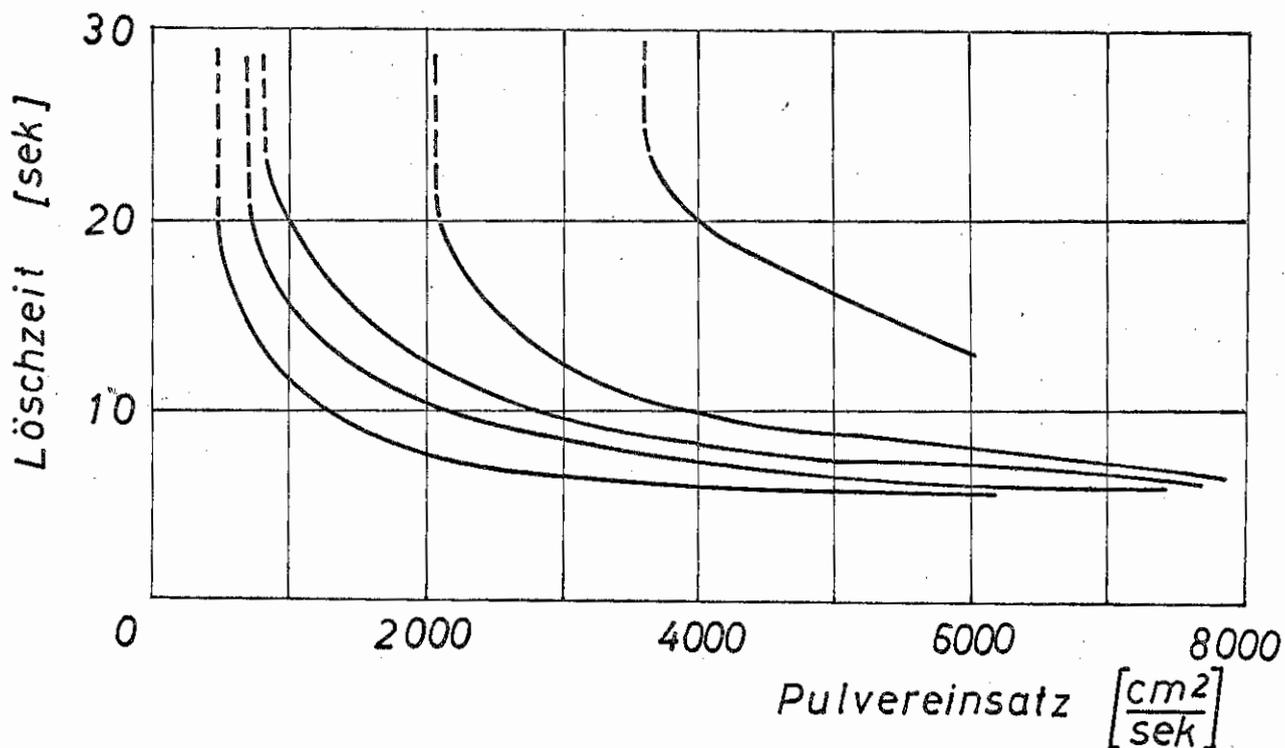


Bild 5. Einfluss der Pulveraufgaberate auf die Löszeit bei einem 6 Zoll Modellfeuer (nach[5]).

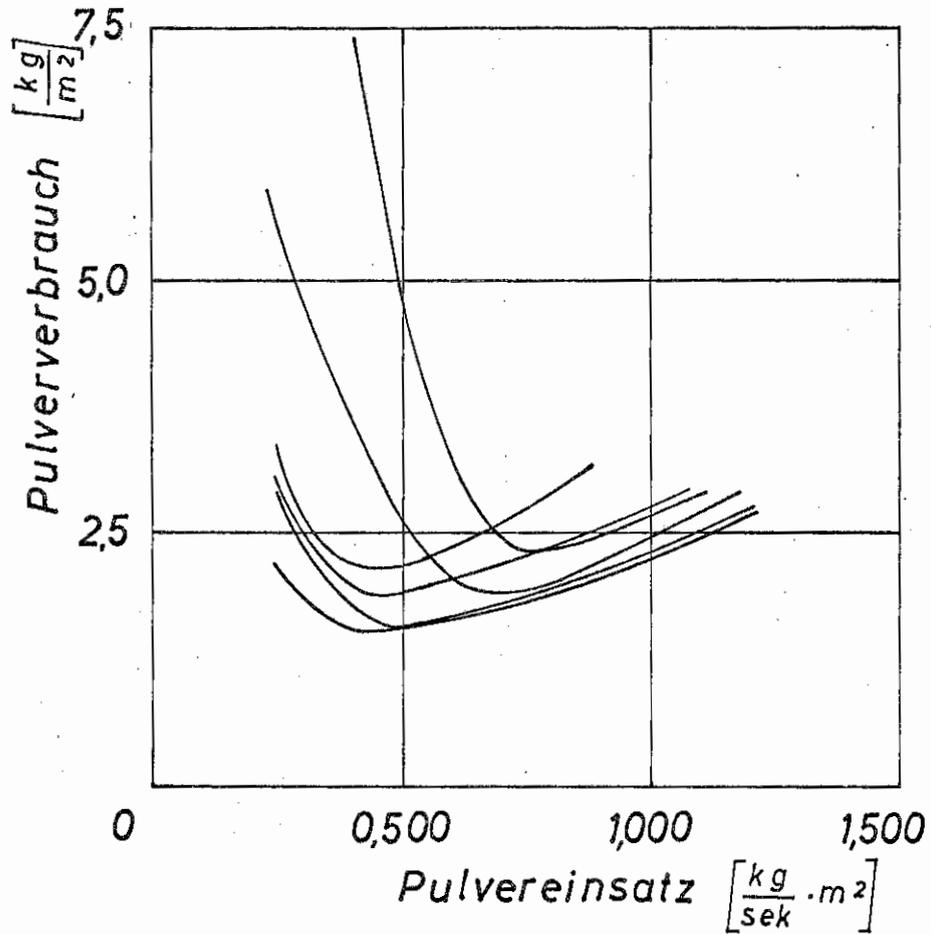


Bild 6. Benötigte Pulvermenge zur Löschung eines Feuers von $1m^2$ Grundfläche bei verschiedenem Pulvereinsatz für verschiedene Pulver (nach [3, s. 326]).

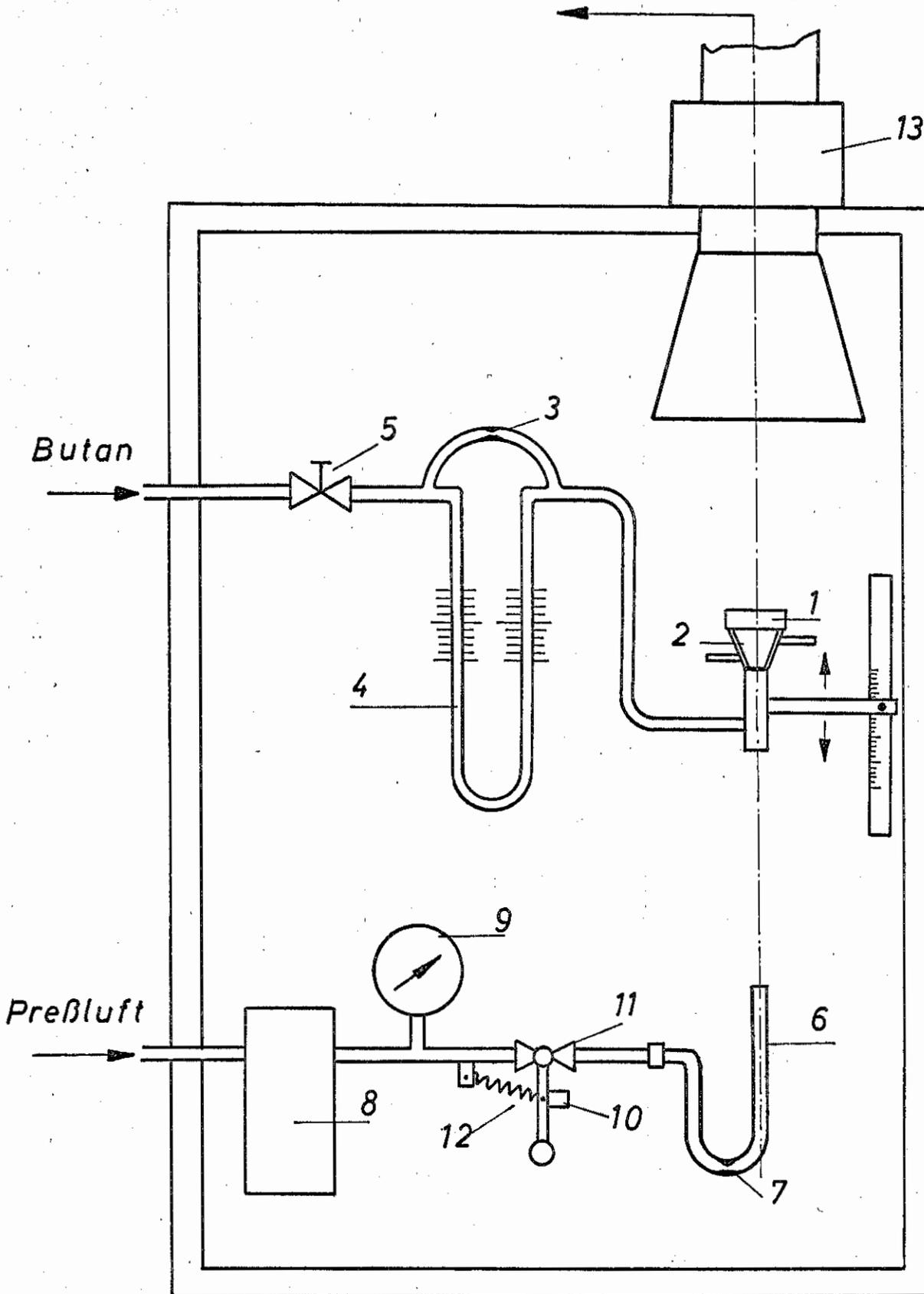


Bild 7. DN - Versuchsaapparatur

- 1. Brenner; 2. Kühlmantel des Brenners; 3. Kapillare;
- 4. U-Rohr-Manometer; 5. Regelventil; 6. Löschpistole;
- 7. Kapillare; 8. Treibgasbehälter; 9. Manometer;
- 10. Sperrklinke; 11. Kugelhahn; 12. Zugfeder; 13. Absaugventilator.

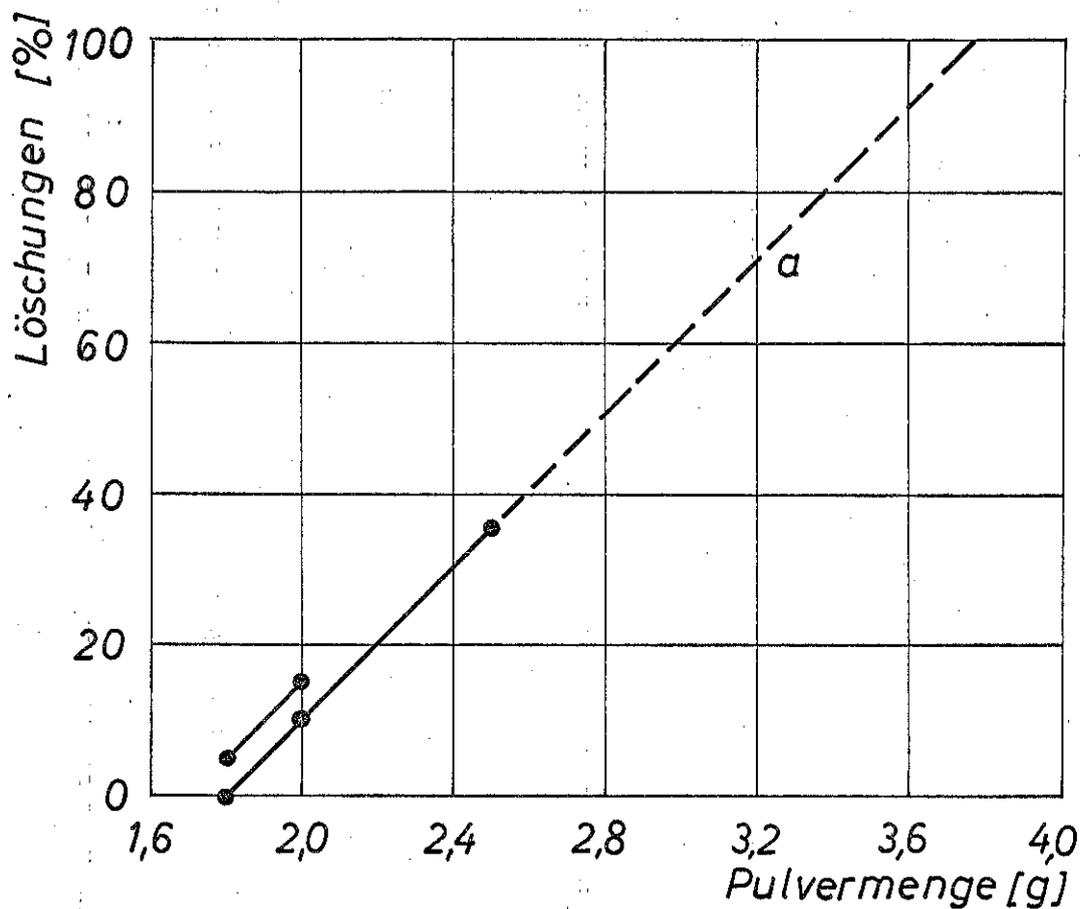


Bild 8. Löschpulver A-Juli+Dez. 51

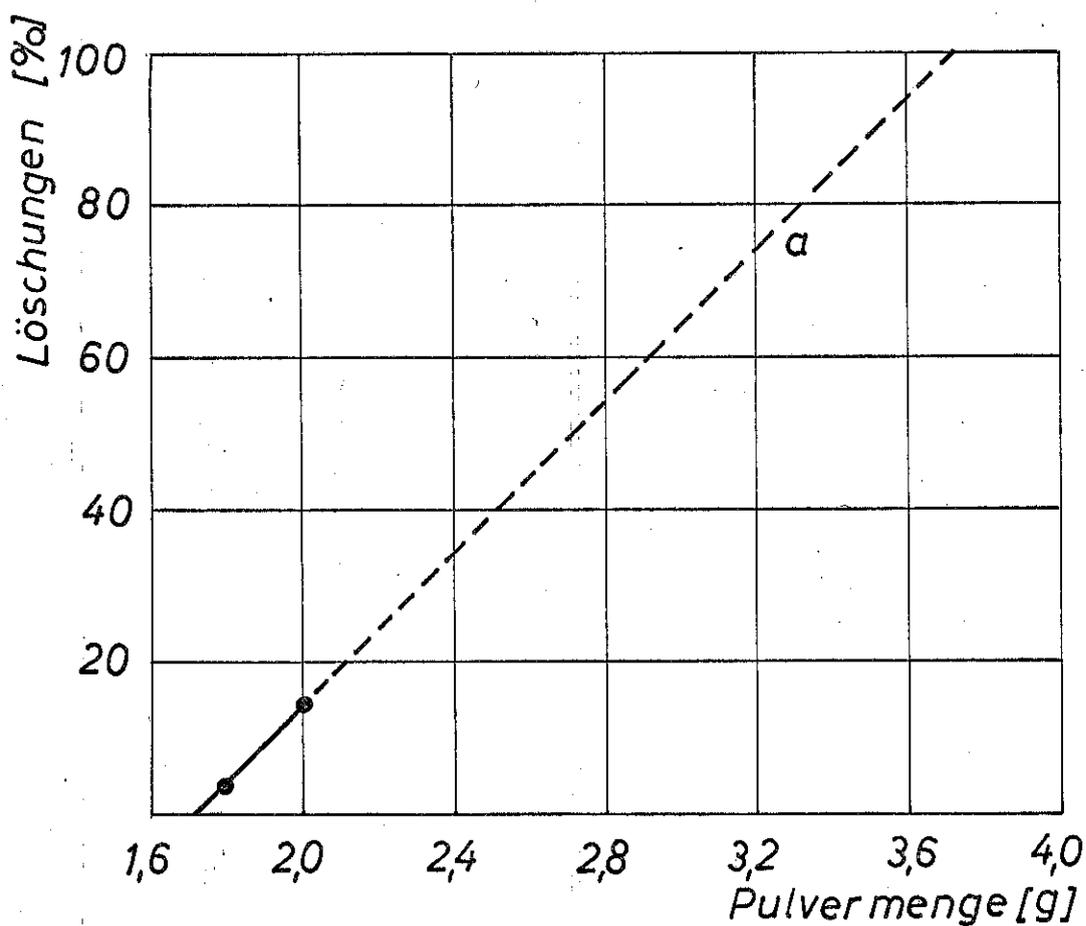


Bild 9. Löschpulver A - Jan. 54

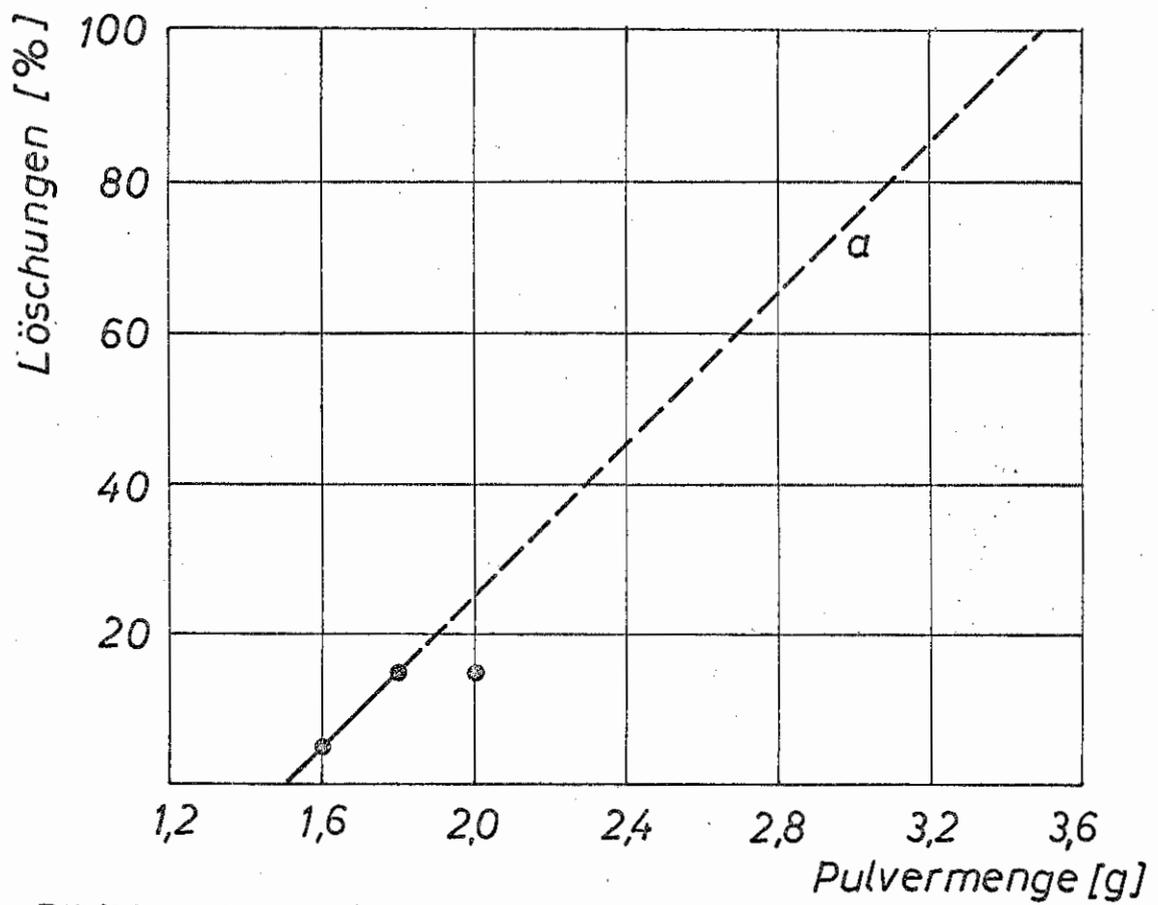


Bild 10. Löschpulver A - November 55

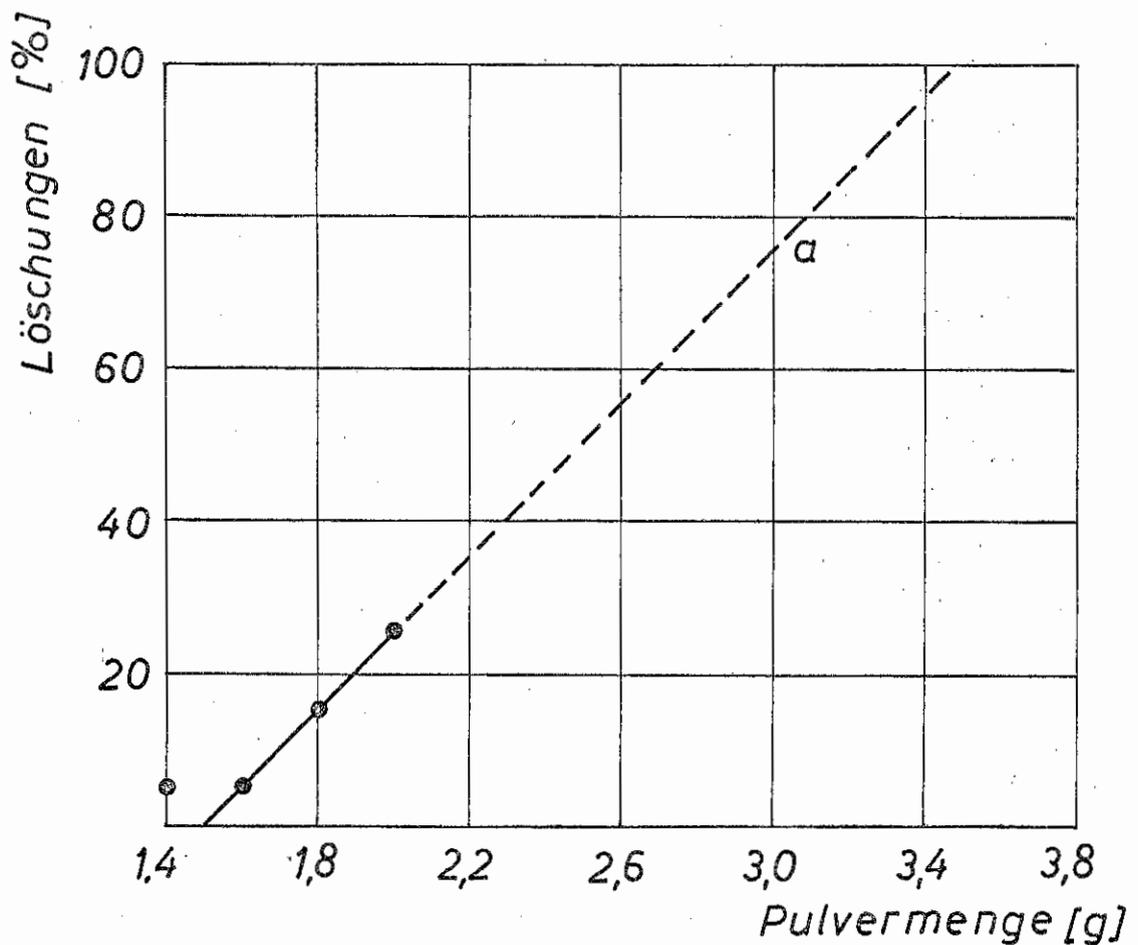


Bild 11. Löschpulver A - Okt + April 56.

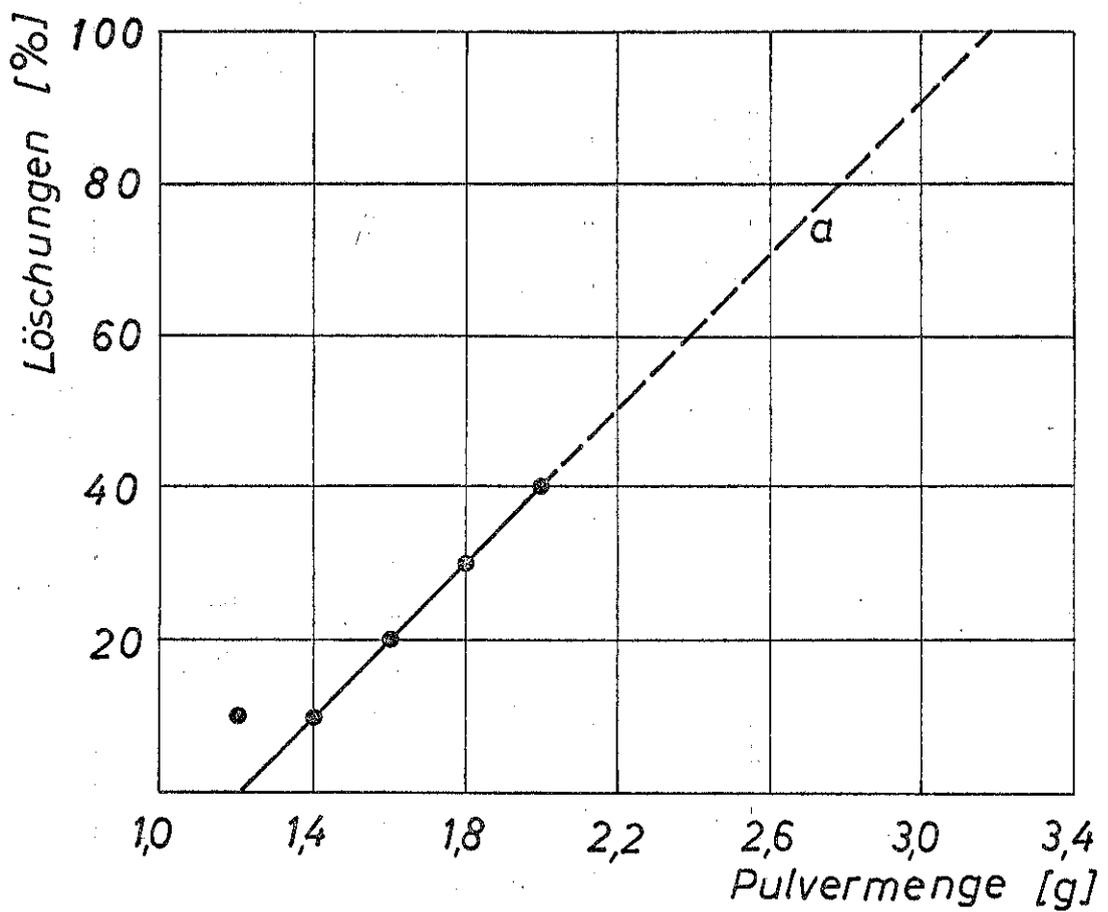


Bild 12. Löschpulver A - Nov. 57

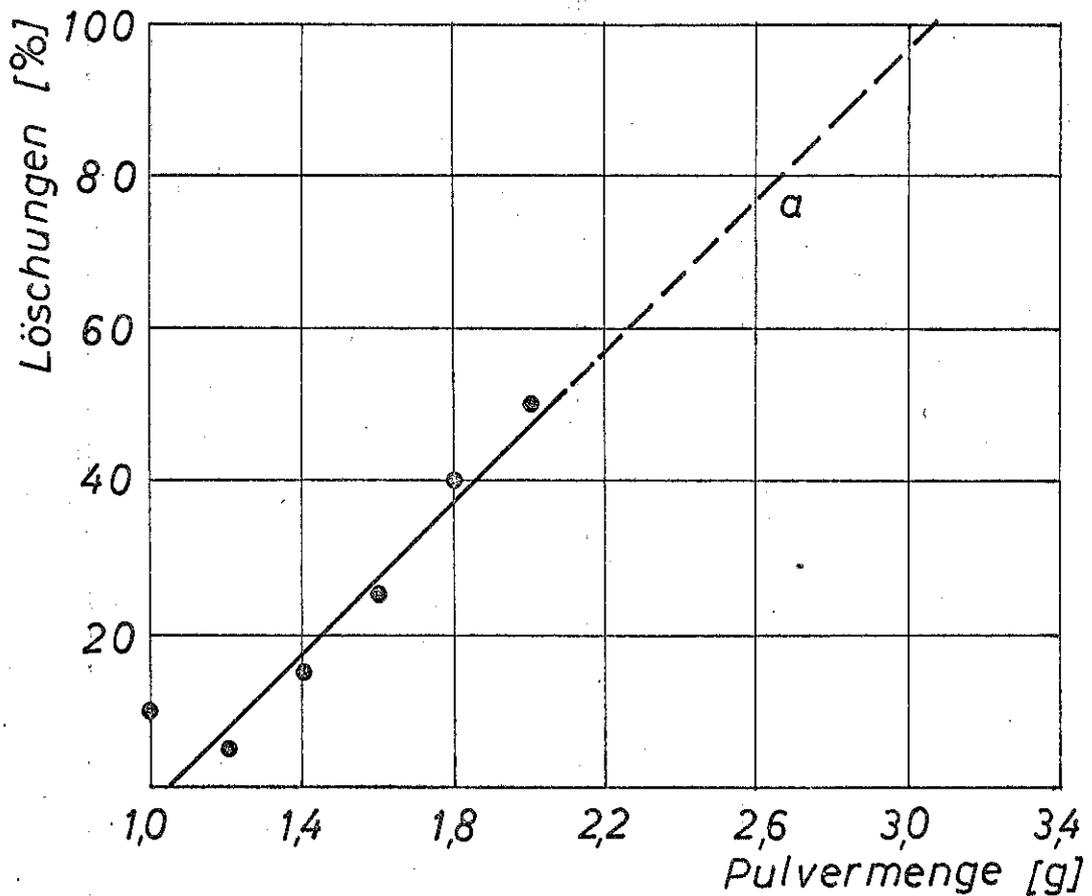


Bild 13. Löschpulver A - Okt.+ Nov. 57

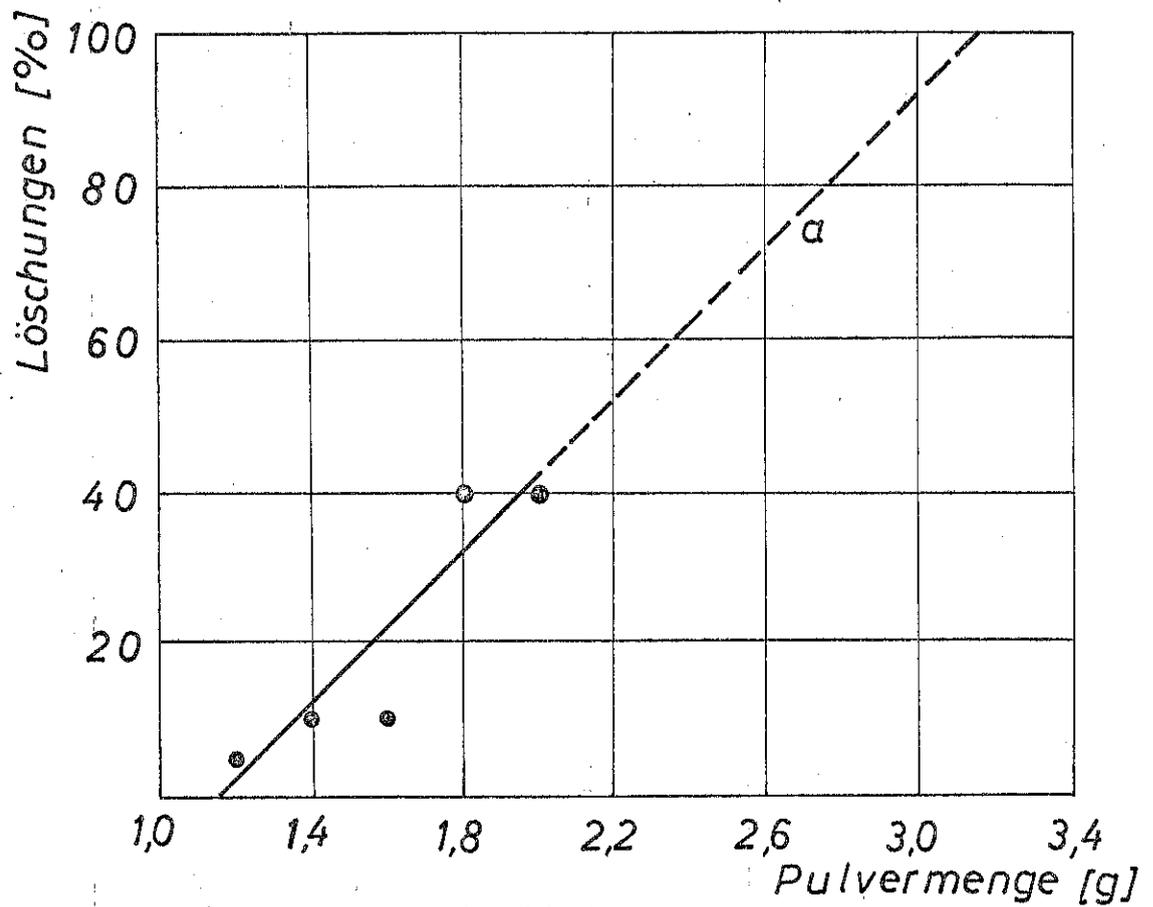


Bild 14. Löschpulver A - Mai + Juni 59

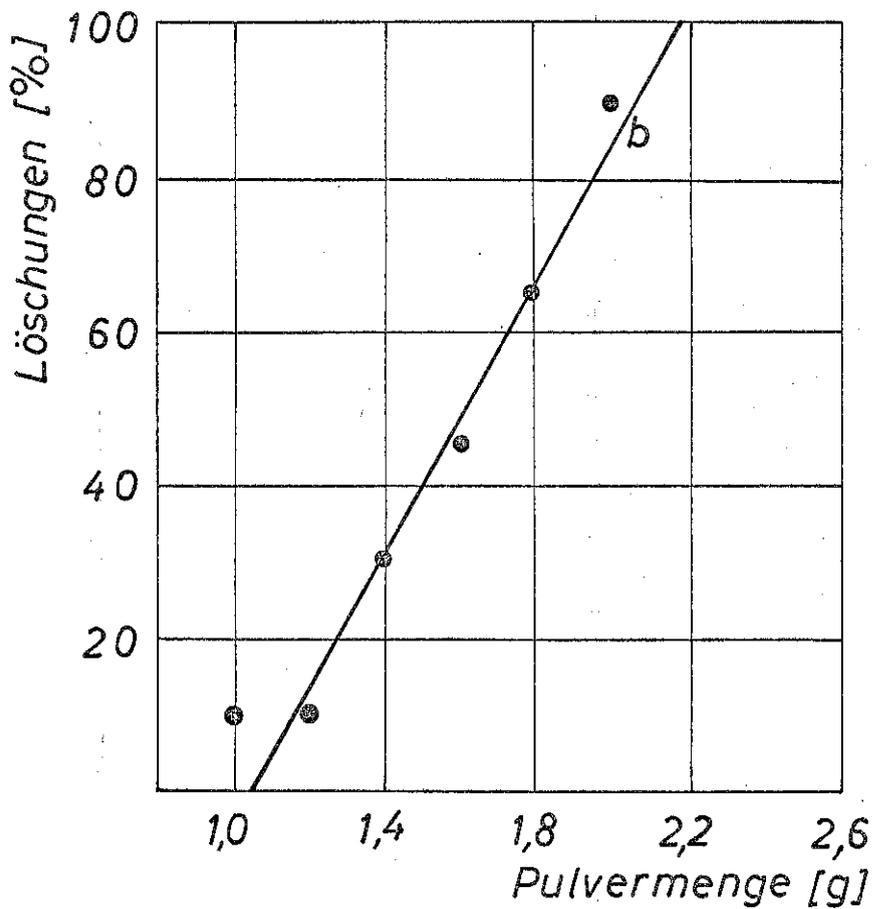


Bild 15. Löschpulver Sept.+Okt. 59

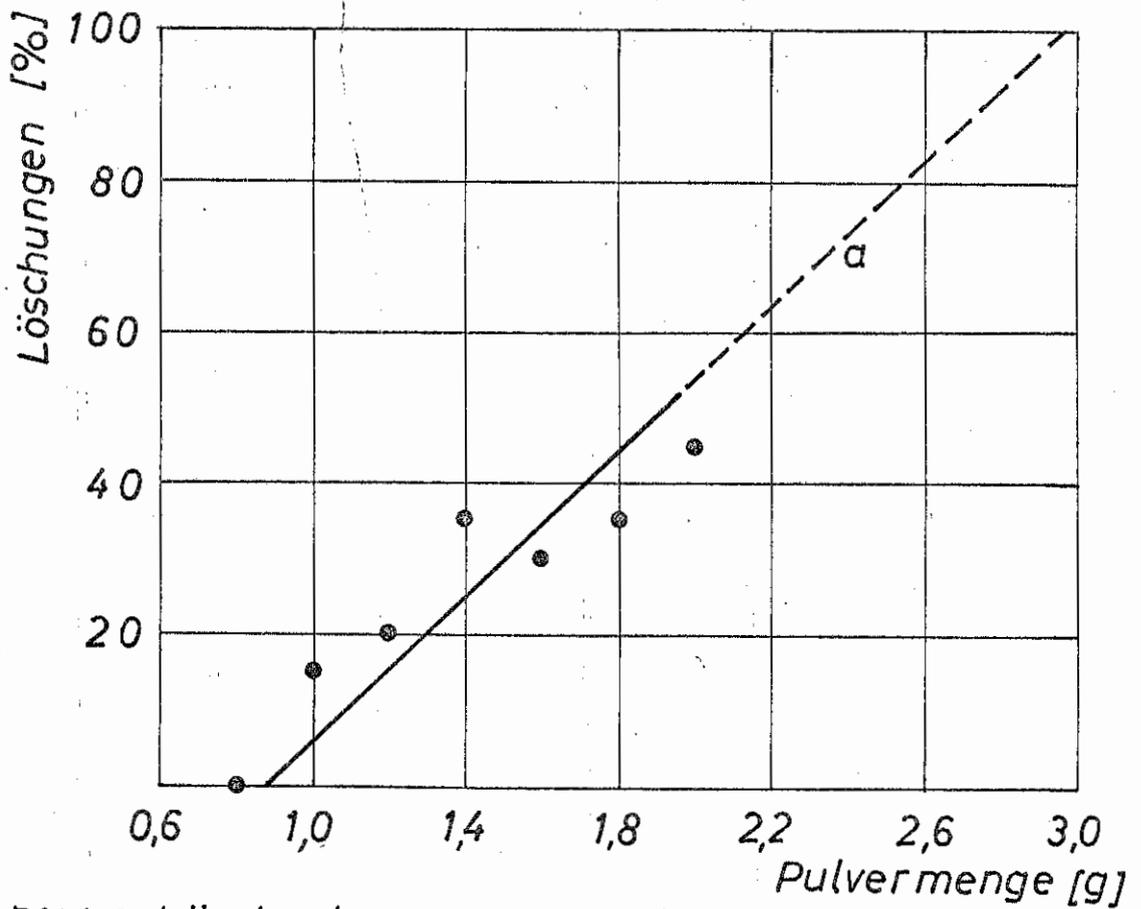


Bild 16. Löschpulver A - August 60

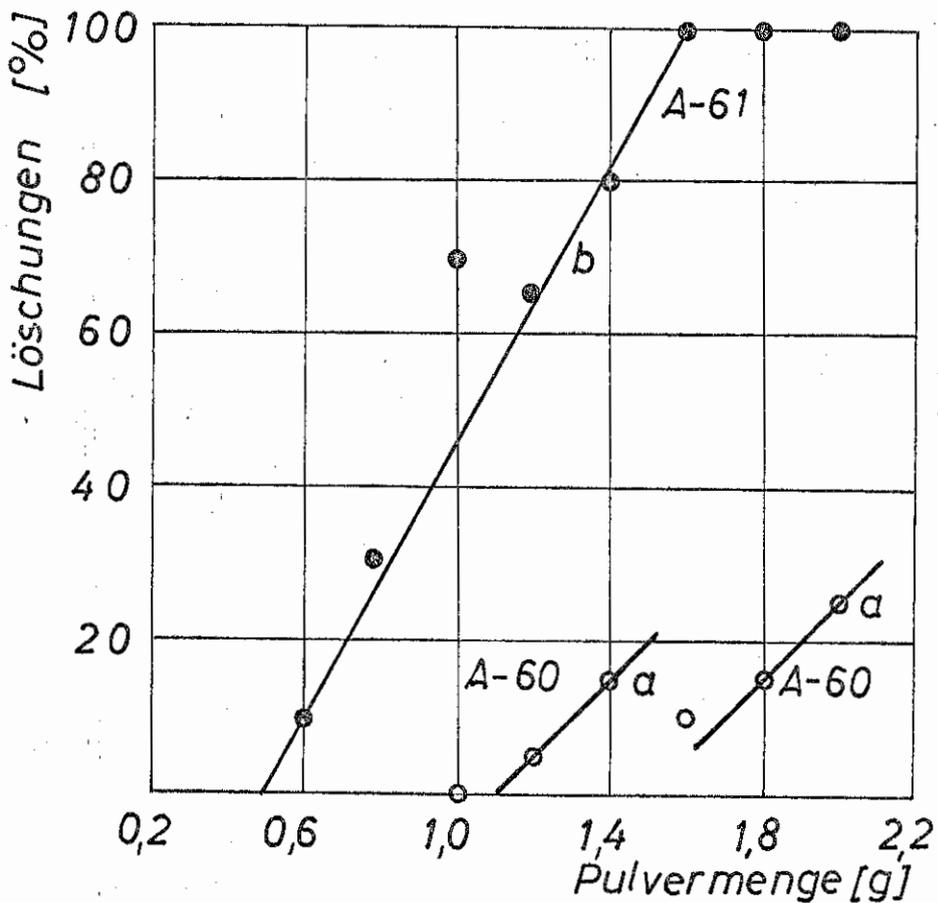


Bild 17. Löschpulver A - Dez. 60 + Juni 61

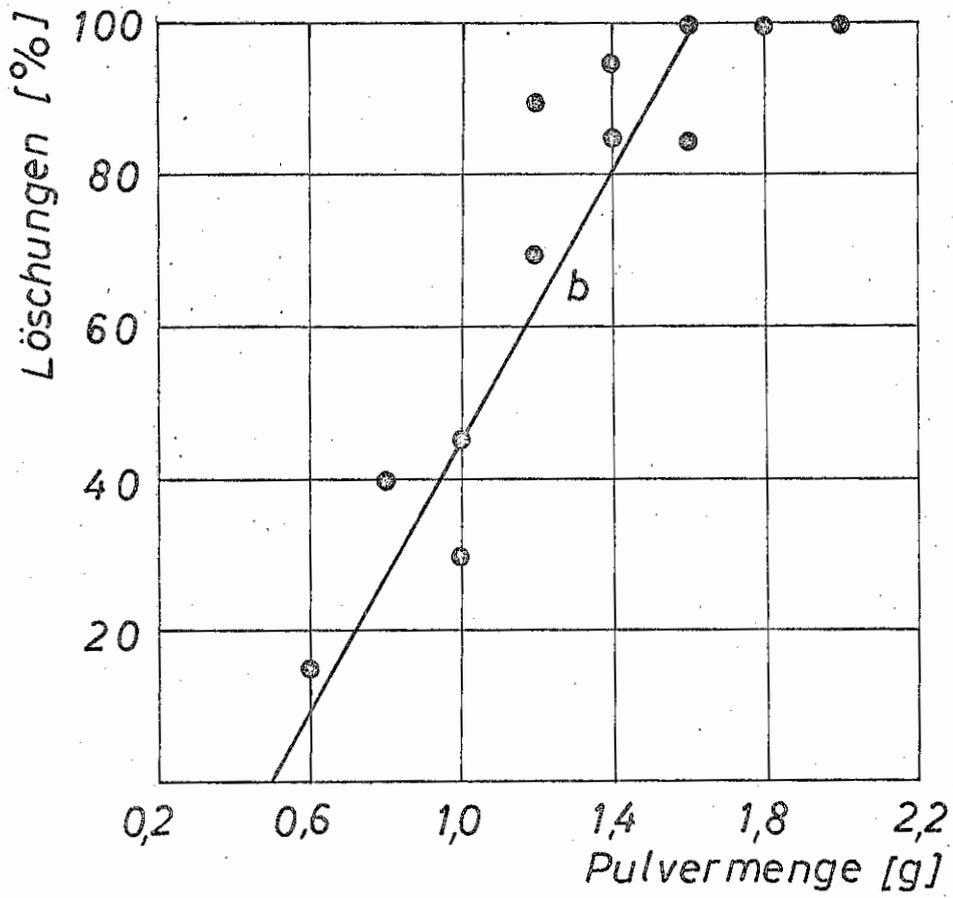


Bild 18. Löschpulver A - Sept. 62

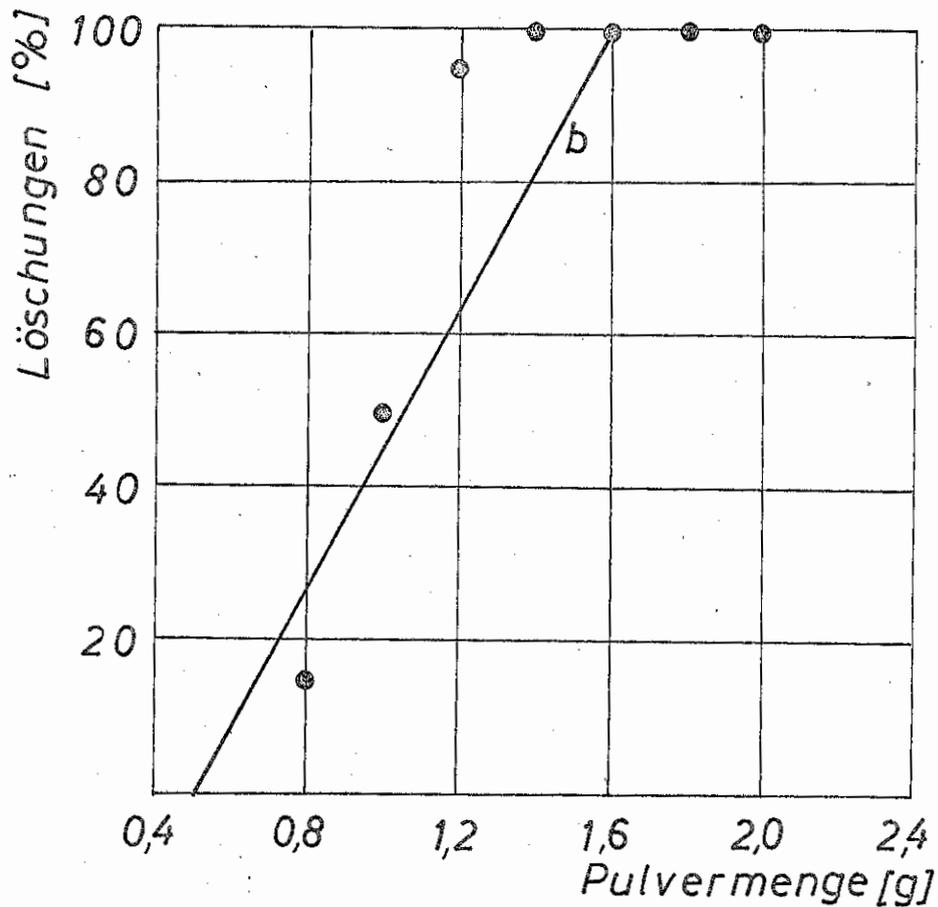


Bild 19. Löschpulver A - Dez. 62

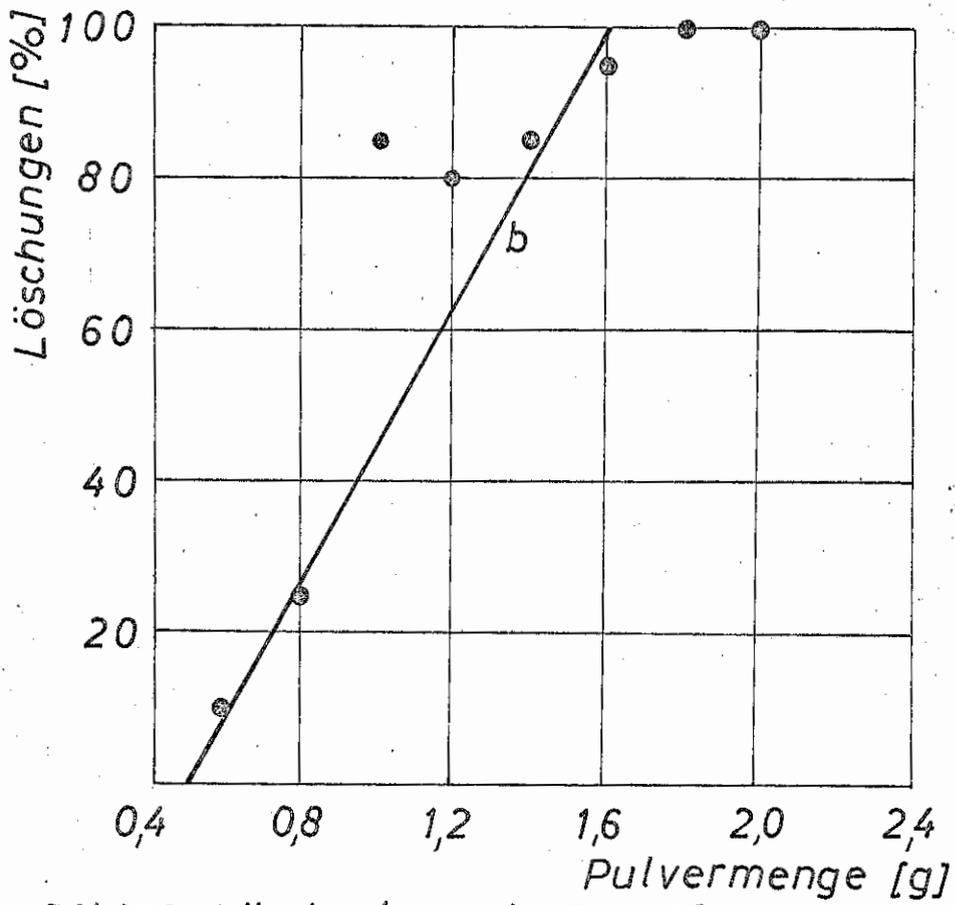


Bild 20. Löschpulver A - Jan. 63

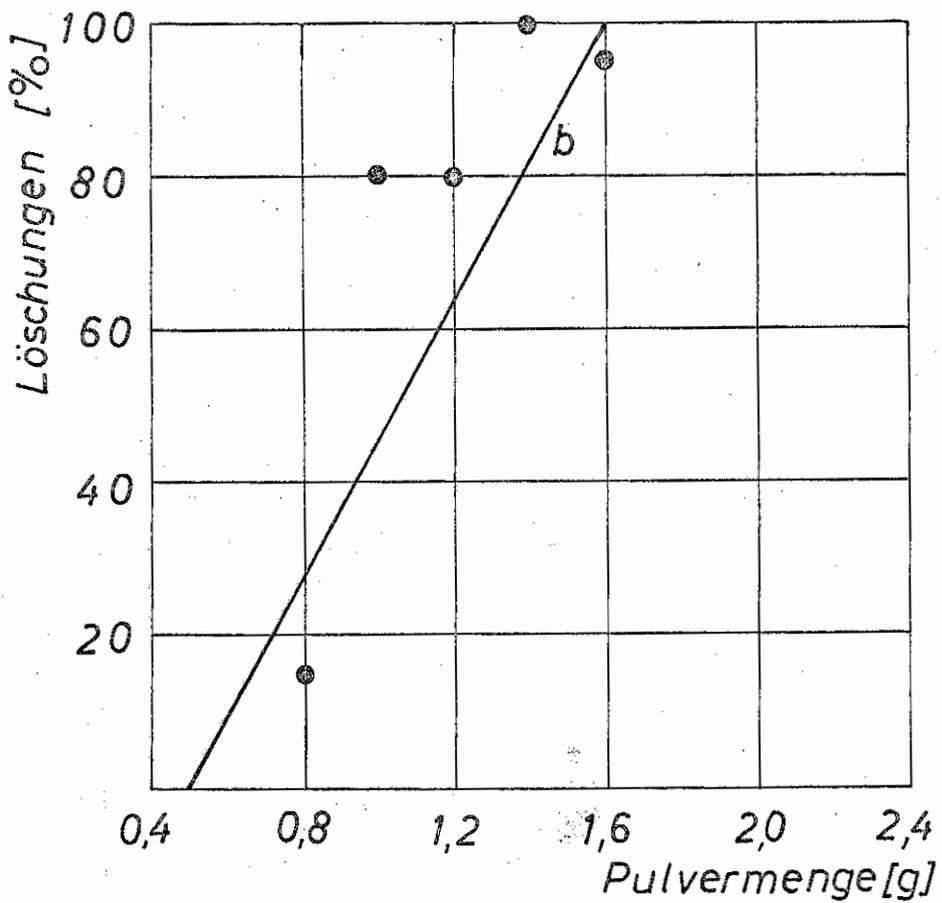


Bild 21. Löschpulver A - Febr. 63

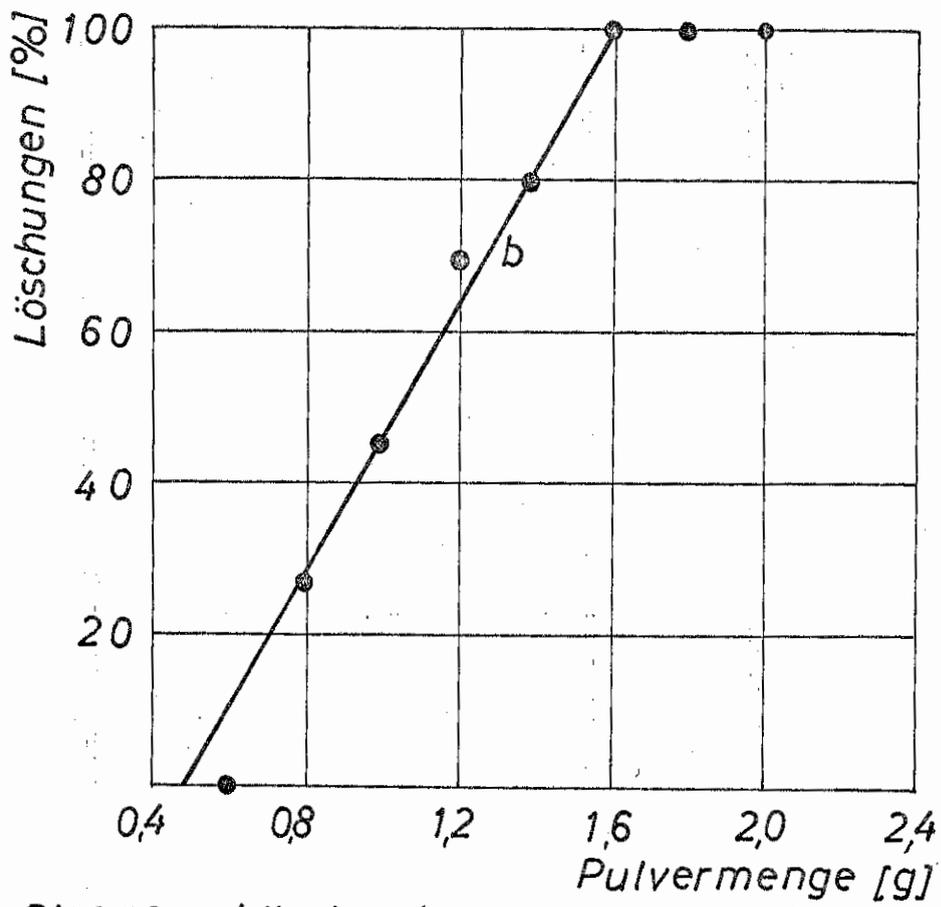


Bild 22. Löschpulver A - Juni 63

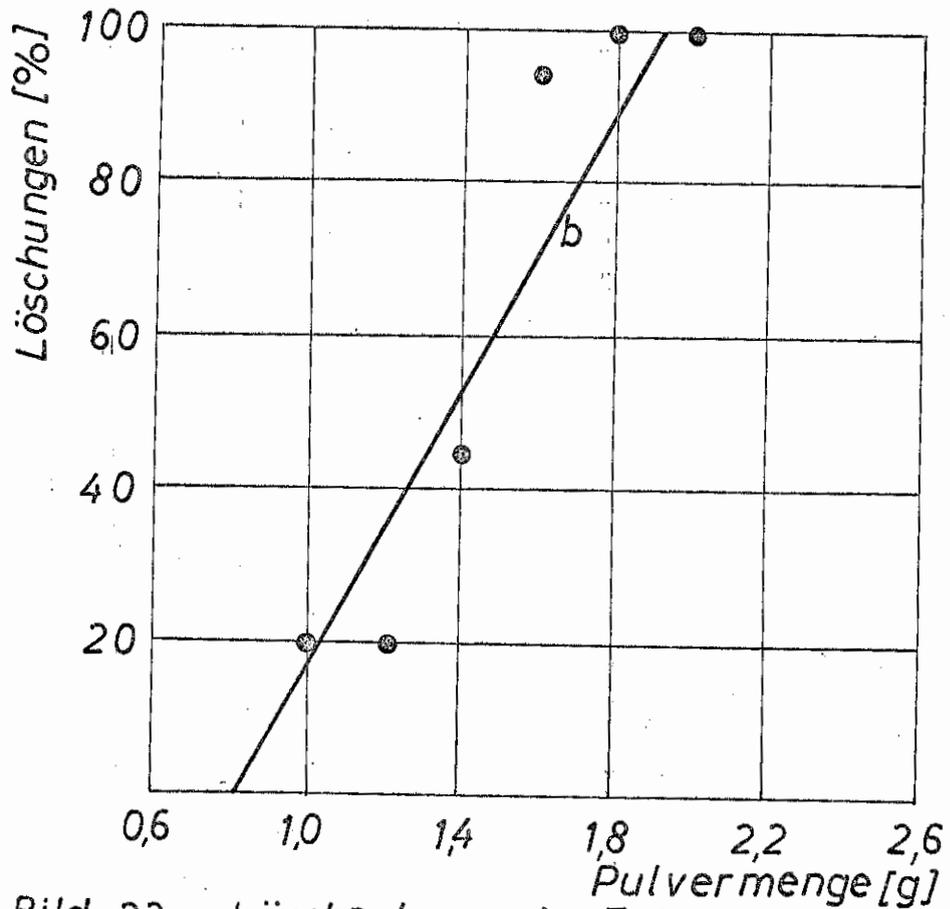


Bild 23. Löschpulver A - Febr. 64

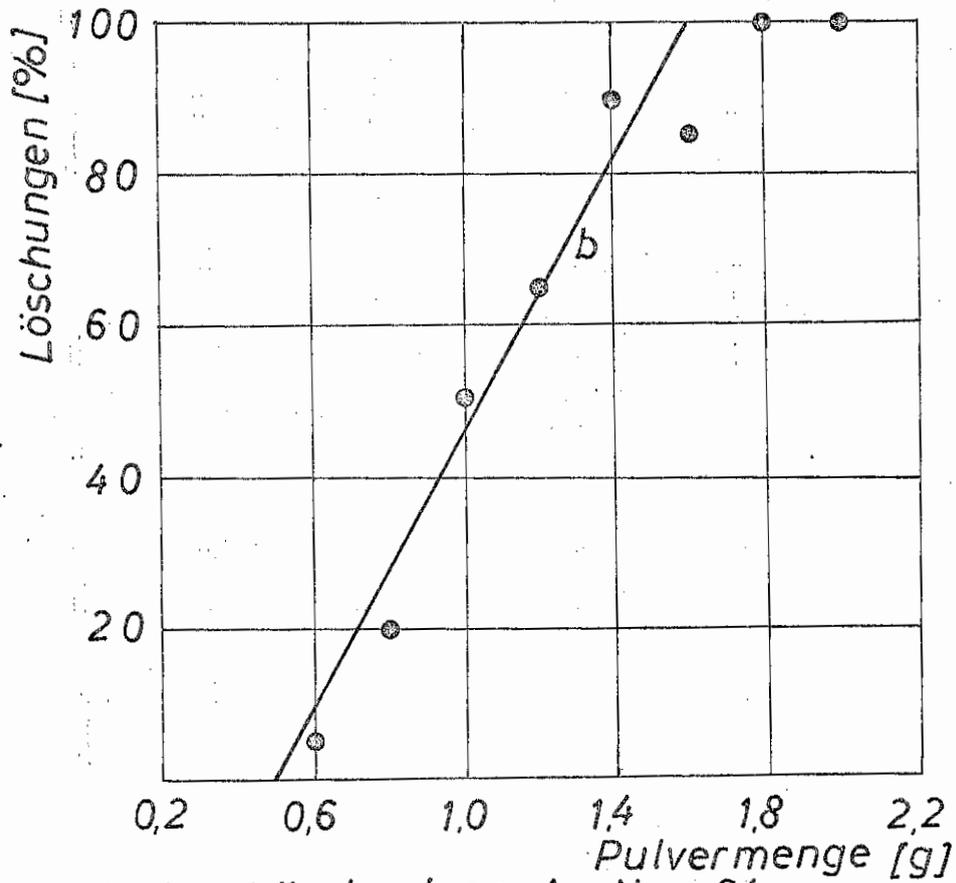


Bild 24. Löschpulver A - Nov. 64

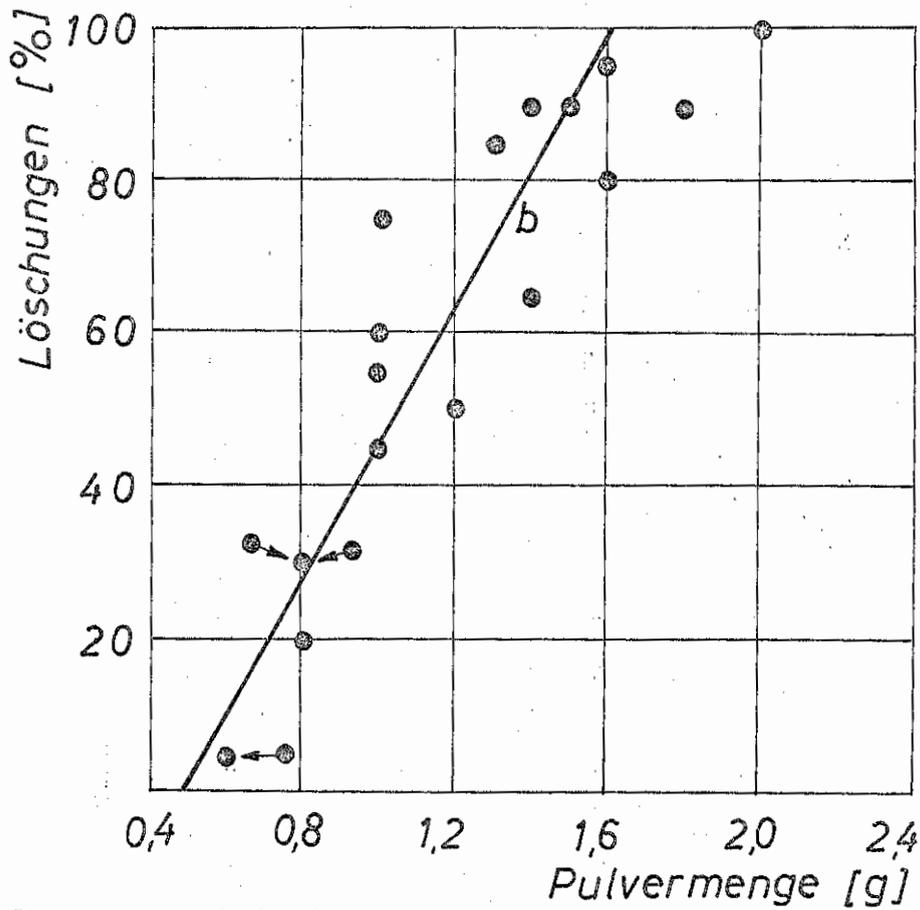


Bild 25. Löschpulver A - Jan. 65

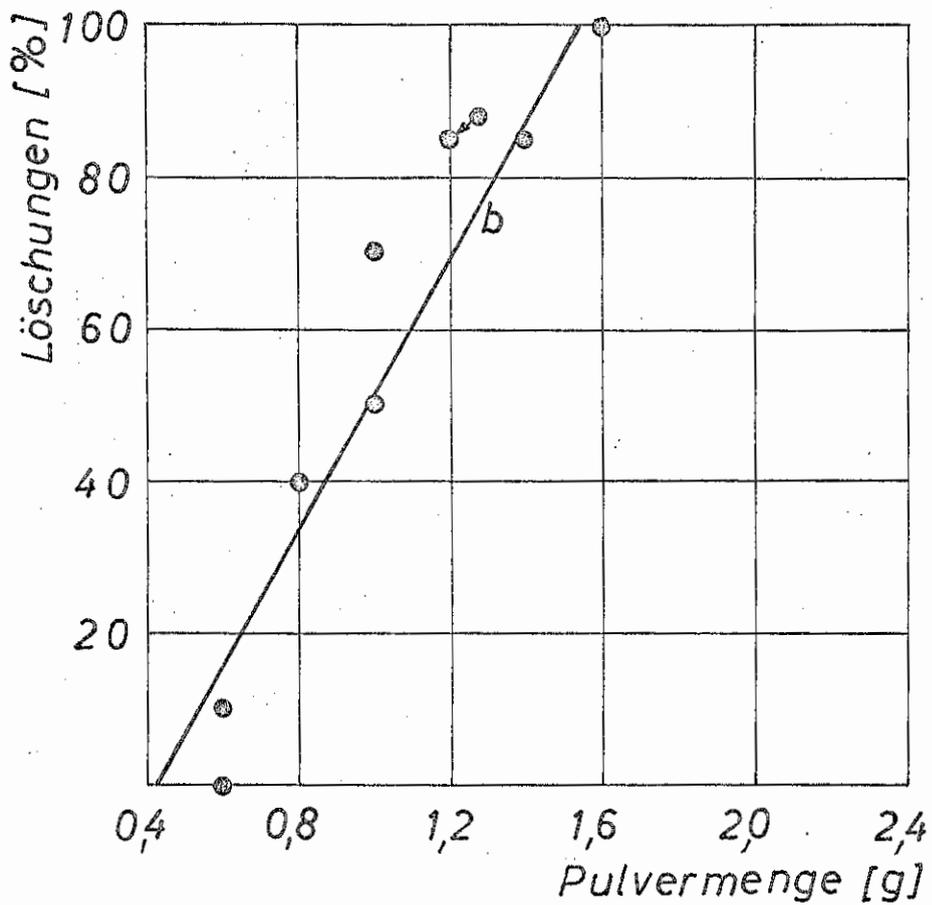


Bild 26. Löschpulver A - Mai 66

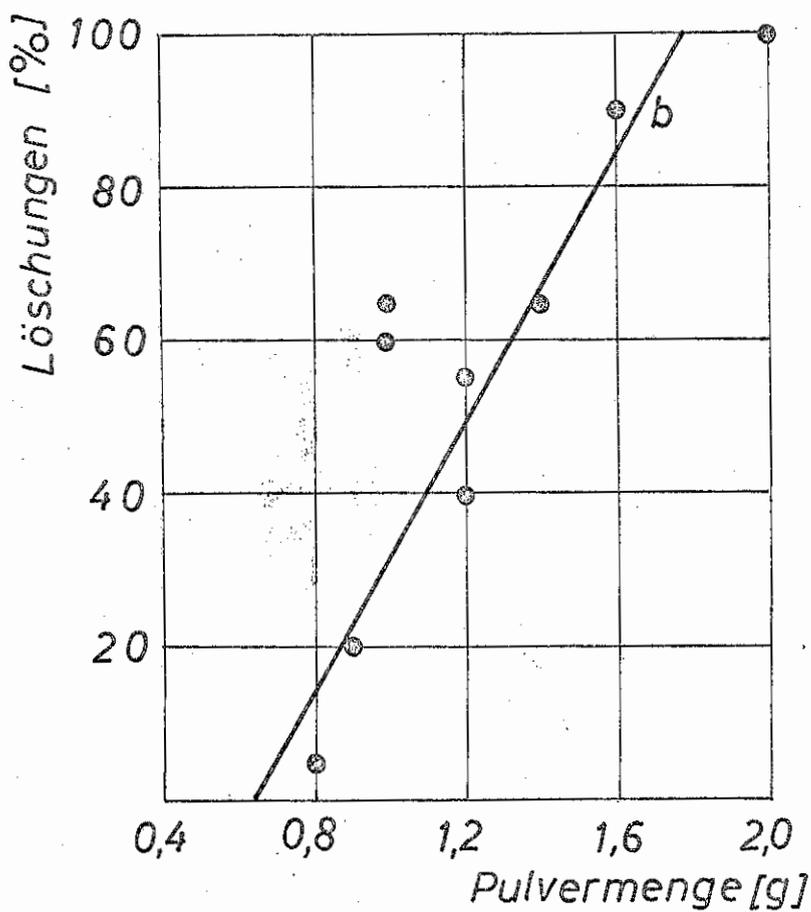


Bild 27. Löschpulver A

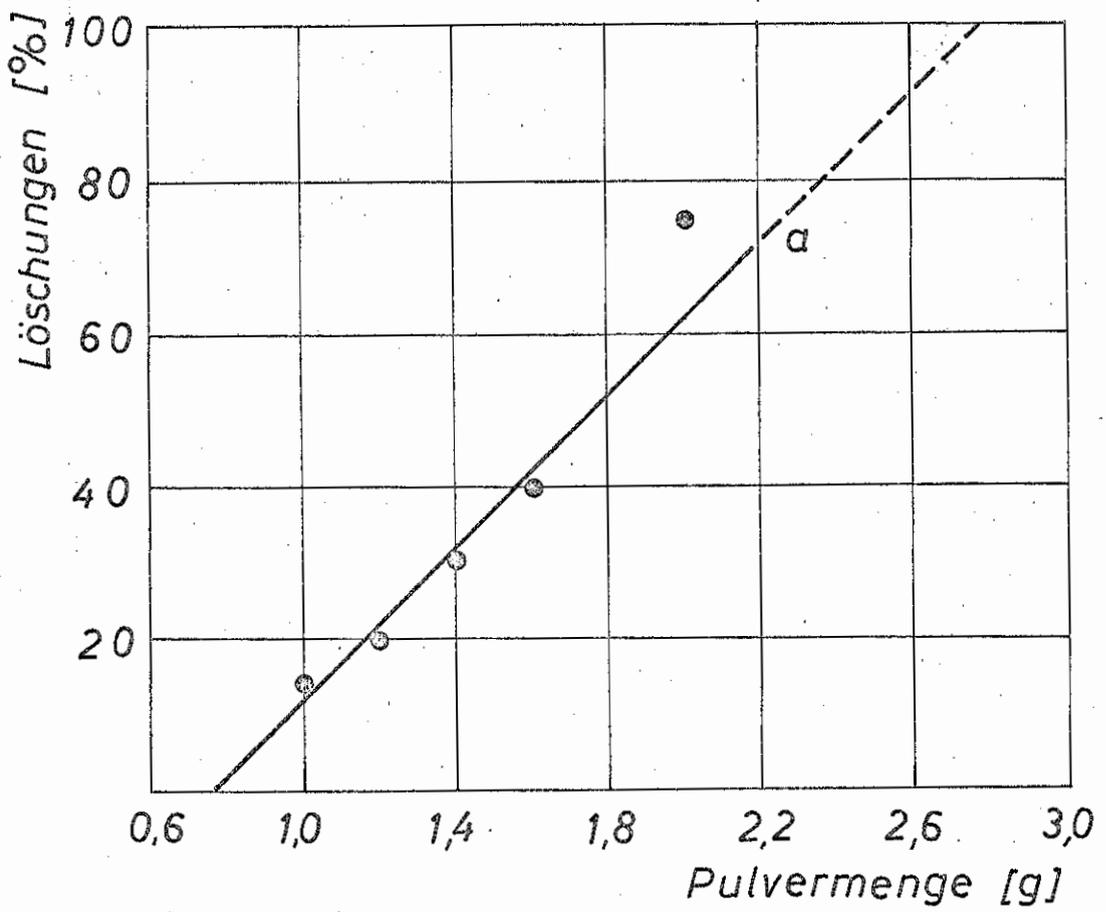


Bild 28. Löschpulver B

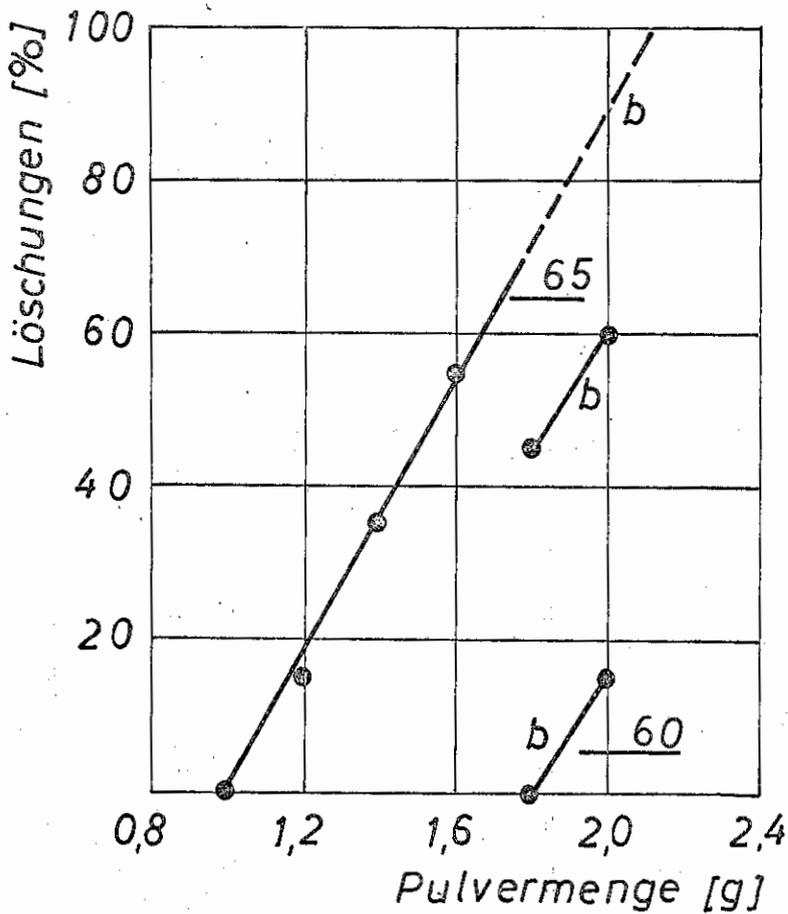


Bild 29. Löschpulver B 60 + B 65

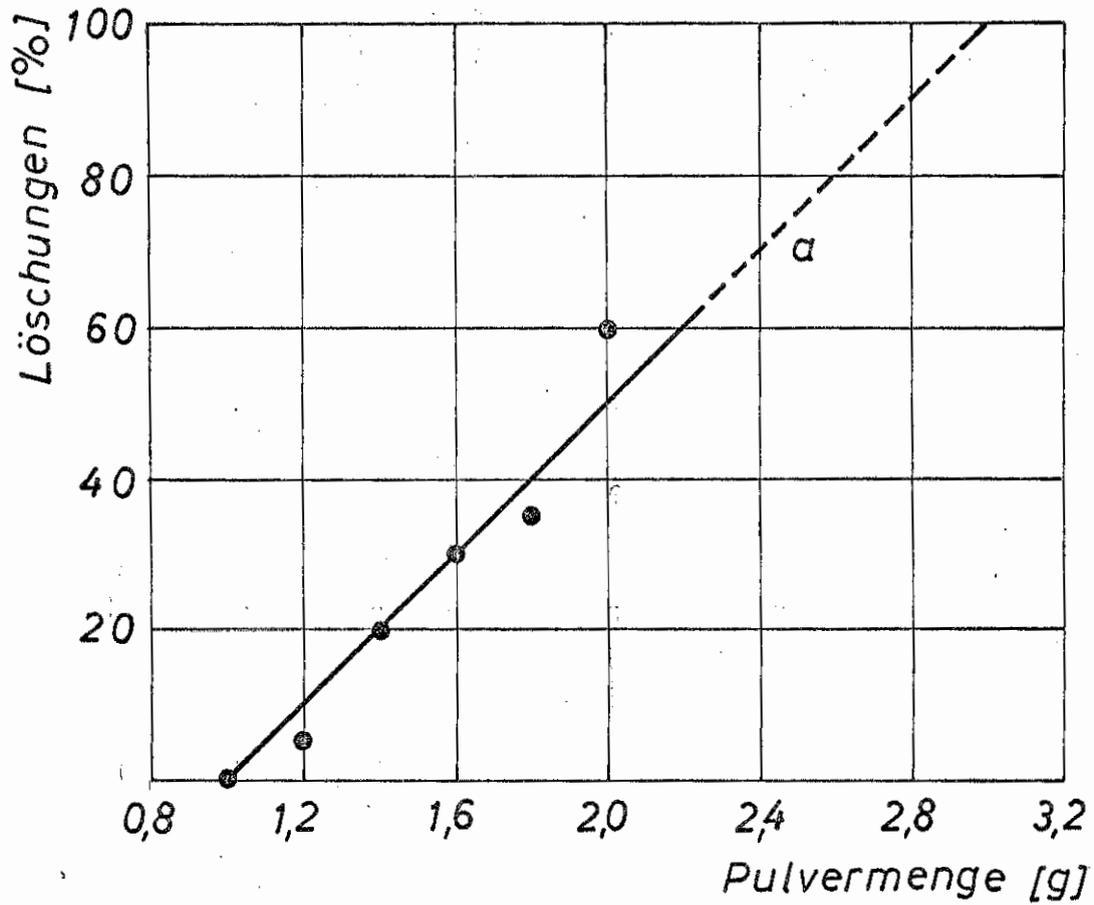


Bild 30. Löschpulver C-57

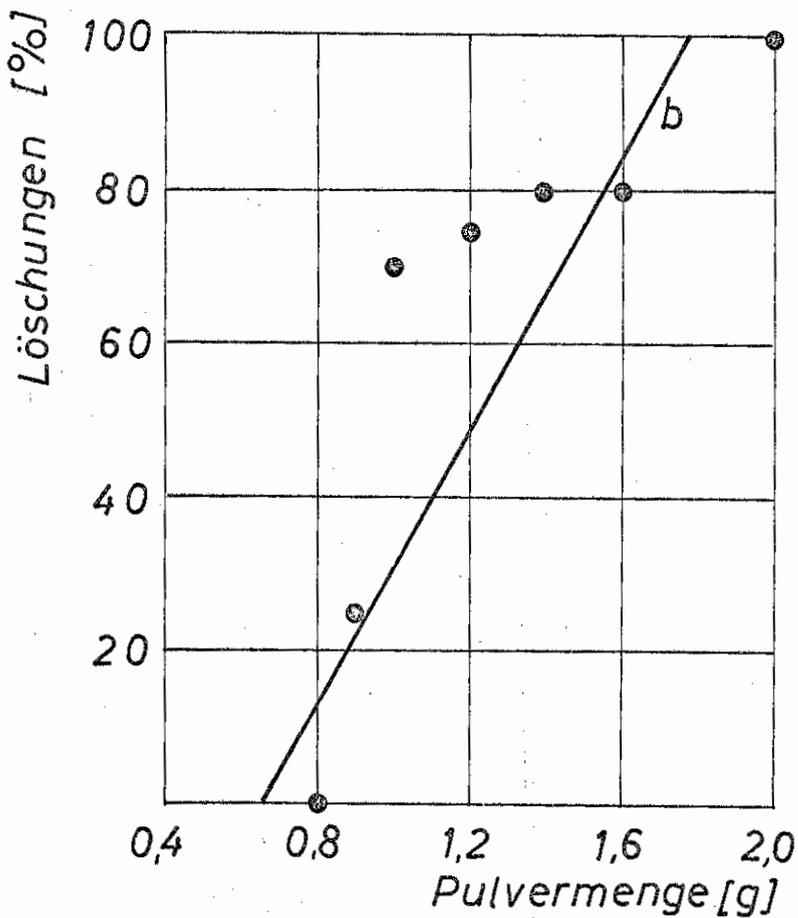


Bild 31. Löschpulver C

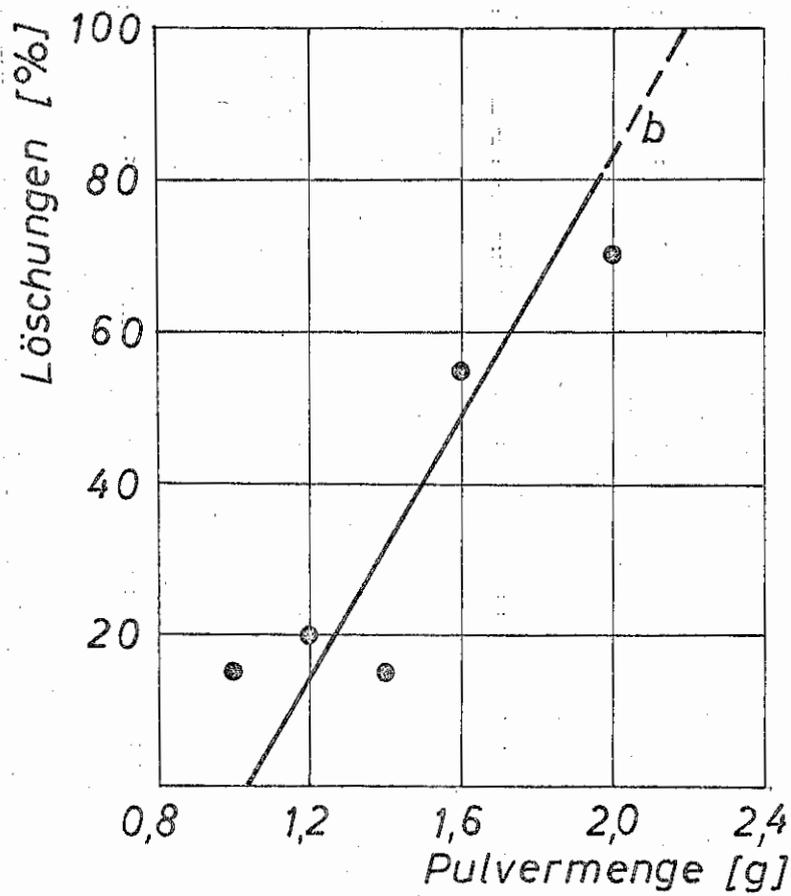


Bild 32. Löschpulver D

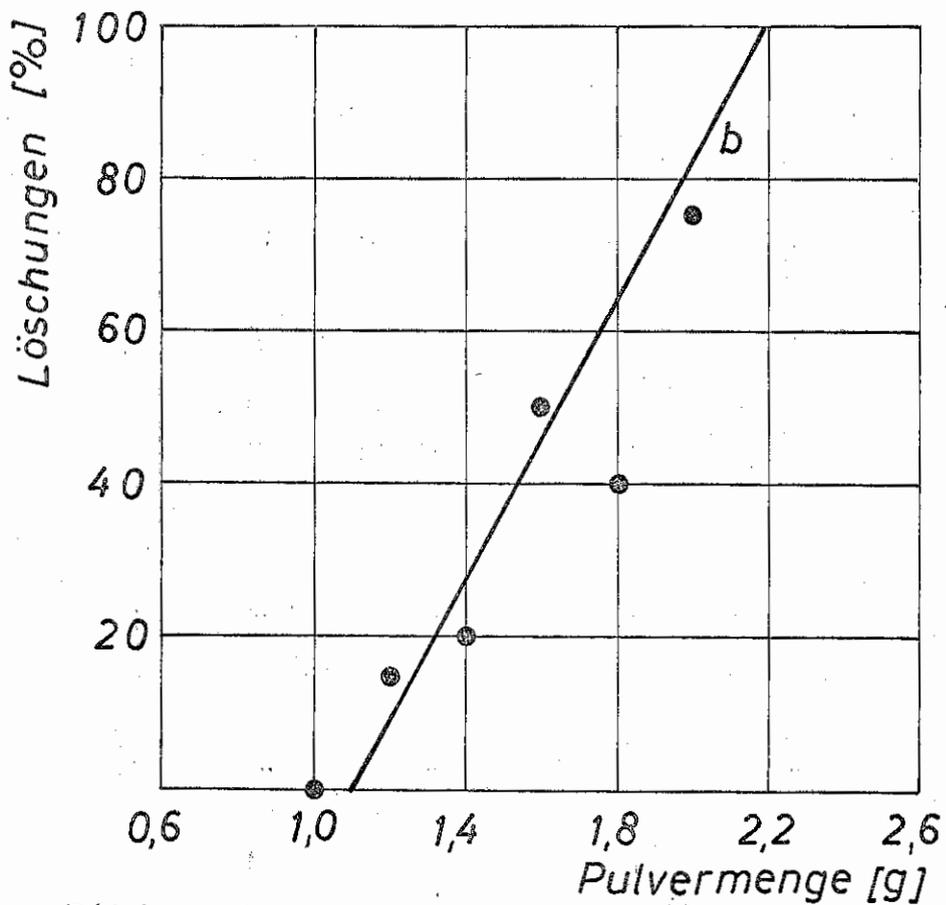


Bild 33. Löschpulver E-58

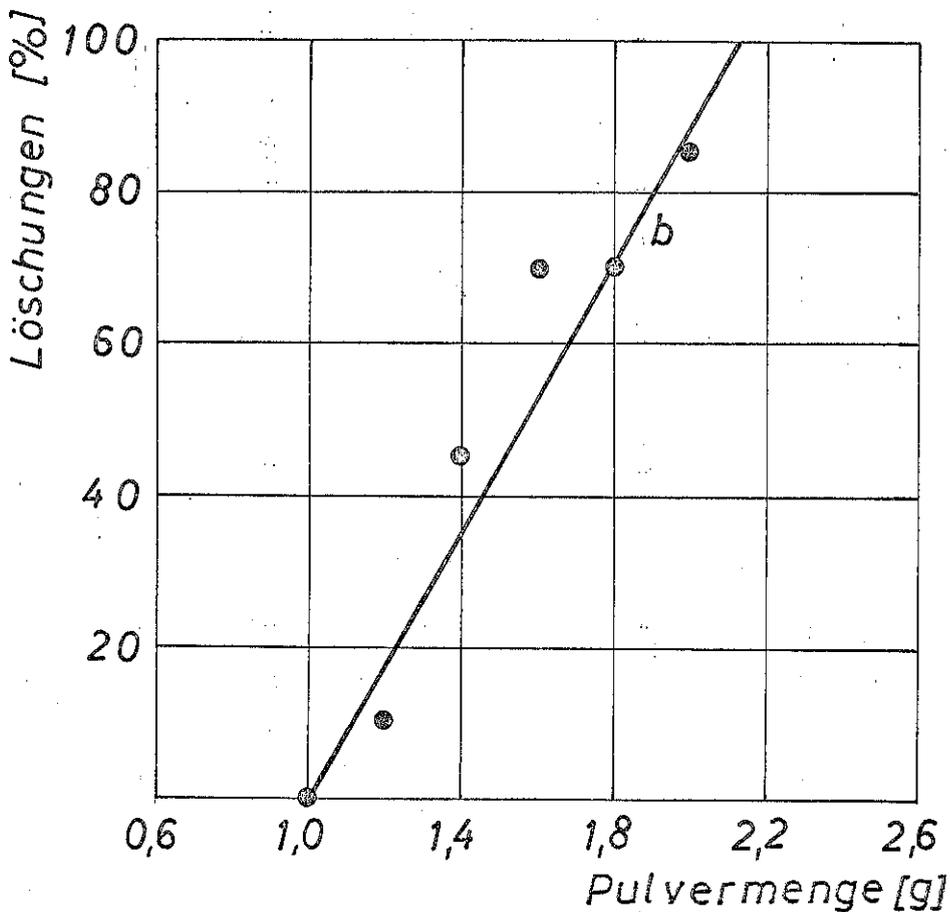


Bild 34. Löschpulver E-59

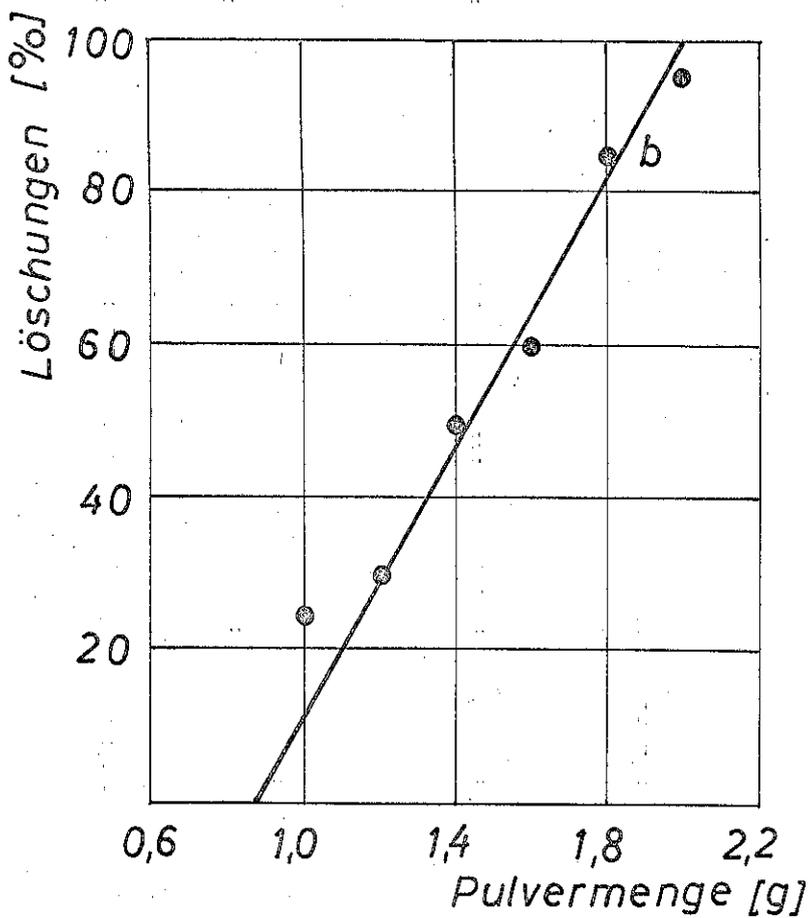


Bild 35. Löschpulver F-64

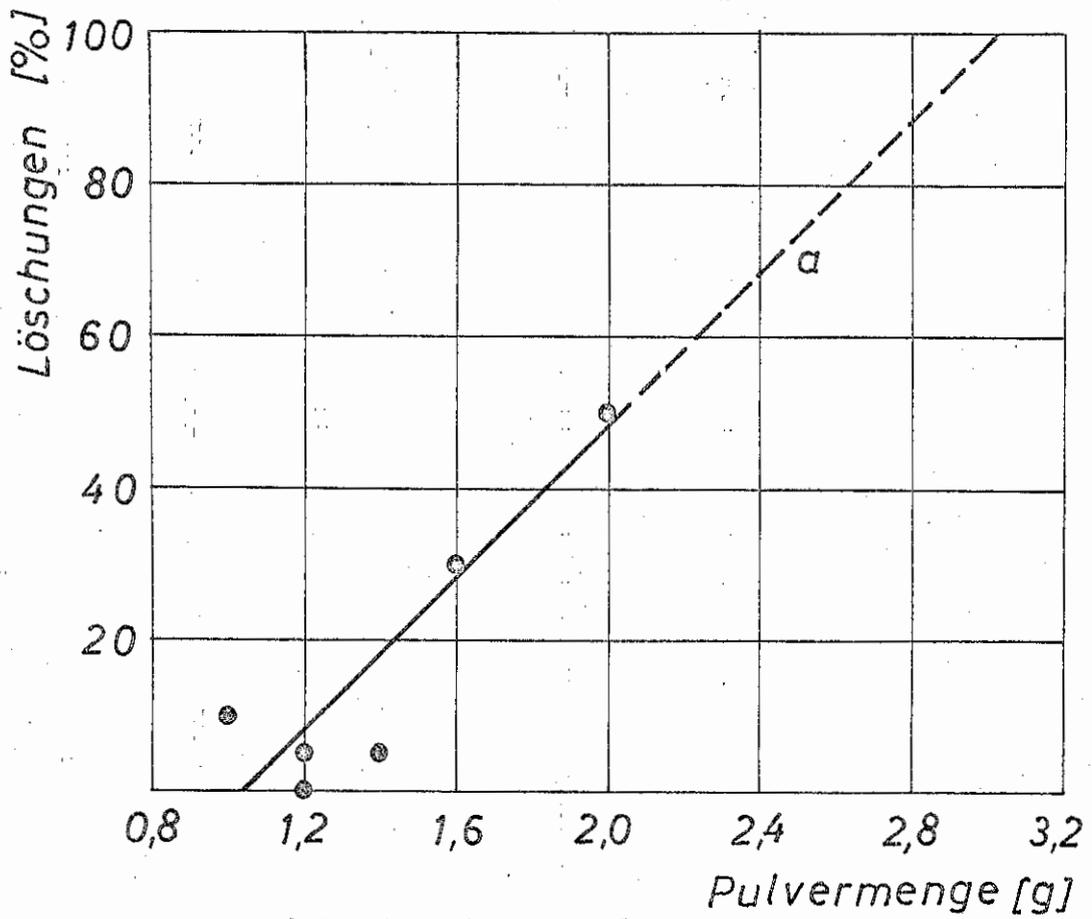


Bild 36. Löschpulver G

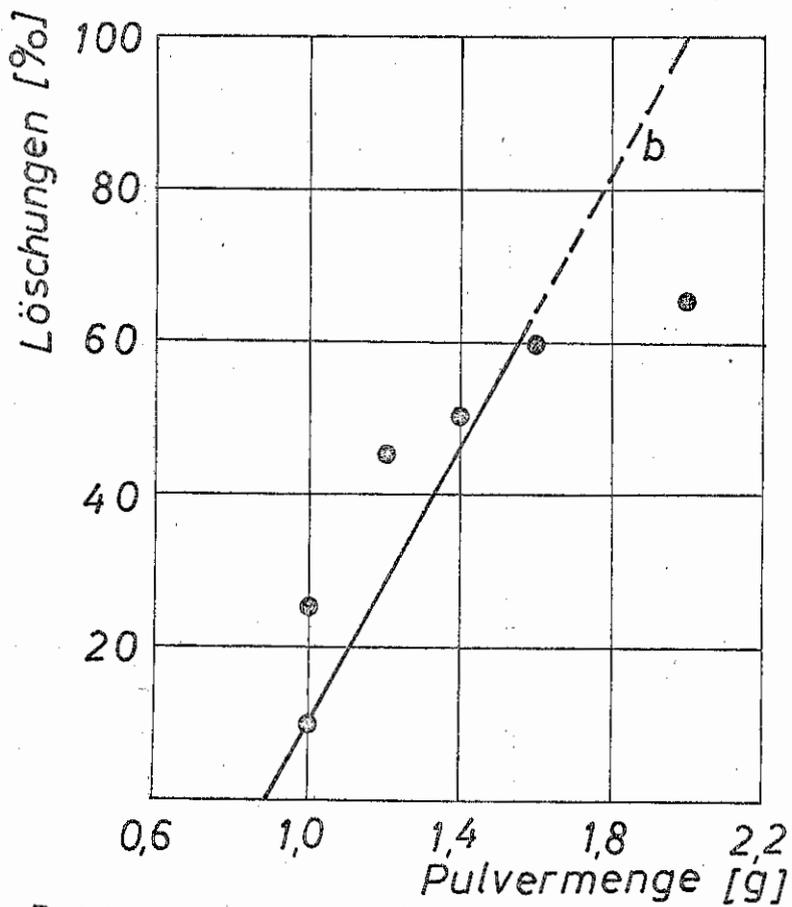


Bild 37. Löschpulver H

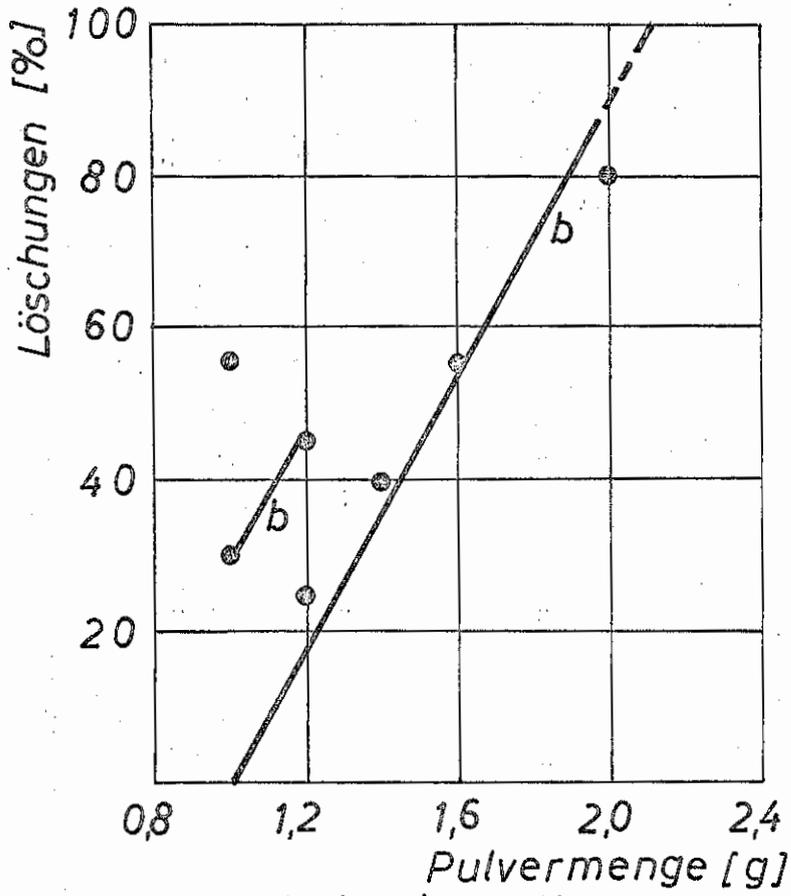


Bild 38. Löschpulver K

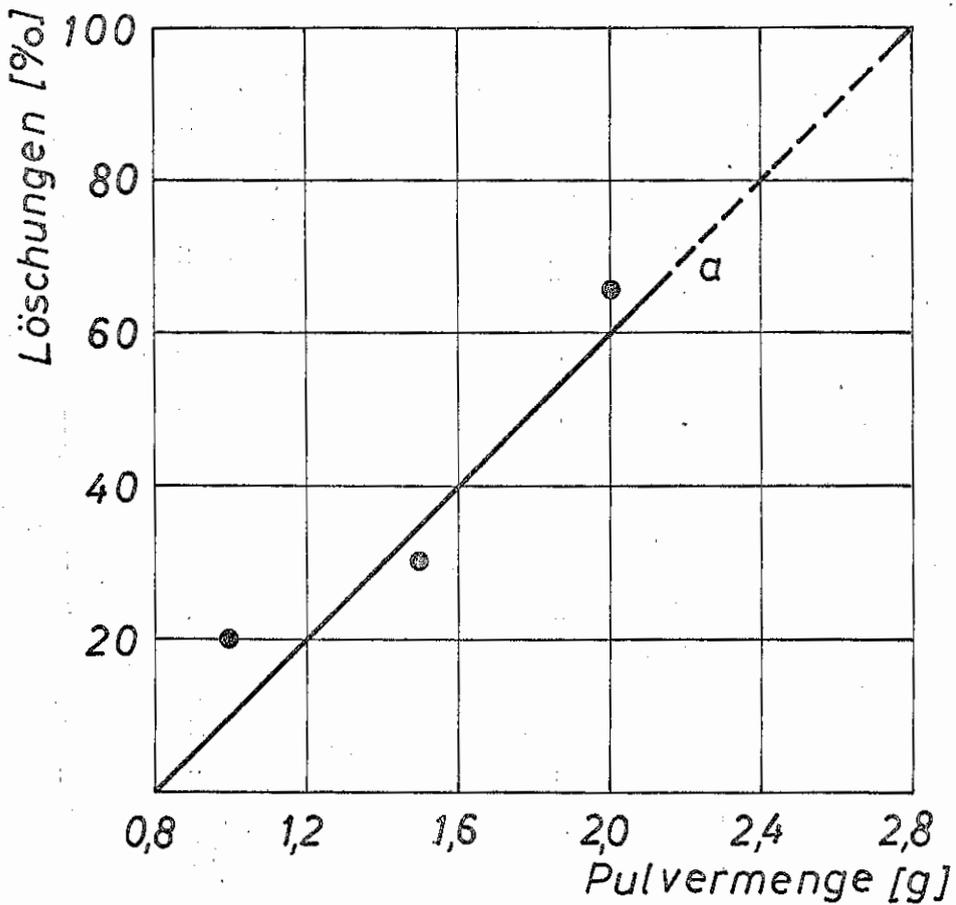


Bild 39. Löschpulver L

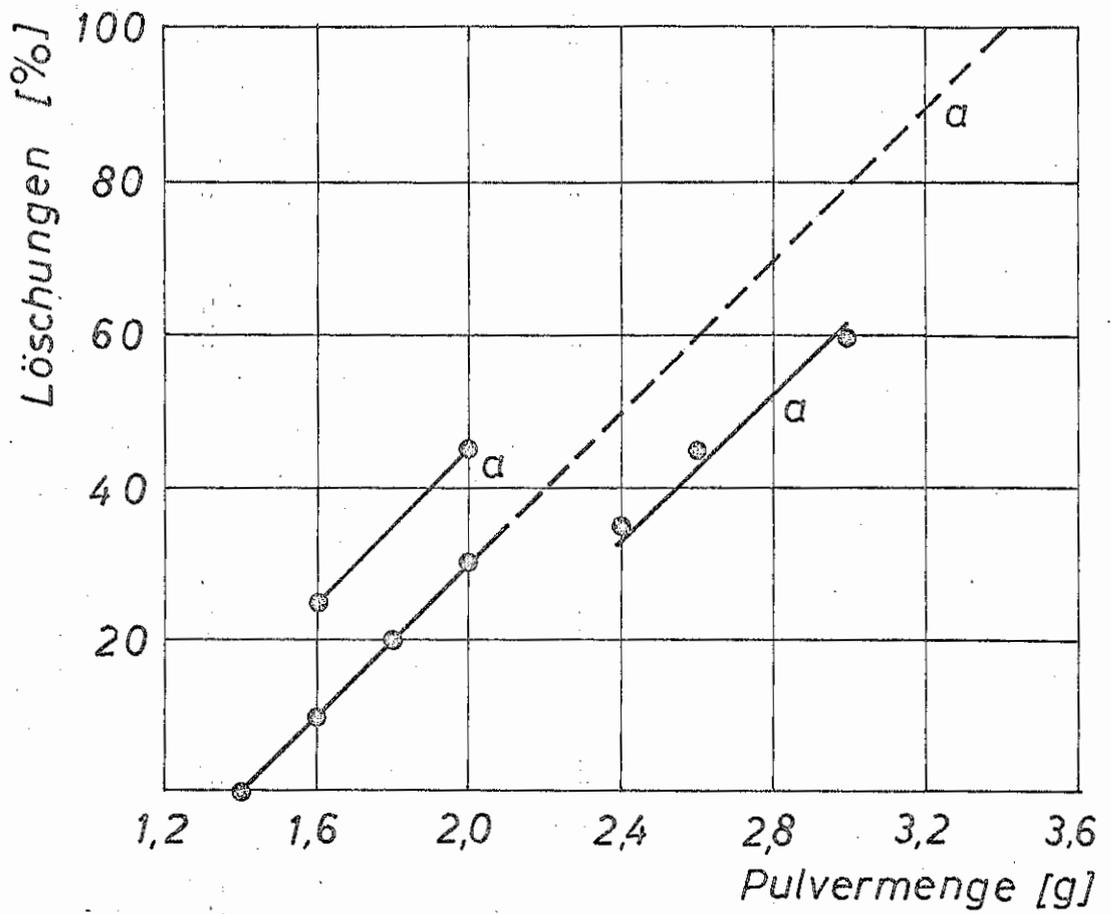


Bild 40. Omnia Kreide

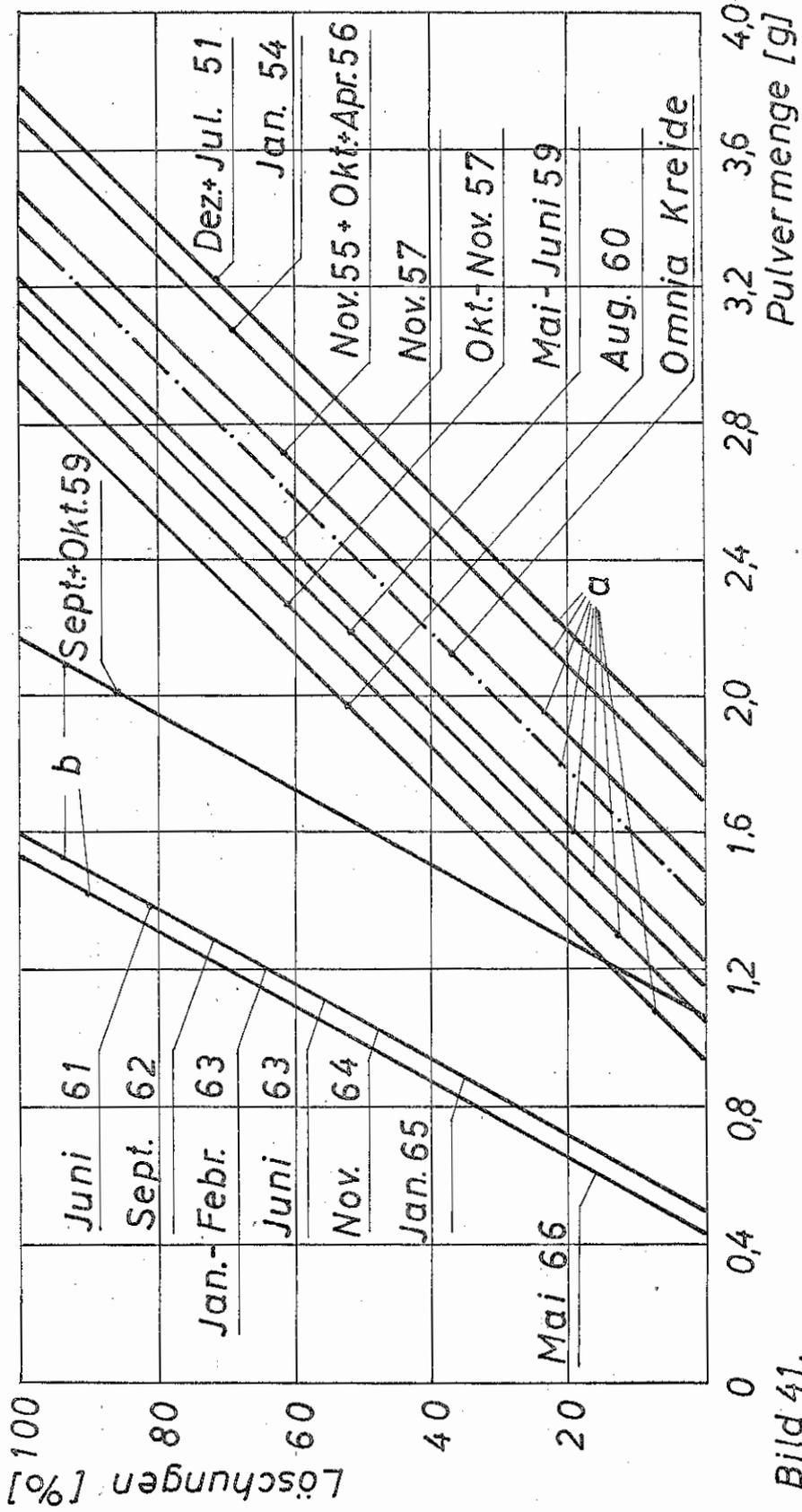


Bild 41.

Vergleich der Löschwirkung des Pulvers A im Jahre 1966 in Abhängigkeit vom Auslieferungsdatum. Zusätzlich ist noch Omnia-Kreide eingetragen.

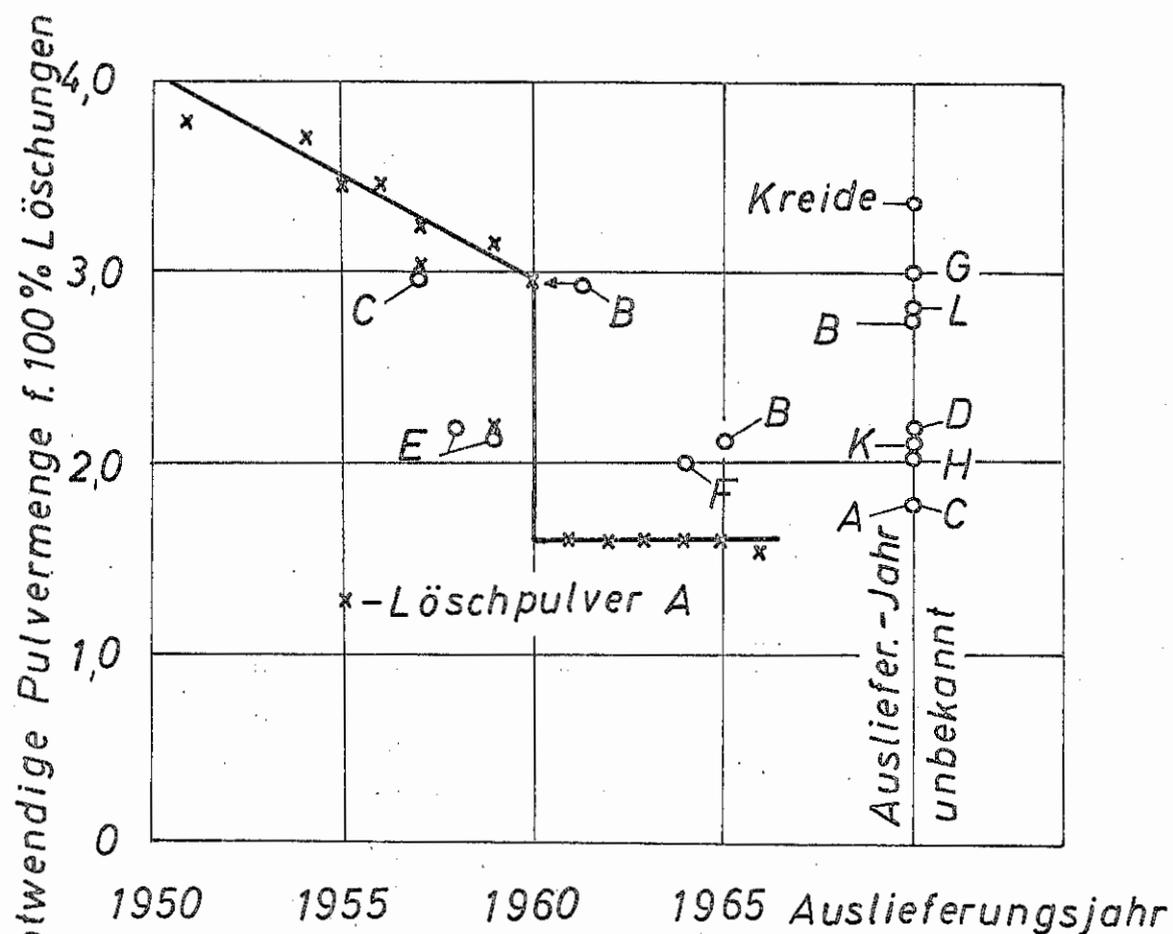
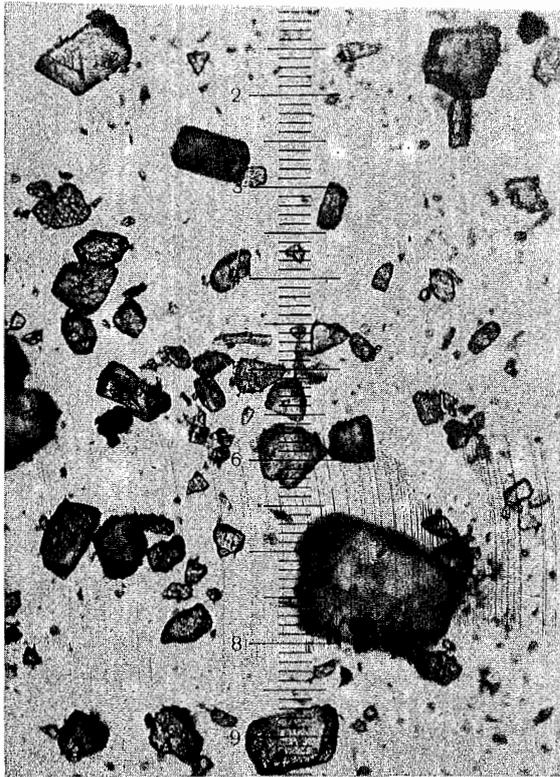


Bild 42. Abhängigkeit der Löschwirksamkeit versch. Pulver im Jahre 1966 von dem Auslieferungsdatum.

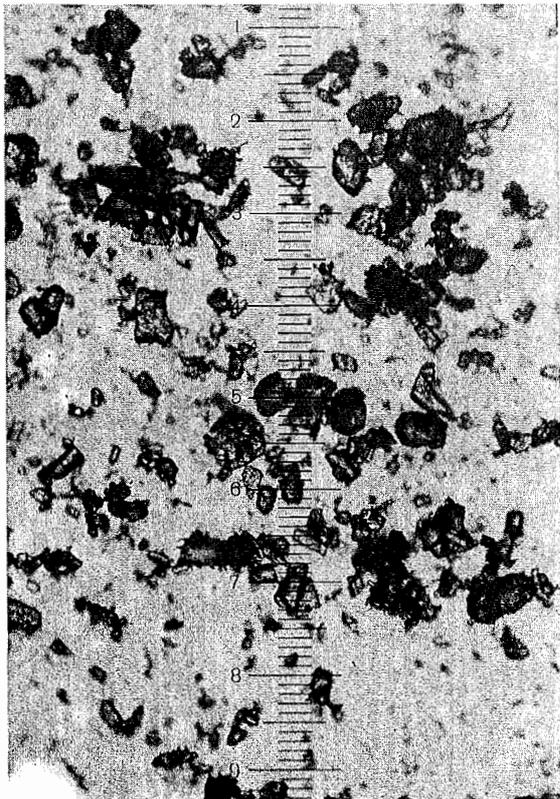
Mikroaufnahmen versch. Löschpulver 1 Teilstr. entspricht 14,8 μm



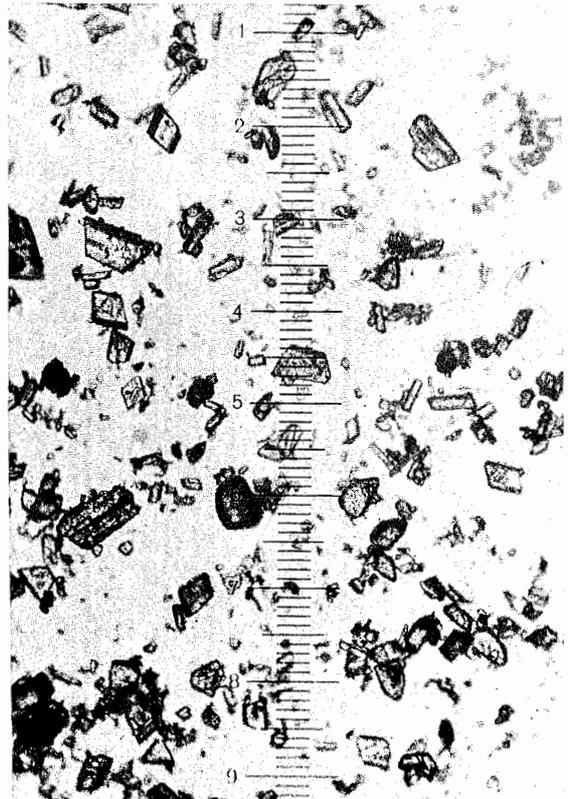
Löschpulver A - Dez. 51
Bild 43.



Löschpulver A - Jan. 54
Bild 44.

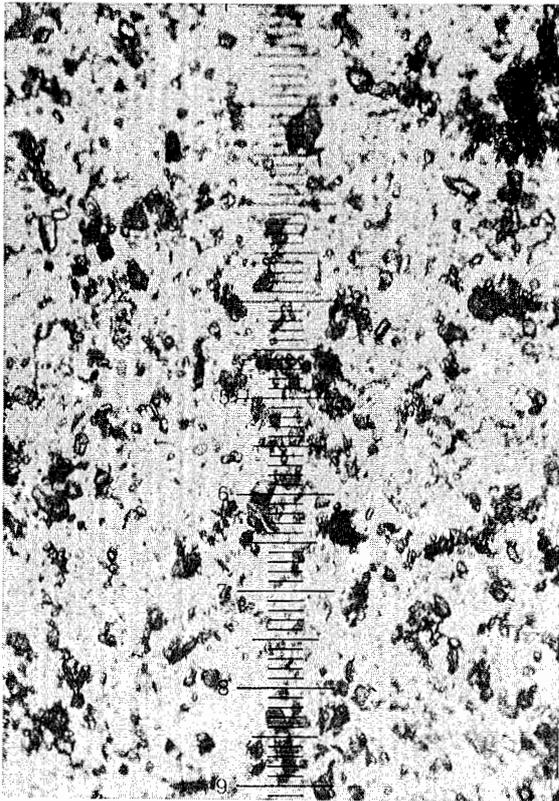


Löschpulver A - Sept./Okt. 59
Bild 45.

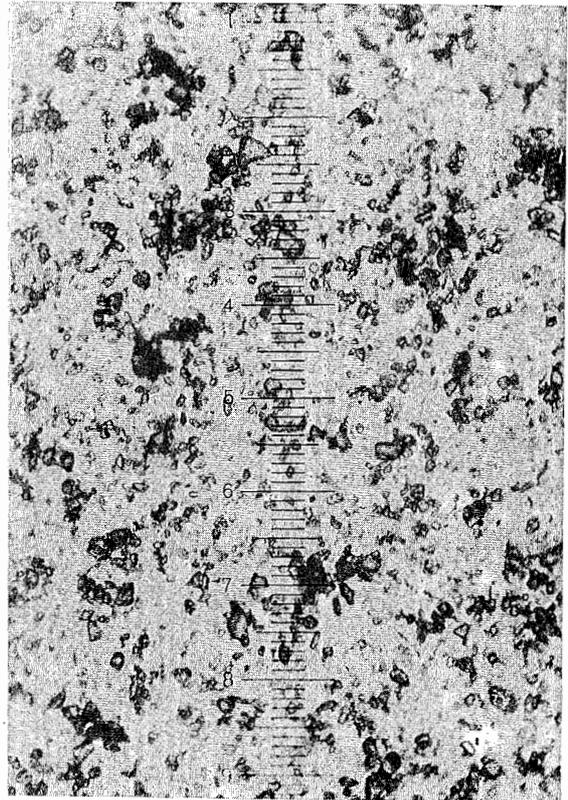


Löschpulver A - Aug. 60
Bild 46.

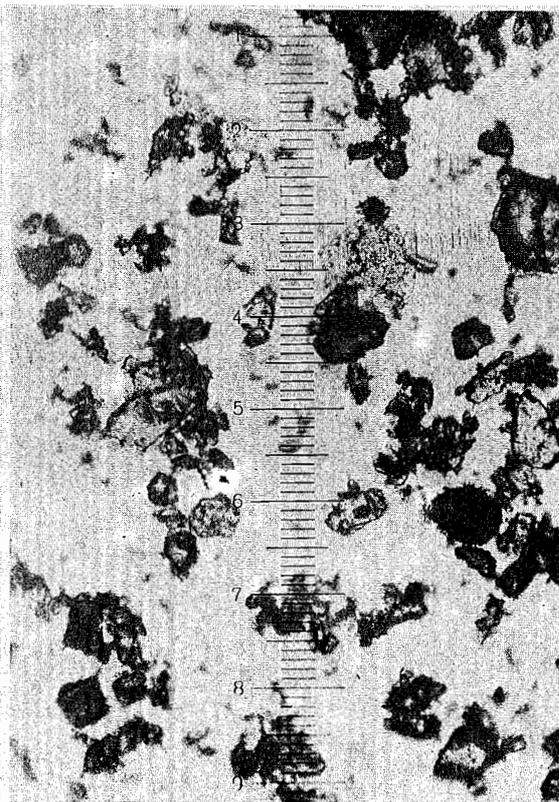
Mikroaufnahmen versch. Löschpulver 1 Teilstr. entspricht 14,8 μm



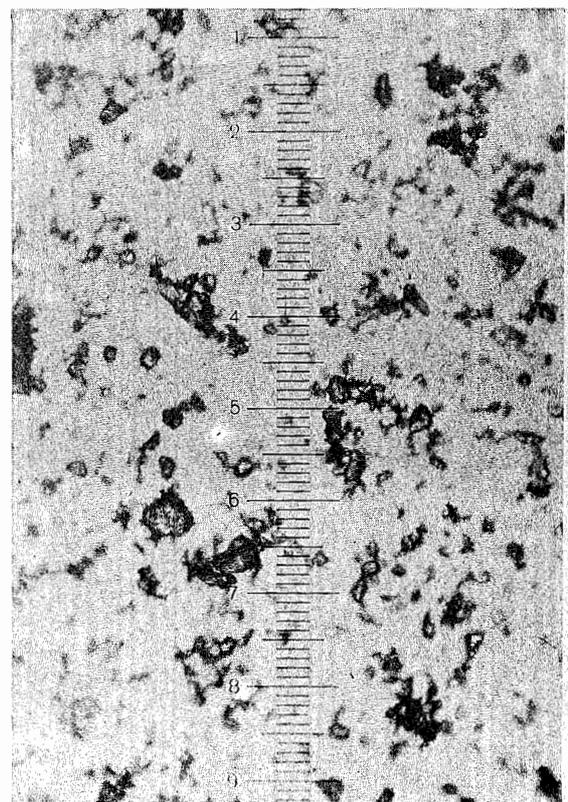
Löschpulver A - Sept. 62
Bild 47.



Löschpulver A - Jan. 65
Bild 48.

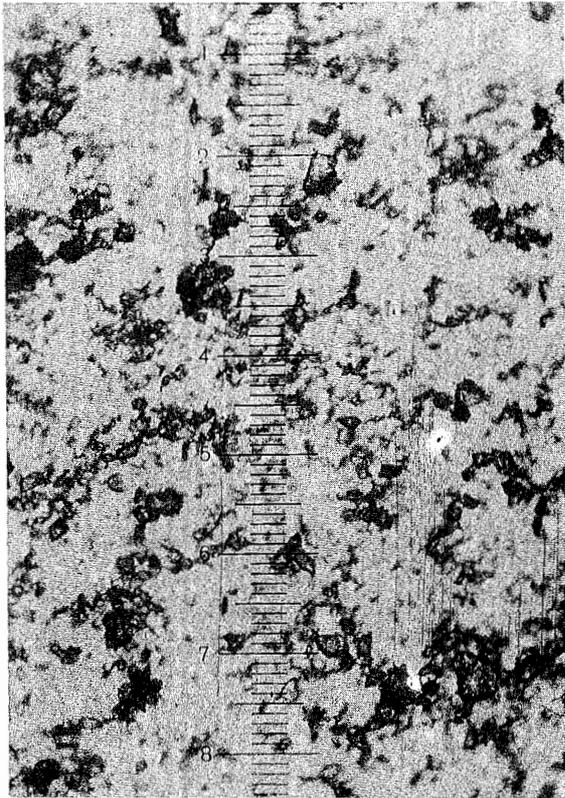


Löschpulver G - 64/65
Bild 49.

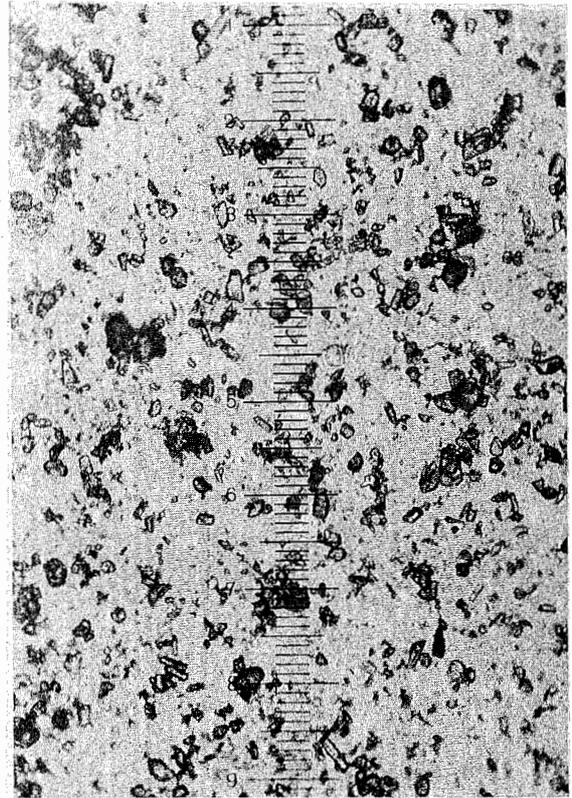


Löschpulver H - 64/65
Bild 50.

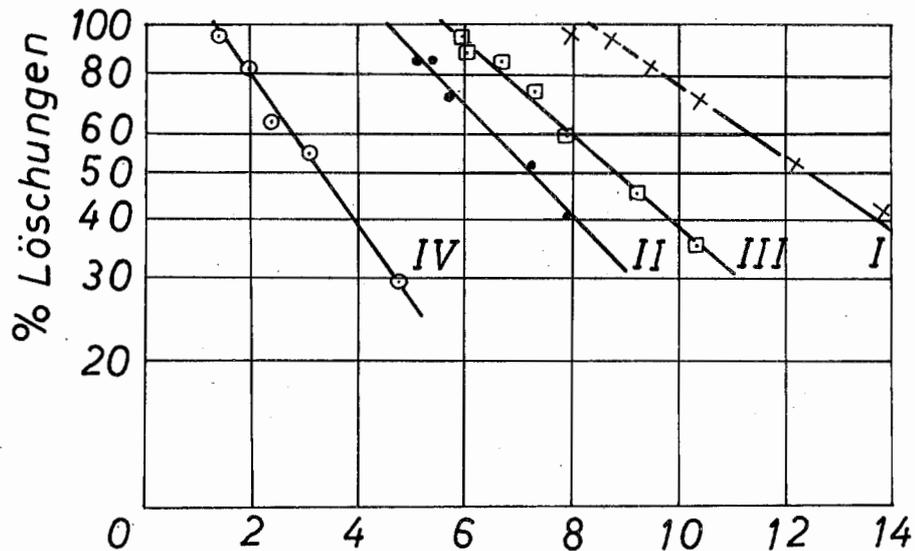
Mikroaufnahmen versch. Löschpulver 1 Teilstr. entspricht 14,8 μm



Löschpulver D - 64/65
Bild 51.



Löschpulver C - 64/65
Bild 52.



Anzahl der Lösungen mit 10gr. Pulver
Bild 53. Darstellung der an einer Testapparatur
nach Solvay gefundenen Abhängigkeit von
Pulvermenge und Löschwirksamkeit (nach[3]).

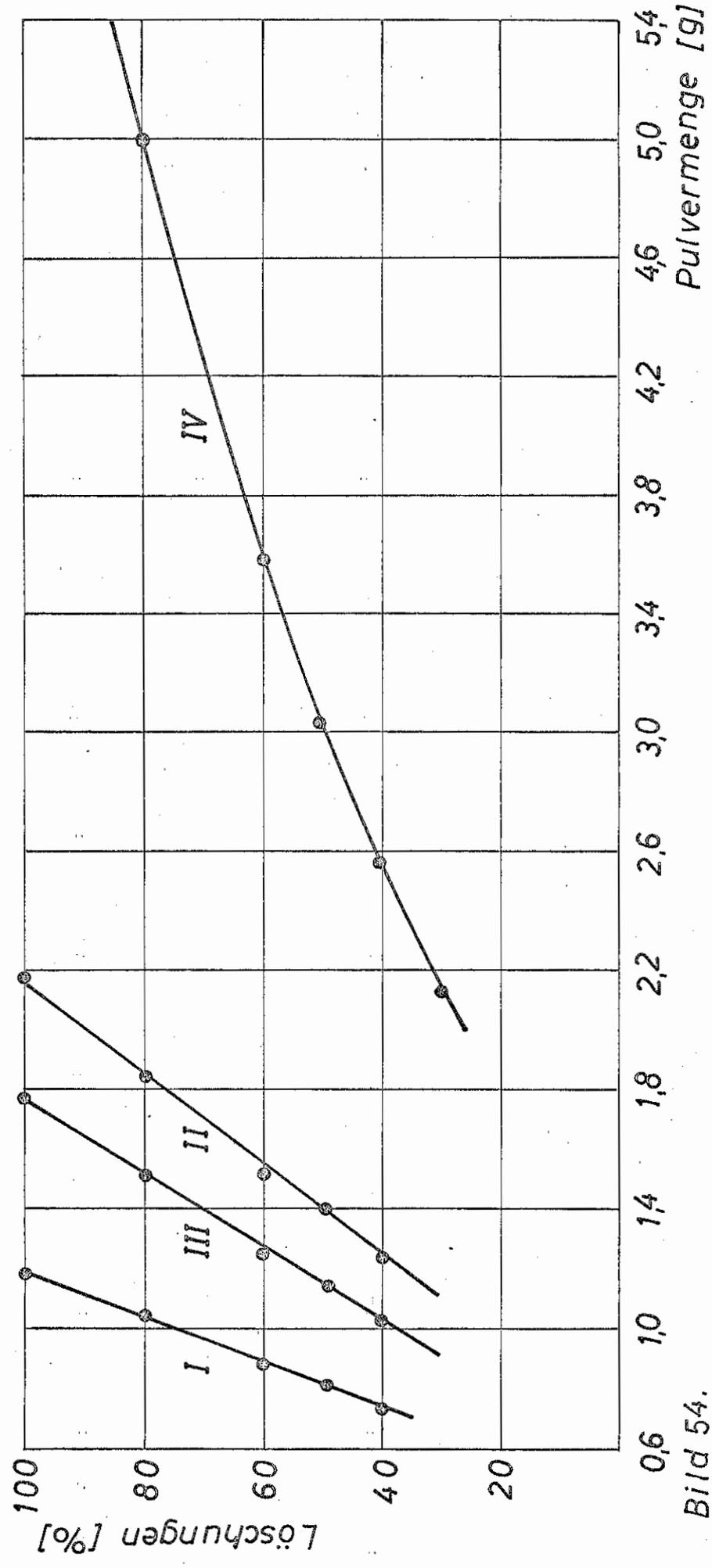


Bild 54.
Umzeichnung von Bild 53 in die von uns gewählte Darstellung