

**EUR 2225.d**

EUROPÄISCHE ATOMGEMEINSCHAFT - EURATOM

ENTWICKLUNG EINER STEUERUNG FÜR  
EINE AUTOMATISCHE  
KOHLEABBAUMASCHINE

von

K. SCHMIDT  
(INTERATOM)

1965



Bericht abgefasst von INTERATOM  
Internationale Atomreaktorbau G.m.b.H. - Bensberg/Köln, Deutschland

Euratom Vertrag Nr. 006-62-10 IRAD

## HINWEIS

Das vorliegende Dokument ist im Rahmen des Forschungsprogramms der Kommission der Europäischen Atomgemeinschaft (EURATOM) ausgearbeitet worden.

Es wird darauf hingewiesen, dass die Euratomkommission, ihre Vertragspartner und alle in deren Namen handelnden Personen :

- 1° — Keine Gewähr dafür übernehmen, dass die in diesem Dokument enthaltenen Informationen richtig und vollständig sind, oder dass die Verwendung der in diesem Dokument enthaltenen Informationen, oder der in diesem Dokument beschriebenen technischen Anordnungen, Methoden und Verfahren nicht gegen gewerbliche Schutzrechte verstößt ;
- 2° — Keine Haftung für die Schäden übernehmen, die infolge der Verwendung der in diesem Dokument enthaltenen Informationen, oder der in diesem Dokument beschriebenen technischen Anordnungen, Methoden oder Verfahren entstehen könnten.

Dieser Bericht wird zum Preise von 50,— bfrs. verkauft. Bestellungen sind zu richten an : PRESSES ACADEMIQUES EUROPEENNES — 98, chaussée de Charleroi, Brüssel 6.

Die Zahlung ist zu leisten durch Überweisung an die :

- BANQUE DE LA SOCIETE GENERALE (Agence Ma Campagne) - Brüssel - Konto Nr. 964.558 ;
- BELGIAN AMERICAN BANK AND TRUST COMPANY - New York - Konto Nr. 22.186 ;
- LLOYDS BANK (Europe) Ltd. - 10, Moorgate, London E.C.2 ;

als Bezug ist anzugeben : « EUR 2225.d — ENTWICKLUNG EINER STEUERUNG FÜR EINE AUTOMATISCHE KOHLEABBAUMASCHINE ».

Das vorliegende Dokument wurde an Hand des besten Abdruckes vervielfältigt, der zur Verfügung stand.

## EUR 2225.d

### ENTWICKLUNG EINER STEUERUNG FÜR EINE AUTOMATISCHE KOHLEABBAUMASCHINE von K. SCHMIDT (Interatom)

Europäische Atomgemeinschaft — EURATOM  
Bericht abgefasst von INTERATOM,  
Internationale Atomreaktorbau G.m.b.H. -  
Bensberg/Köln (Deutschland)  
Euratom Vertrag Nr. 006-62-10 IRAD  
Brüssel, Januar 1965 — 33 Seiten — 13 Abbildungen

Es wurde ein Messkopf zur Steuerung automatischer Kohleabbaumaschinen entwickelt. Hierfür wird die unterschiedliche Rückstreuung der Bremsstrahlung eines Beta-Strahlers von Kohle und Gestein zur Messung der Kohleschichtdicke ausgenutzt. Die Bremsstrahlenquelle wird aus 500 mC Krypton-85 mit einem 0,1 mm starken Blei-Ziel gebildet. Die Intensität der gestreuten Strahlung wird mit einem Geiger-Müller-Zählrohr gemessen. Die Elektronik des Messkopfes weist die für den Bergbau erforderliche Eigensicherheit auf. Kohleschichtdicken von 0-8 cm auf Gestein können mit einer 10 %igen Genauigkeit sicher gemessen werden.

## EUR 2225.d

### DESIGN OF A CONTROL SYSTEM FOR AN AUTOMATIC COAL-CUTTER by K. SCHMIDT (Interatom)

European Atomic Energy Community — EURATOM  
Work prepared by INTERATOM,  
Internationale Atomreaktorbau G.m.b.H. -  
Bensberg/Köln (Germany)  
Euratom Contract N°. 006-62-10 IRAD  
Brussels, January 1965 — 33 pages — 13 figures

The report describes a measuring head designed for controlling automatic coal-cutters. In it, use is made of the variation in the backscattering of the Bremsstrahlung of a  $\beta$ -emitter from coal and rock in order to measure the thickness of the coal layer. The Bremsstrahlung source consists of 500 mC of krypton-85 with a lead target 0.1 mm thick. The intensity of the scattered radiation is measured with a GM counter. The electronics of the measuring head exhibit the intrinsic safety characteristics required in mining. Coal layers 0-8 cm thick on top of rock can be reliably measured to an accuracy of within 10 %.

## EUR 2225.d

### DESIGN OF A CONTROL SYSTEM FOR AN AUTOMATIC COAL-CUTTER by K. SCHMIDT (Interatom)

European Atomic Energy Community — EURATOM  
Work prepared by INTERATOM,  
Internationale Atomreaktorbau G.m.b.H. -  
Bensberg/Köln (Germany)  
Euratom Contract N°. 006-62-10 IRAD  
Brussels, January 1965 — 33 pages — 13 figures

The report describes a measuring head designed for controlling automatic coal-cutters. In it, use is made of the variation in the backscattering of the Bremsstrahlung of a  $\beta$ -emitter from coal and rock in order to measure the thickness of the coal layer. The Bremsstrahlung source consists of 500 mC of krypton-85 with a lead target 0.1 mm thick. The intensity of the scattered radiation is measured with a GM counter. The electronics of the measuring head exhibit the intrinsic safety characteristics required in mining. Coal layers 0-8 cm thick on top of rock can be reliably measured to an accuracy of within 10 %.

## EUR 2225.d

### DESIGN OF A CONTROL SYSTEM FOR AN AUTOMATIC COAL-CUTTER by K. SCHMIDT (Interatom)

European Atomic Energy Community — EURATOM  
Work prepared by INTERATOM,  
Internationale Atomreaktorbau G.m.b.H. -  
Bensberg/Köln (Germany)  
Euratom Contract N°. 006-62-10 IRAD  
Brussels, January 1965 — 33 pages — 13 figures

The report describes a measuring head designed for controlling automatic coal-cutters. In it, use is made of the variation in the backscattering of the Bremsstrahlung of a  $\beta$ -emitter from coal and rock in order to measure the thickness of the coal layer. The Bremsstrahlung source consists of 500 mC of krypton-85 with a lead target 0.1 mm thick. The intensity of the scattered radiation is measured with a GM counter. The electronics of the measuring head exhibit the intrinsic safety characteristics required in mining. Coal layers 0-8 cm thick on top of rock can be reliably measured to an accuracy of within 10 %.



**EUR 2225.d**

EUROPÄISCHE ATOMGEMEINSCHAFT - EURATOM

ENTWICKLUNG EINER STEUERUNG FÜR  
EINE AUTOMATISCHE  
KOHLEABBAUMASCHINE

von

K. SCHMIDT  
(INTERATOM)

1965



Bericht abgefasst von INTERATOM  
Internationale Atomreaktorbau G.m.b.H. - Bensberg/Köln, Deutschland

Euratom Vertrag Nr. 006-62-10 IRAD

Manuskript erhalten am 23.10.1964.

## INHALTSVERZEICHNIS

1) Problemstellung .....	5
2) Bekannte Methoden mit radioaktiven Isotopen .....	8
3) Aufgabenstellung .....	11
4) Vorgesehene Lösung .....	11
5) Kohle- und Gesteinsproben .....	12
6) Radioaktive Isotope .....	12
7) Kollimatoranordnungen .....	13
8) Ergebnisse .....	13
9) Erste Erprobung des Prototyps im Stein- kohlenbergbau .....	18
Bibliographie .....	19



1) Problemstellung

Ausgedehnte Vorkommen hochwertiger Kohle findet man in verschiedenen europäischen Ländern in Form dünner Flöze, deren wirtschaftlicher Abbau von beträchtlicher Bedeutung für die Bergbauindustrie ist. Während der letzten Jahre sind große Fortschritte in der Mechanisierung der Kohlegewinnung gemacht worden, jedoch sind im allgemeinen diese Maschinen und Praktiken nur auf stärkere Flöze anwendbar.

Der Abbau dünner Flöze - selbst dort, wo ein gewisses Maß der Mechanisierung angewandt worden ist - bedingt eine mühselige Arbeit für die Männer am Kohlenstoß. Bei solchen Flözen ist es noch nicht einmal möglich, auf Händen und Knien den Streb entlangzukriechen. Der Bergmann muß auf seinem Bauche kriechen und die Abstützung für das Hangende den Streb entlangschleppen.

Bergbauingenieure in allen Ländern haben viel über das Problem des Bergbaubetriebes bei dünnen Flözen nachgedacht. Während ein beschränkter Erfolg mit verschiedenen Arten von Kohlehobeln und anderen Maschinen erzielt wurde, ist es wohl unwahrscheinlich, daß eine Entwicklung längs der Linien der althergebrachten Langstoß-Bergbausysteme zu einem wirtschaftlichen Abbau dünner Flöze führen dürfte und gleichzeitig wesentlich die mühselige Art der erforderlichen menschlichen Anstrengungen vermindert.

Aus dieser Erkenntnis heraus ist in verschiedenen Ländern die Idee einer revolutionierenden Kohleabbaumaschine mit einer entsprechenden Arbeitsmethode geboren worden. Es ist ein größeres Abgehen von den vorhandenen Methoden, die in hohem Maße automatisches Arbeiten und eine vollständige Fernsteuerung der Maschine durch Bedienungsleute, die auf einer gut abgestützten Straße arbeiten, mit sich bringen.

Während bisher Kohlehobler die hauptsächlichsten Abbaugeräte sind, erscheinen nun Schrämmaschinen für den halbautomatischen und automatischen Betrieb auf dem Markt. Es scheint, daß diese Maschinen für einen automatischen Kohleabbau besser geeignet sind. Walzen, die mit Meißeln versehen sind, brechen die Kohle. Die Konstruktionen dieser Maschinen sind sehr verschieden. Sie haben eine oder mehrere Walzen, die sich verstellen lassen, so daß sie der Kohle-Gesteingrenze folgen können.

Die Kohleabbaumaschinen arbeiten auf eine Länge von ca. 200 m, an deren Enden sich Förderstrebe befinden. Von den Kohleabbaumaschinen wird über Förderer das Abbaugut zu den Förderstreben transportiert. Die Arbeitsgeschwindigkeit beträgt bei Schrämmaschinen ca. 1 m/min., während bei Kohlehoblern 100 m/min. und mehr möglich sind.

Durch die Verstellbarkeit der Walzen bei der Schrämmaschine eignen sich diese besser für den automatischen Betrieb als Kohlehobler, die eine Einstellungsveränderung bis heute noch nicht aufweisen. Durch Änderungen an diesen letzteren Maschinen wäre eine Entwicklung zur Automatisierung aber auch möglich.

Darüberhinaus gibt es in verschiedenen Ländern (Deutschland, England, Rußland) neue Konzeptionen für Kohleabbaumaschinen, die als gemeinsames Merkmal haben, daß ein Strebausbau auf der Förderstrecke nicht mehr erforderlich ist. Auch diese Maschinen werden in der Literatur als Schrämmaschinen aufgeführt.

Der wirtschaftliche Einsatz dieser neuartigen Kohleabbau-  
maschinen ist stark von ihrer Steuerbarkeit abhängig. Die  
Maschinen müssen den Krümmungen der Flöze nachgesteuert  
werden, damit diese sich nicht in das Liegende oder Hangen-  
de hineinfressen und unnütz Berge fördern und die Schneid-  
werkzeuge verschleifen. Dazu ist die ständige Messung der  
Dicke der nicht abgebauten Kohleschicht auf dem Liegenden  
unter den Abbaumaschinen notwendig. Das Meßergebnis muß  
zur Bedienungsstelle in den abgestützten Streb übertragen  
werden, damit die Maschinen entsprechend diesen Meßergeb-  
nissen der Krümmung des Flözes nachgesteuert werden können.  
Für diese Kohleschichtdickenmessungen wird die Forderung  
gestellt, daß eine Kohleschichtdicke auf dem Liegenden von  
2 - 5 cm Kohle sicher erfaßt wird. Eine Messung der nicht  
abgebauten Kohlenschicht am Hangenden über der Maschine  
ist nicht notwendig, da die nicht abgebaute Kohle am Han-  
genden sich von diesem löst und herunterfällt. Deswegen ist  
eine Steuerung der Maschine nur nach den Wölbungen des Lie-  
genden notwendig.

2) Bekannte Methoden mit radioaktiven Isotopen.

Klassische Methoden zur Messung solcher Kohlenschichtdicken auf dem Liegenden sind nicht bekannt, wohl aber Methoden mit radioaktiven Isotopen.

Die bekannteste Methode dürfte die der Bohrlochuntersuchung sein. Bei solchen Untersuchungen geht es u.a. um die Auffindung von Kohlenflözen. Hierzu wird eine radioaktive Strahlenquelle und ein Strahlendetektor als Sonde vereint in das Bohrloch hinuntergelassen, die Intensität der von den Bohrlochwänden zurückgestreuten Strahlung gemessen und in Abhängigkeit von der Sondentiefe registriert. Bei dieser Untersuchung wird also immer die Intensität der zurückgestreuten Strahlung von einer für die Strahlung unendlich dicken Schicht registriert.

Da bei der Kohlenschichtdickenmessung nur ein Zwischenstadium der Zustände "unendlich dicke Steinschicht" und "unendlich dicke Kohlenschicht" vorliegt, liegt es nahe, die Rückstreuung der Gamma-Strahlung bei Bohrloch-Untersuchungen näher zu betrachten.

Im folgenden sind die Ergebnisse solcher Bohrloch-Untersuchungen zusammengefaßt (1):

- a) Die Intensität der gestreuten Strahlung nimmt mit zunehmender Dichte der Schicht ab, d.h. das Signal von einer unendlich dicken Steinschicht ist kleiner als das von einer unendlich dicken Kohlenschicht. Für den Zwei-Schichten-Körper Kohle auf einer unendlich dicken Steinschicht heißt dies: Mit zunehmender Dicke der Kohleschicht auf dem Gestein steigt die Intensität der gestreuten Strahlung.

- b) Mit zunehmender Energie der Gamma-Strahlung sinkt der Unterschied zwischen den Signalen von einer unendlich dicken Steinschicht und einer unendlich dicken Kohlschicht, d.h. mit zunehmender Energie der Gamma-Strahlung fällt die Empfindlichkeit dieser Meßmethode.
- c) Mit zunehmendem Abstand zwischen Strahlenquelle und Strahlendetektor steigt die Empfindlichkeit dieser Meßmethode. Da mit zunehmendem Abstand zwischen Quelle und Detektor die Zahl der Streuprozesse steigt und damit die Gamma-Strahlung energieärmer (Aufweichung) wird, wird die Photoabsorption gegenüber der Compton-Absorption immer wirksamer. Wegen der starken Abhängigkeit der Photoabsorption von der Ordnungszahl  $Z$  steigt mit der Aufweichung der Gamma-Strahlung die Meßempfindlichkeit. Auch nimmt mit zunehmendem Abstand zwischen Quelle und Detektor das Signal, welches durch Streuung (Compton-Prozess) an der Bohrlochoberfläche den Detektor erreicht, ab. Hierdurch wird ebenfalls die Meßempfindlichkeit gesteigert.

Diese Ergebnisse zeigen, daß eine Kohlschichtdickenmessung auf Gestein mit Radioisotopen möglich sein sollte. Wegen der besseren Meßempfindlichkeit sollte ein weicher Gamma-Strahler verwendet werden. Mit zunehmender Dicke der Kohlschicht auf dem Gestein ist dann mit einem Ansteigen der Intensität der rückgestreuten Strahlung zu rechnen. Durch geeignete Kollimatoren vor Quelle und Detektor kann die Meßempfindlichkeit noch gesteigert werden, da die von der Oberfläche gestreute Strahlung dann nicht gemessen wird.

Solch ein Verfahren für die Kohleschichtdickenmessung auf Gestein wurde schon 1958 (2) vorgeschlagen. Der Verfasser ging ebenfalls von den Ergebnissen der Bohrlochuntersuchungen aus und schlug die Steuerung von selbsttätigen Kohlegewinnungsmaschinen nach dem Liegenden mittels Kohleschichtdickenmessung vor. Die Versuche steckten aber noch in den Anfängen, so daß keine konkreten Angaben über die Realisierbarkeit des Vorschlages gemacht wurden.

Konkrete Angaben über ein Kohlenschichtdickenmeßgerät werden in der Beschreibung des "Midget Miner" gemacht (3). Als Gamma-Strahlen-Quelle wird die Strahlung von 125 mC Thulium-170 verwendet; die Halbwertszeit von Tm-170 beträgt 127 Tage. Der Strahlendetektor wird aus drei Geiger-Müller-Zählrohren gebildet. Die Zählrohrimpulse werden verstärkt und über ein Kabel der Ratemetereinheit zugeführt. Die Anzeige ist auf Kohleschichtdicke geeicht.

Das Gerät wird mit zwei 22,5 Volt Batterien betrieben, für die eine Lebensdauer von 40 Tagen bei 8 Stunden Betriebsdauer pro Tag angegeben wird. Das Gerät einschließlich Batterie erfüllt die für den Bergbau erforderliche Eigensicherheit.

Dieses Kohleschichtdickenmeßgerät wird auch für die Vertikalsteuerung des Collins -Miner verwendet (4). Die Gamma-Strahlen-Quelle ist wiederum Thulium-170, und als Detektor sind drei Geiger-Müller-Zählrohre eingesetzt. Inzwischen ist auch bekannt geworden, daß mit Krypton-85 und Americium-241 als Gamma-Strahlen-Quelle Versuche durchgeführt wurden; welches dieser Isotope heute verwendet wird, ist nicht bekannt.

3) Aufgabenstellung

Die Bedingungen und Grenzen der Verwendbarkeit von Kernstrahlungsrückstreuverfahren zur zuverlässigen automatischen Steuerung von Kohleabbaumaschinen sollen untersucht werden. Bei Berücksichtigung der praktischen Verhältnisse sollen die bestmögliche Meßanordnung und das bestmögliche Verfahren in einem Meßkopf verifiziert werden. Kohleschichtdicken von 0 - 10 cm sollen von dem Meßkopf sicher gemessen werden.

4) Vorgesehene Lösung

Die unterschiedliche Rückstreuung der Kern- und Röntgenstrahlung von Kohle und Gestein soll zur Messung der Kohleschichtdicke auf dem Gestein ausgenutzt werden.

Als Strahlenquelle kommen weiche Gamma-Strahler oder Bremsstrahlenquellen in Frage. Bei weicher Gamma-Strahlung ist die Photoabsorption demonierend. Sie ist proportional  $Z^3$  bis  $Z^5$ . Daher ist mit zunehmender Dicke der Kohleschicht auf dem Gestein eine Steigerung der Intensität der gestreuten Strahlung zu erwarten. Die Intensität der gestreuten Strahlung wird gemessen und ist ein Maß für die Dicke der Kohleschicht.

5) Kohle- und Gesteinsproben

1. Kohle aus Zeche Lohberg,	Kohle ZL genannt	= 1,440 g/cm <sup>3</sup>
2. Stein aus Zeche Lohberg,	Stein ZL genannt	= 2,559 g/cm <sup>3</sup>
3. Kohle aus Grube Mayrisch,	Kohle GM genannt	= 1,308 g/cm <sup>3</sup>
4. Stein aus Grube Mayrisch,	Stein GM genannt	= 2,930 g/cm <sup>3</sup>
5. Kohle aus Grube Anna,	Kohle GA genannt	= 1,335 g/cm <sup>3</sup>

Die Zeche Lohberg gehört zum Abbauraum Ruhrgebiet, Grube Mayrisch und Grube Anna gehören zum Abbauraum Aachener Kohlenrevier.

Die Kohle- und Gesteinsproben wurden in Platten verschiedener Dicke geschnitten, um verschiedene Dicken der Kohleschicht auf einer als unendlich dick anzusehenden Gesteinsschicht einzustellen zu können.

6) Radioaktive Isotopen

Für die Untersuchungen wurden folgende radioaktive Isotopen eingesetzt:

Kobalt-60  
Caesium-137  
Strontium-90  
Thulium-170  
Krypton-85  
Promethium-147

Die Beta-Strahler wurden als Bremsstrahlenquellen mit verschiedenen Targets verwendet.

## 7) Kollimatoranordnungen

In der Hauptsache wurden zwei Kollimatoranordnungen verwendet.

Abb. 1a) Quelle und Detektor wurden mit einem Kollimator versehen; die Kollimatorachsen bildeten einen Winkel von ca.  $90^{\circ}$ . Die Kollimatoren hatten auf der Kohle-Stein-Schicht eine gemeinsame Sichtfläche.

Abb. 1b) Die Kollimatorachsen wurden beide senkrecht auf die Kohle-Stein-Schicht gerichtet. Der Abstand zwischen beiden betrug 150 - 200 mm. Die Kollimatoren hatten keine gemeinsame Sichtfläche.

## 8) Ergebnisse

Die Intensität der rückgestreuten Strahlung verschiedener Gamma- und Bremsstrahlenquellen wurde gemessen. Dabei wurden Kohlesorte, Dicke der Kohleschicht, Gesteinsunterlage und Anordnung Quelle - Prüfling - Detektor variiert.

Zu Beginn wurden Messungen mit einer Kollimatoranordnung mit gemeinsamer Sichtfläche, wie in Abb. 1a) dargestellt, durchgeführt. Der Rückstreueffekt war verhältnismäßig klein. Abb. 2 zeigt den Meßeffect mit einer Pm-147-Bremsstrahlenquelle in Abhängigkeit von der Kohleschichtdicke auf dem Gestein. Der Anstieg der Kurve ist recht steil; d.h. daß aufgrund der gemeinsamen Sichtfläche der Kollimatoren die Oberflächenstreuung dominierend ist. Die Kohlesorte wirkt sich stark auf den Meßeffect aus.

Durch Veränderung der Kollimatoranordnung, so, daß der Winkel zwischen den Kollimatorachsen kleiner wurde und daß die Kollimatoren keine gemeinsame Sichtfläche mehr hatten, konnte das Ergebnis (Abb. 3) schon verbessert werden. Der Anstieg der Kurve ist nicht so steil. Die Kohlesorte hat keinen nennenswerten Einfluß auf den Meßeffect.

Bei dieser Meßanordnung trat der größtmögliche Meßeffect nicht mehr bei sehr weicher Strahlung (Pm-147-Bremsstrahlung) auf. Mit Tm-170- (Abb. 4) und Sr/Y-90-Bremsstrahlen wurden noch größere Meßeffecte erreicht. Die verhältnismäßig harte Cs-137-Gammastrahlung ergab dagegen keinen nennenswerten Meßeffect.

In der Kollimatoranordnung, wie sie in Abb. 1b) dargestellt ist, wurden die größten Meßeffecte erreicht. Abb. 5 zeigt den Meßeffect in Abhängigkeit von der Kohleschichtdicke. Die durch unterschiedliche Kohlesorten bedingten Meßwertunterschiede sind verhältnismäßig gering, die durch unterschiedliche Steinsorten bedingten relativ groß.

Die Untersuchungen zeigten, daß die Verwendung eines Geiger - Müller-Zählrohrs oder eines Szintillationszählers für die Größe des Meßeffects ohne Bedeutung ist.

In Abb. 6 ist der Meßeffect in Abhängigkeit von der Dicke der Kohleschicht, gemessen mit einem Geiger-Müller-Zählrohr, aufgetragen. Die Kohlesorte ist nahezu ohne Einfluß. Der Dichteunterschied in der Gesteinsunterlage macht sich stark bemerkbar.

Abb. 7 zeigt die Abhängigkeit des Meßeffectes vom Abstand Quelle - Detektor und von der Bleidicke zwischen Quelle und Detektor. Die Darstellung zeigt deutlich, daß es für eine bestimmte Bleiabschirmung zwischen Quelle und Detektor einen für den Meßeffect optimalen Abstand Quelle - Detektor gibt. Auch geht aus

der Darstellung deutlich hervor, wie stark der Meßeffect durch eine ungenügende Bleiabschirmung zwischen Quelle und Detektor reduziert wird.

Abb. 8 zeigt die Größe des Meßeffects für 5 cm Kohle auf Gestein als Funktion der Strahlenquelle. Tm-170 bringt den größten Meßeffect, aber auch mit Co-60 ist ein noch verwertbarer Meßeffect erreichbar.

Wie die Ergebnisse zeigen, ist die in Abb. 1b) gezeigte Kollimatoranordnung für die Bestimmung der Kohleschichtdicke auf Gestein für den Bereich 0 - 10 cm recht gut geeignet. Der Einfluß der Kohlesorte ist verhältnismäßig gering. Der Einfluß der Gesteinssorten ist größer. Da sich aber die Kohle- und Gesteinszusammensetzung in einem Revier nicht wesentlich ändert, ist dieser Einfluß ohne Bedeutung. Das Meßgerät muß nur für jedes Abbaugelände getrennt geeicht werden.

Die gewonnenen Ergebnisse wurden für den Bau eines Meßkopf-Prototyps verwertet.

Thulium-170 bringt den weitaus besten Meßeffect, ist jedoch auf Grund seiner kurzen Halbwertszeit für ein Betriebsmeßgerät wenig geeignet.

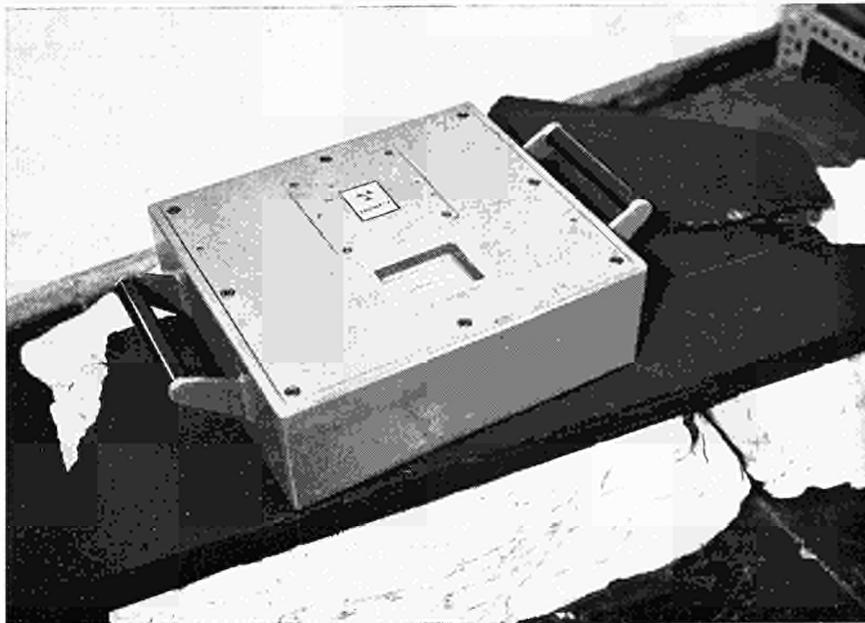
Strontium-90 liefert ebenfalls einen guten Meßeffect, sollte aber wegen seiner starken Toxizität für ein stark beanspruchtes Betriebsmeßgerät nicht verwendet werden.

Am besten geeignet scheint noch Krypton-85 zu sein. Der mit Krypton-85 erreichte Meßeffect beträgt zwar nur  $\frac{2}{3}$  des mit Thulium-170 erreichten und ist auch noch etwas kleiner als der mit Strontium-90 erreichte, ist jedoch genügend groß. 5 cm Kohle auf einer als unendlich dick anzusehenden Gesteinsschicht ergab einen

Meßeffect von 350 %. Da der Meßwert bis zu diesem Wert annähernd linear ansteigt, ergibt sich ein Meßeffect von 70 %/cm Kohle. Damit können 1 - 2 cm Kohle auf Gestein sicher gemessen werden.

Die Halbwertszeit von Krypton-85 ist mit 10 Jahren genügend groß. Außerdem ist Krypton-85 ein verhältnismäßig ungefährliches Isotop, da bei einer Beschädigung der Quelle eine Kontamination von höherer Konzentration aufgrund seines gasförmigen Zustandes nicht möglich ist.

Mit einer 500 mC Krypton-85-Bremsstrahlenquelle mit einem 0,1 mm starken Bleitarget wurde der Prototyp eines Meßkopfes gebaut.



Kohlenschichtdickenmeßgerät (Prototyp)

Abb. 9 zeigt eine Schnittzeichnung des Prototyps. Die Bremsstrahlung der Quelle (Teil 47) dringt senkrecht nach unten durch das Fenster (Teil 23) (2 mm V2A-Blech) in die Kohleschicht und in das Gestein. Über Mehrfachstreuung gelangt die Strahlung durch das Zählrohrfenster (Teil 22) in das Geiger-Müller-Zählrohr (Teil 46). Das Geiger-Müller-Zählrohr (Teil 46) registriert die Intensität der Strahlung.

Durch genügend Blei (Teil 10, 11, 15, 52) wird direkte Strahlung von der Quelle zum Geiger-Müller-Zählrohr ausgeschlossen.

Abb. 10 zeigt den elektronischen Teil des Meßkopfes.

Die Zählrohrimpulse werden verstärkt und durch Übersteuerung der dritten Stufe in Einheitsrechteckimpulse umgeformt. An der Diodenanordnung entsteht eine der Impulszahl proportionale Gleichspannung, die nochmals verstärkt zur Anzeige gebracht wird. Im Ruhezustand sind alle Transistoren stromlos, so daß der Aufnahme Strom möglichst gering ist. Die Hochspannung für das Zählrohr wird durch eine Sperrschwingerschaltung erzeugt.

Die Elektronik ist in gedruckter Schaltung ausgeführt und in eine Gießharzmasse vergossen. Der Batterieteil ist ebenfalls in Gießharz gebettet. Widerstände begrenzen den Kurzschlußstrom der Batterie; Dioden begrenzen die Ausgangsspannung für das Anzeigeinstrument. Durch das Vergießen in Kunstharz und die Begrenzung des Kurzschlußstroms und der Ausgangsspannung ist der Meßkopf eigensicher gestaltet worden.

Mit diesem Meßkopf wurden nochmals Messungen der Kohleschichtdicke auf Gestein durchgeführt.

Abb. 11 zeigt die Ergebnisse.

Bis 8 cm Kohle ist ein annähernd linearer Anstieg zu verzeichnen; die Kohleschichtdicke läßt sich in diesem Bereich recht gut bestimmen. Die Streuung der Meßpunkte ist auf die Ungenauigkeit der Kohleschichtdicken, auf die manchmal ungenügende Größe der Kohleplatten und auf die verschiedenen Gesteinsunterlagen zurückzuführen.

9) Erste Erprobung des Prototyps im Steinkohlenbergbau.

Für die Erprobung des Meßkopf-Prototyps im Steinkohlenbergbau mußte dieser von der Berggewerkschaftlichen Versuchsstrecke, Dortmund-Derne, auf seine Eigensicherheit geprüft werden. Die Bedingungen für die Eigensicherheit wurden von dem Meßkopf einschließlich der Energieversorgung und dem Anzeigeteil erfüllt, und die entsprechende Bescheinigung wurde ausgestellt.

Die INTERATOM-Genehmigung für den Umgang mit radioaktiven Stoffen (Krypton 85) wurde vom Bergbau für die Versuchsdurchführung durch INTERATOM anerkannt, und ein entsprechender Betriebsplan war von der Bergbaubehörde für die Versuche genehmigt.

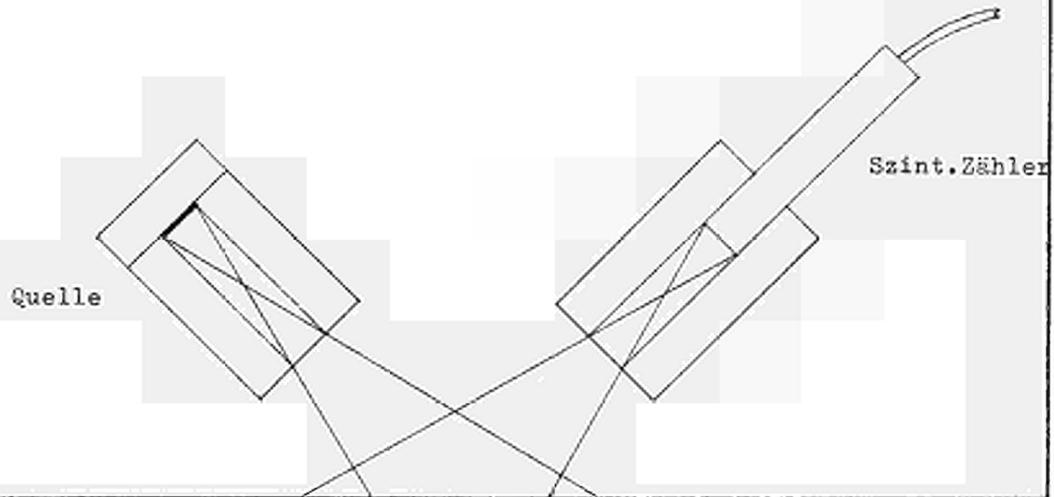
Bei der Erprobung des Meßkopfes im Bergbau hat sich dieser sehr gut bewährt. Hierfür war in der Grube eine stetig ansteigende Kohleschicht auf dem Liegenden gefräst worden, über die der Meßkopf gezogen wurde. Die Ergebnisse entsprechen im wesentlichen denen aus dem Labor. Die Kohleschichtdicke konnte im Bereich von 0 - 8 cm Kohle auf  $\pm 10\%$  genau gemessen werden. Nur wenn Feinkohle unter den Meßkopf kam, wurde eine etwas größere Kohleschichtdicke als wirklich vorhanden angezeigt, weil die Schüttdichte der Feinkohle kleiner als die Dichte der festen Kohle ist. Beim praktischen Einsatz des Meßkopfes muß deshalb mittels Räumern die Feinkohle beseitigt werden.

**Bibliographie**

- (1) Prospecting and Development of Useful Minerals  
AEC - tr - 4475
  
- (2) W.G. Segalin und A.A. Rudanowskij  
Stabilisierung der Bewegung von Streckenvortriebs-  
maschinen und Kohlegewinnungsmaschinen mit Hilfe  
radioaktiver Verfahren.  
Atomnaja Energija, Band 4, 1958, Nr. 1, S 88-90.
  
- (3) A.E. Bennett und L. I. Mills  
Midget Miner - Application of Bottom-Loading, Belt-  
Conveying and the Coal Sensing Device.  
Colliery Guardian, May 11, 1961.
  
- (4) Controll Equipment for a Remotely Controlled Mole  
Miner - the Collins Miner  
The Mining Engineer, No. 33, June 1963, S. 647-666.



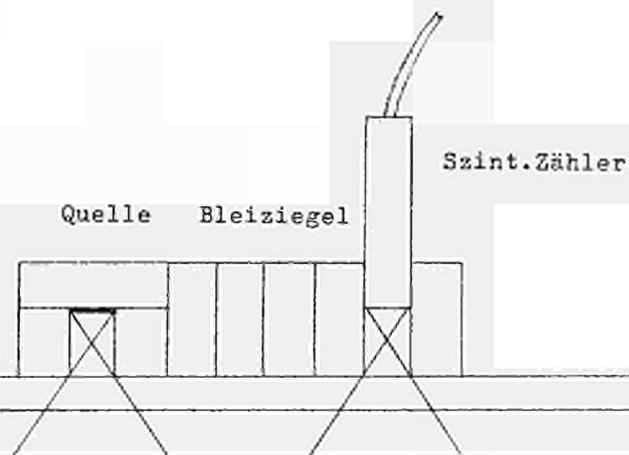
Abb. 1a



Kohle

Gestein

Abb. 1b



Kohle

Gestein

Datum	Name	Kollimatoranordnungen	INTERATOM
			Abb.1a, 1b

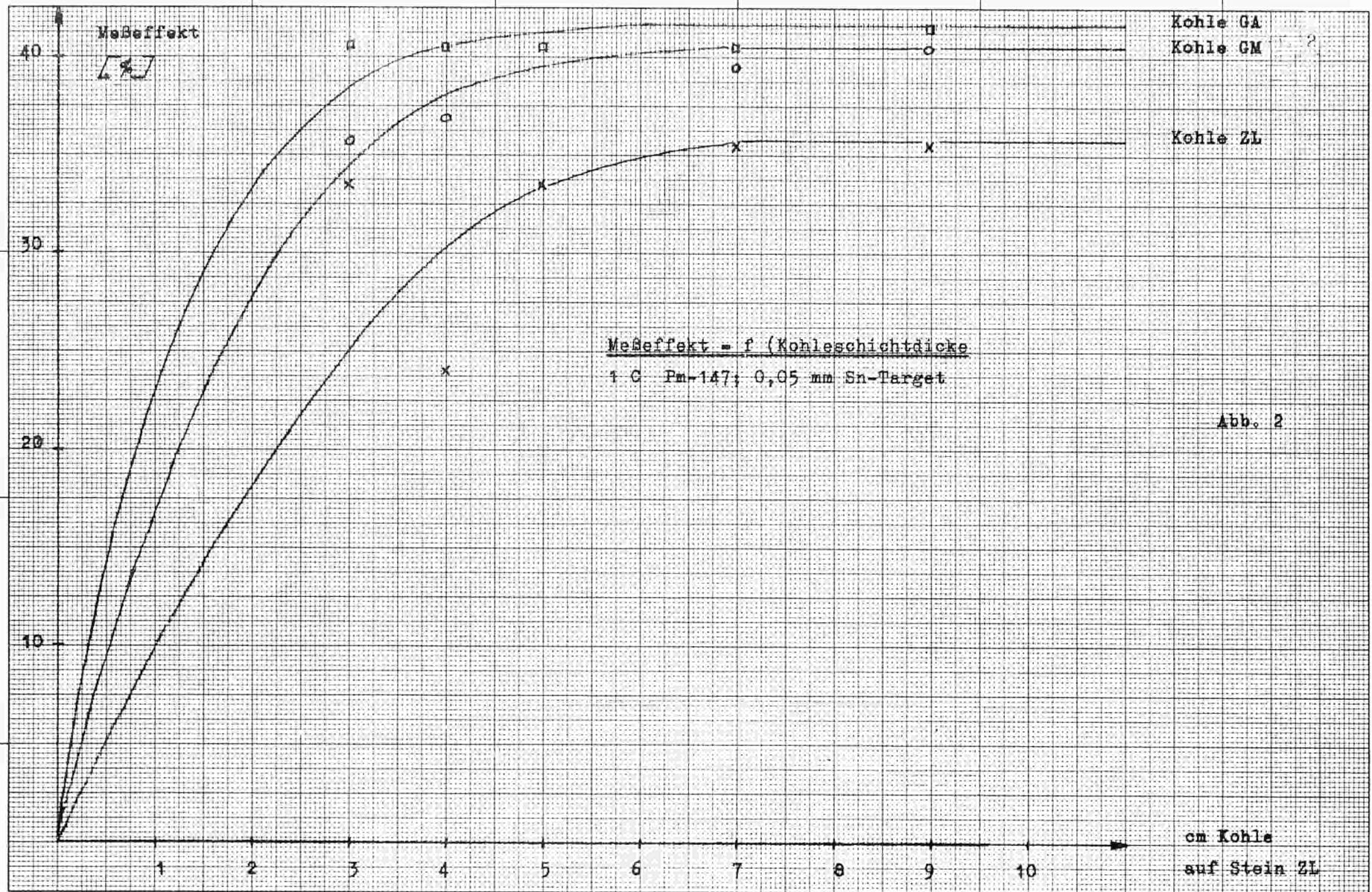
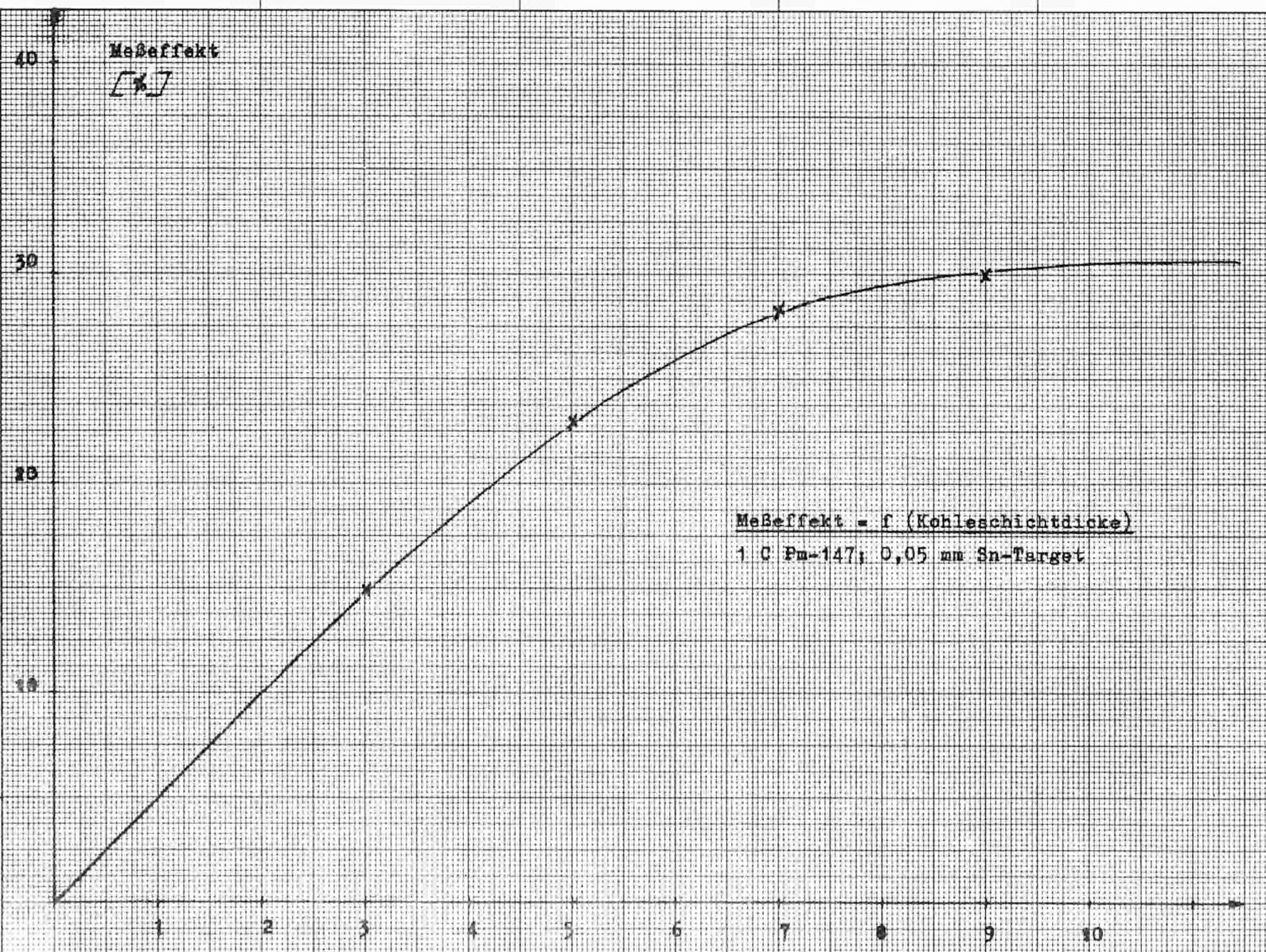


Abb. 2

Abb. 3

Kohle  
GA, GM, ZL

cm Kohle  
auf Stein 12L



Meßeffect  
[%]

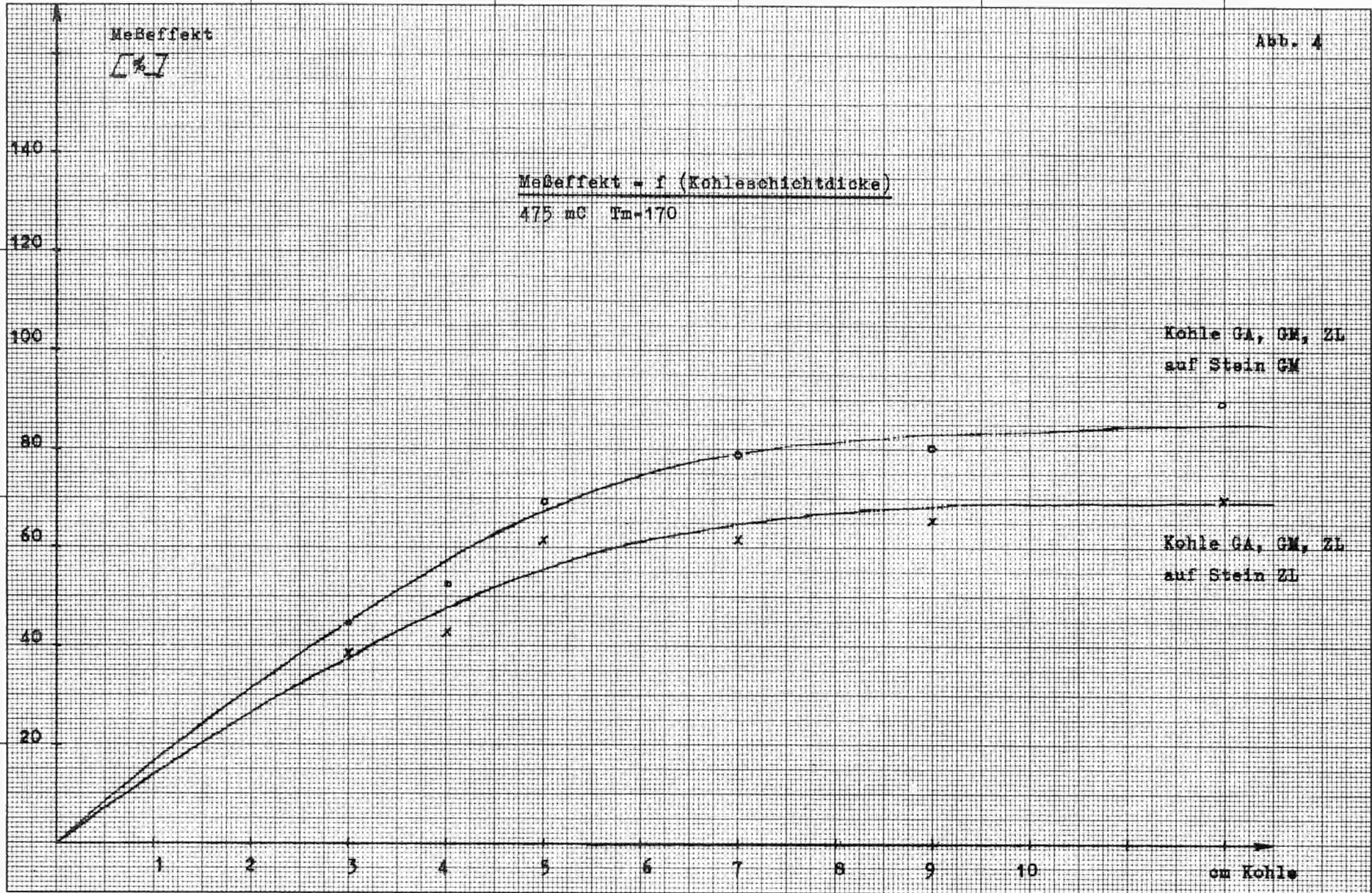
Meßeffect = f (Kohleschichtdicke)  
1 C Pm-147; 0,05 mm Sn-Target

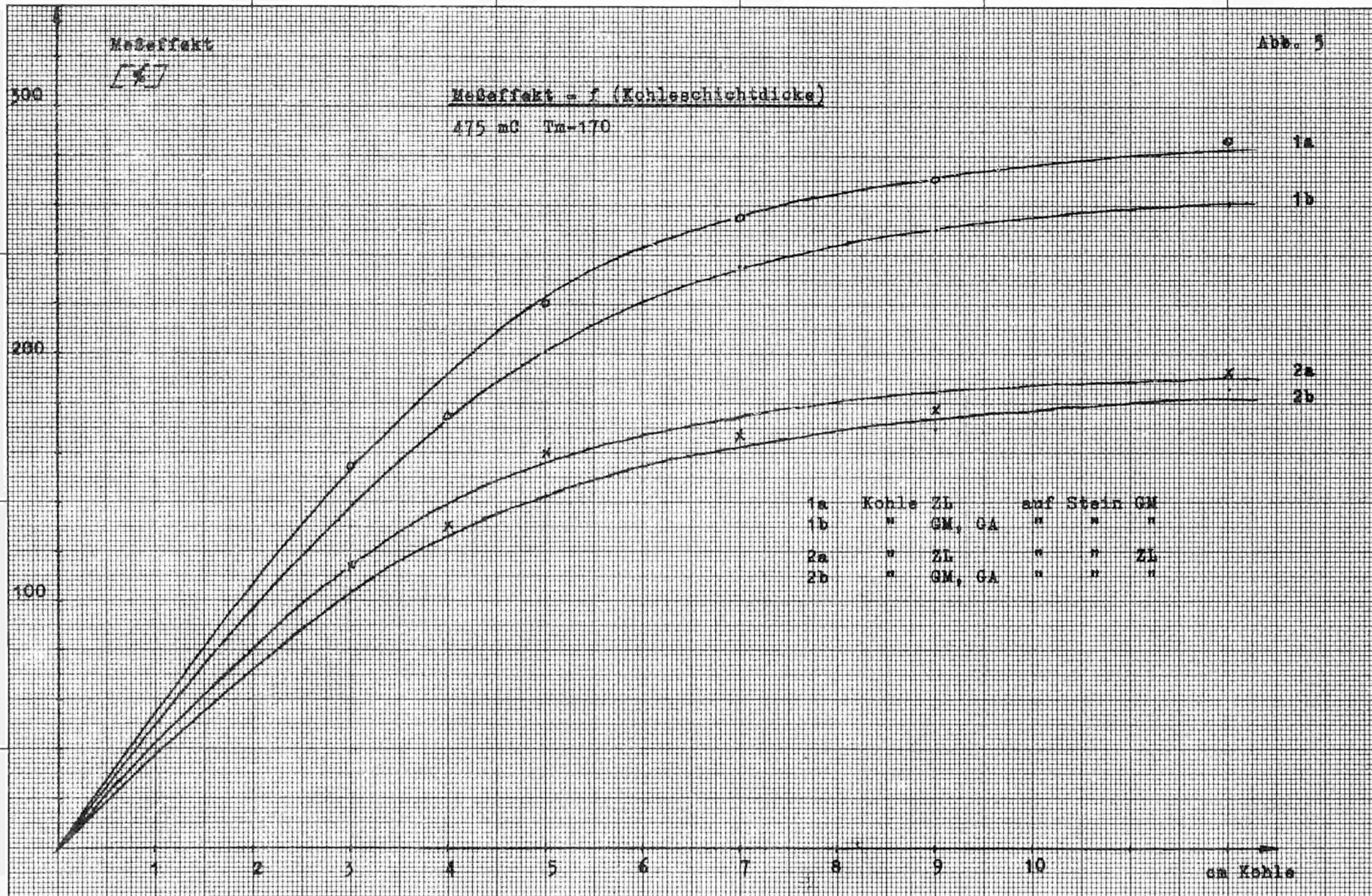
Meßeffect  
[%]

Meßeffect = f (Kohleschichtdicke)  
475 mC Tm-170

Kohle GA, GM, ZL  
auf Stein GM

Kohle GA, GM, ZL  
auf Stein ZL





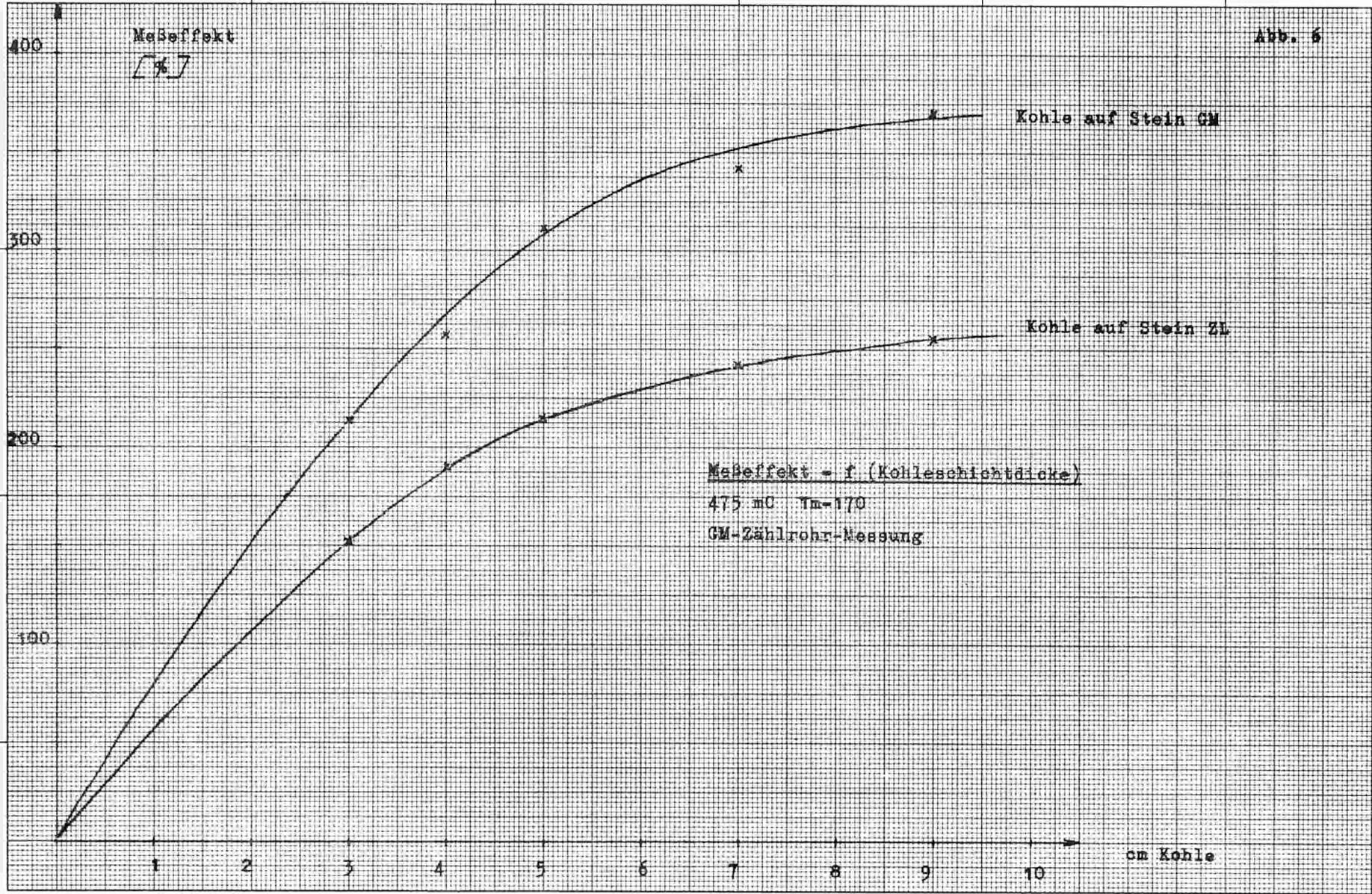
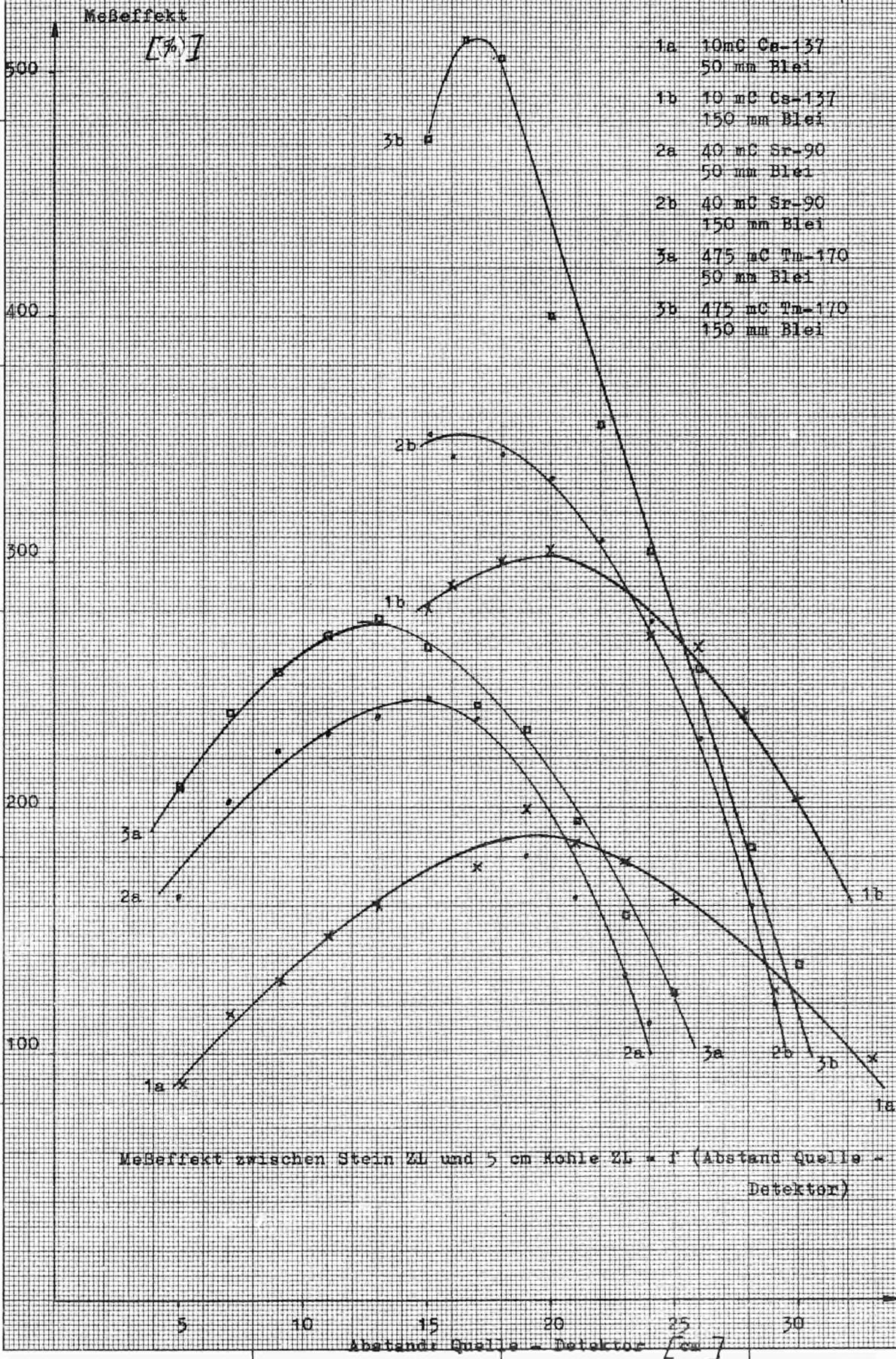


Abb. 7



Meßeffect

[\*]

Abb. 8

Meßeffect für 5 cm Kohle - f (Strahlenquelle)

Quellen- und Detektorfenster: 1,5 mm Fe

600

500

400

300

200

100

Tm-170

Sr-90

0,1 mm  
Pb

Kr-85

0,1 mm  
Pb

Sr-90

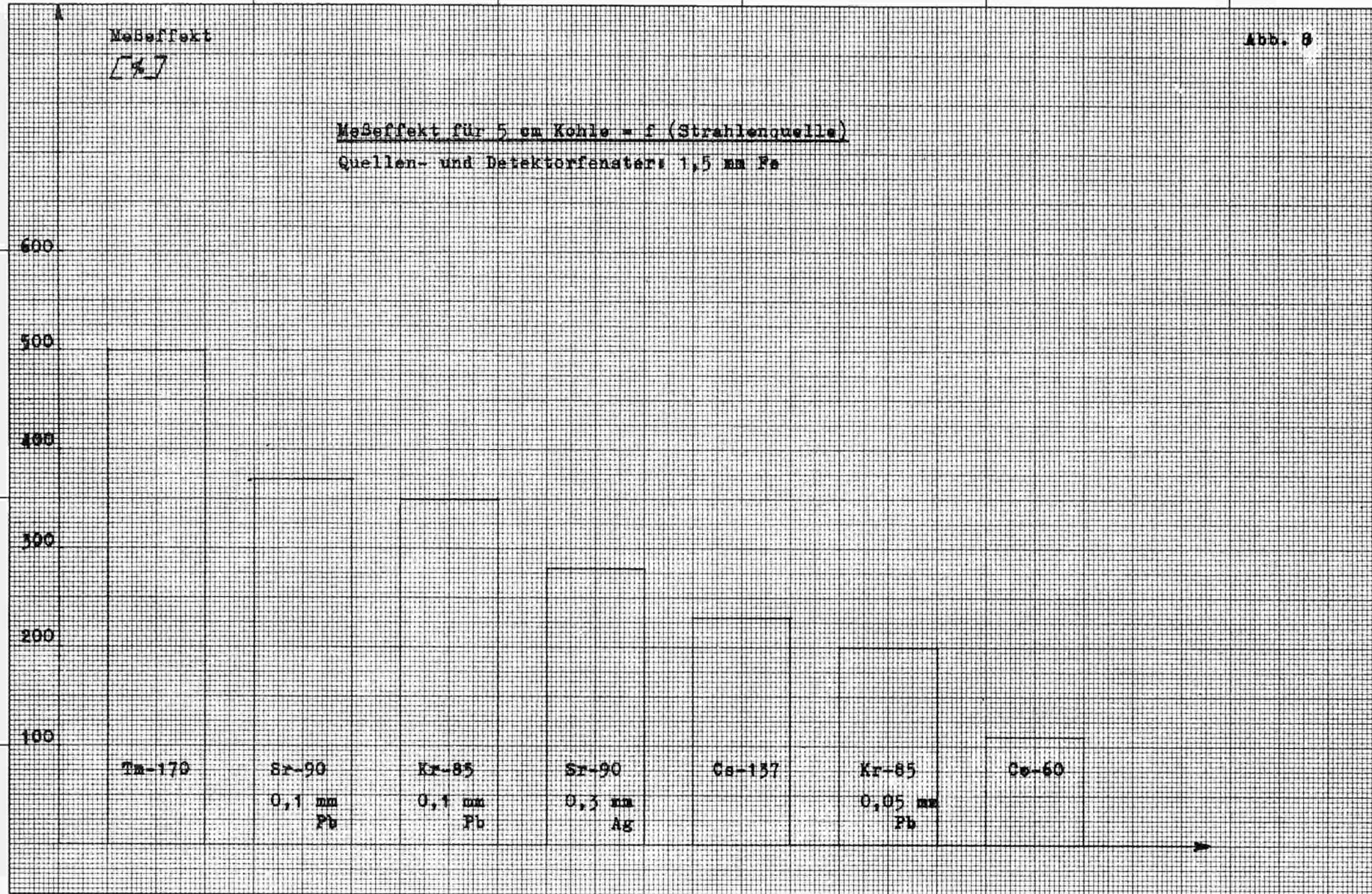
0,3 mm  
Ag

Cs-137

Kr-85

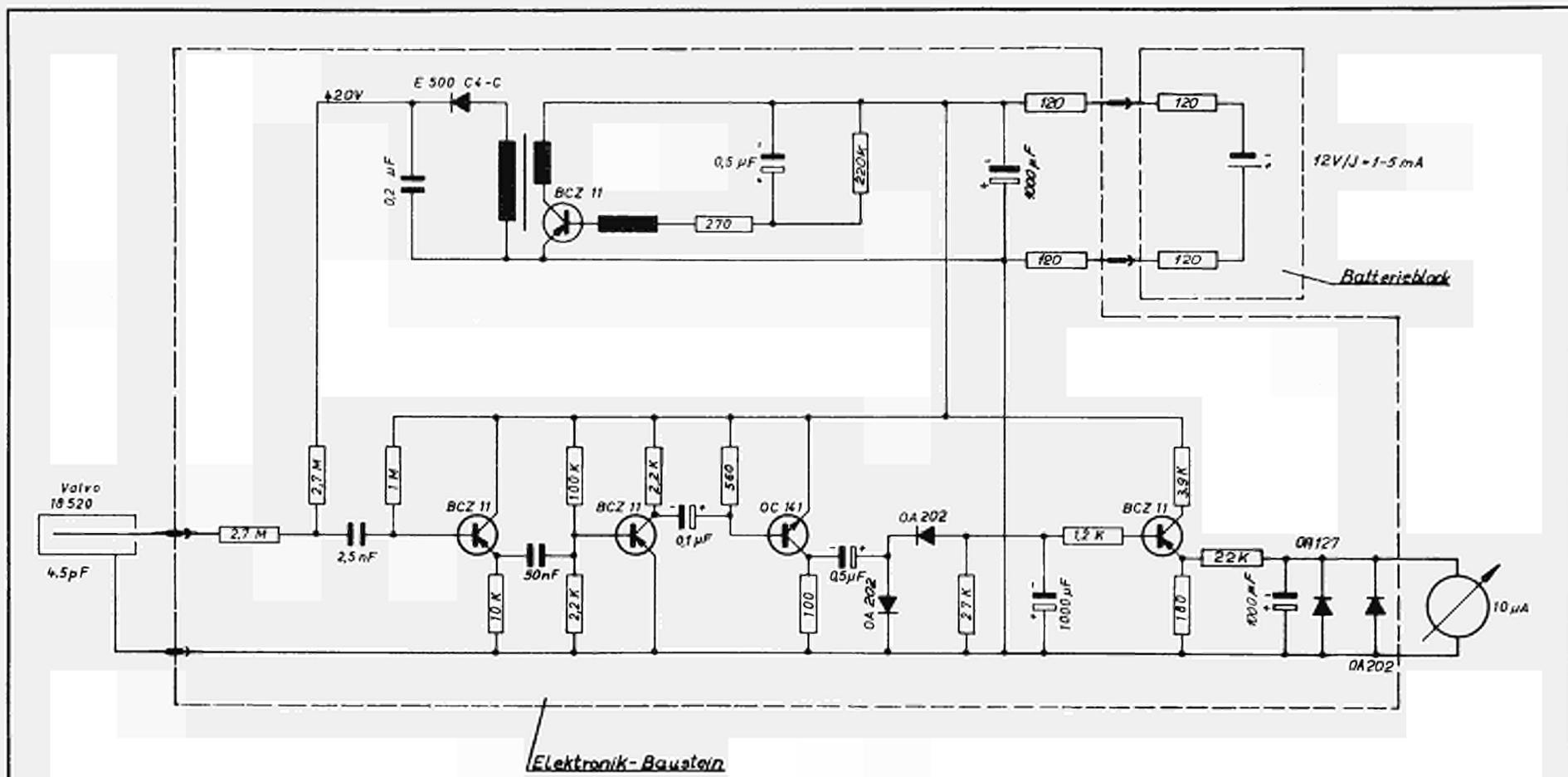
0,05 mm  
Pb

Ce-60



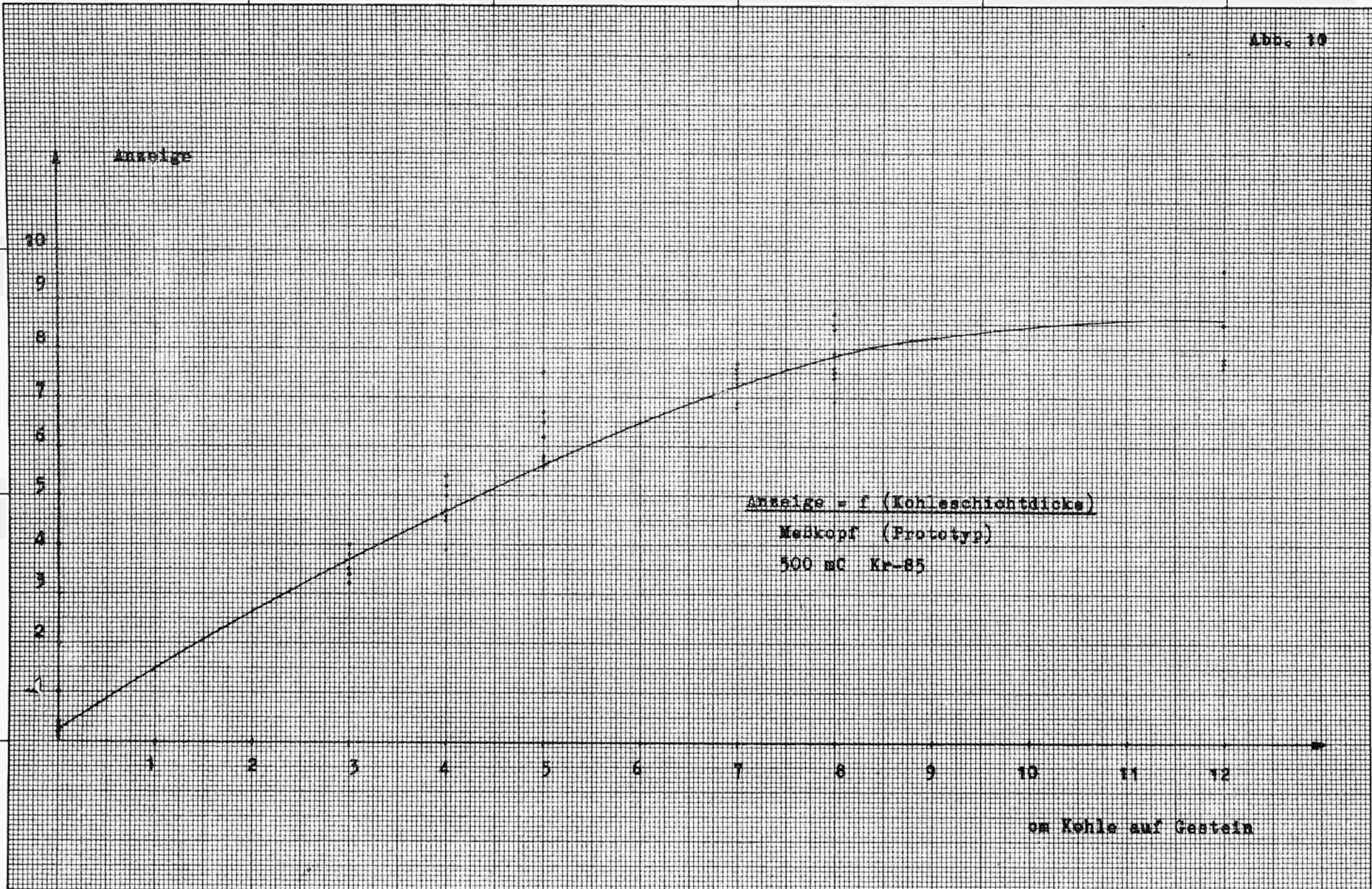






Elektronik-Baustein

Benennung	Zchng. Nr.	Werkstoff	Lfd. Nr.	Halbzeug/DIN	Gew.	Bemerkung
1963	Tag	Name	Urheberrecht gewahrt Copyright reserved	<b>INTERATOM</b> Internationale Atomreaktorbau GmbH		
Ges.	2.7.	<i>[Signature]</i>				
Gegr.				Zeichnungs-Nr. <b>005-004</b>		
Abt./Prof.						
Masstab	<b>Kohledickenmeßgerät</b> <u>Schaltplan</u>			Ersatz für Ersetzt durch		
Makr. oder Tausch- ung nach						
Änderung						



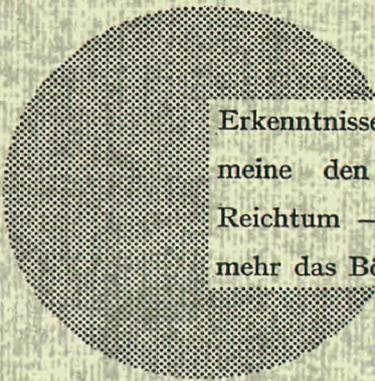
Anzeige

Anzeige = f (Kohleschichtdicke)

Meßkopf (Prototyp)

300 mC Kr-85

on Kohle auf Gestein



Erkenntnisse verbreiten ist soviel wie Wohlstand verbreiten — ich meine den allgemeinen Wohlstand, nicht den individuellen Reichtum — denn mit dem Wohlstand verschwindet mehr und mehr das Böse, das uns aus dunkler Zeit vererbt ist.

Alfred Nobel

CDNA02225DEC

EURATOM — C.I.D.  
51 - 53, rue Belliard  
Bruxelles (Belgique)