

FREIBERGER
FORSCHUNGSHEFTE

B 39

METALLKUNDE

GÜNTHER SCHNEIDER und WALTER LAUX

**Über die Anwendung eines modernen
elektrischen Punktzählgerätes zur
mikroskopischen Korngrößenbestimmung**

1959

AKADEMIE-VERLAG BERLIN

FFH

B 39

19

Deutsches
Brennstoffmuseum
Zentrale Bücherei

Ungültig

486



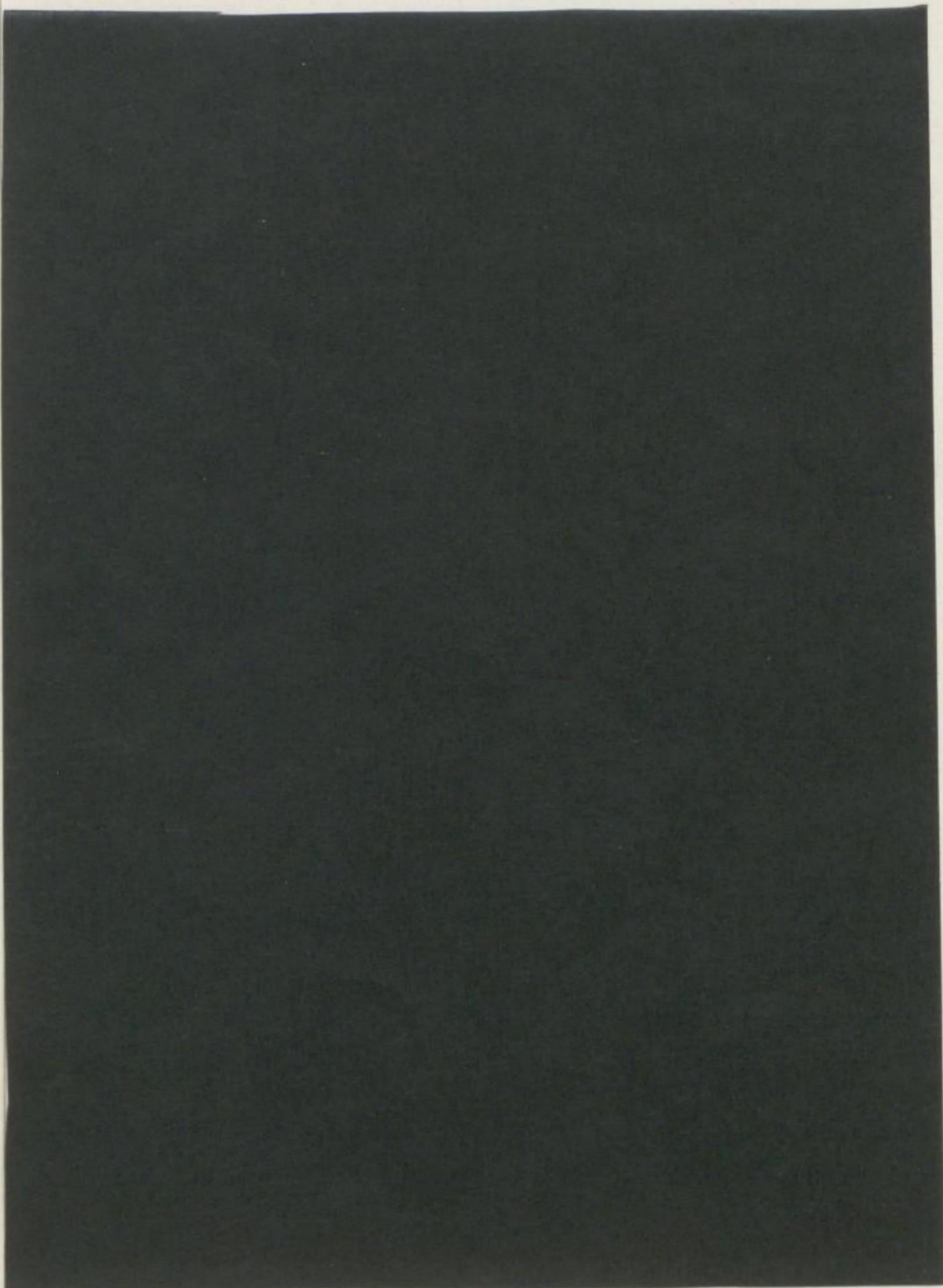
TU BERGAKADEMIE FREIBERG



XVI 1142 . B39D

FREIBERGER FORSCHUNGSHEFTE

B 39



UNIVERSITÄTSBIBLIOTHEK FREIBERG

FREIBERGER FORSCHUNGSHEFTE

Herausgegeben vom Rektor der Bergakademie Freiberg

B 39

METALLKUNDE

Über die Anwendung eines modernen elektrischen Punktzählgerätes zur mikroskopischen Korngrößenbestimmung

Von GÜNTHER SCHNEIDER und WALTER LAUX

1959

Akademie-Verlag · Berlin

Freib. Forsch.-H.	B 39	S. 1-52	19 Bilder	5 Tabellen	Berlin, April 1959
-------------------	------	---------	-----------	------------	--------------------



XVI 1142

B 39 d

„Freiberger Forschungshefte“, Schriftenreihe für alle Gebiete der Montanwissenschaften. Herausgeber: Der Rektor der Bergakademie Freiberg, Prof. Dr.-Ing. H. Härtig. – Chefredakteur: Dipl.-Ing. R. W e n d l e r, Freiberg, Klubhaus der Bergakademie, August-Bebel-Str. 5 (Fernruf 24 97). – Verlag: Akademie-Verlag, GmbH, Berlin W 8, Mohrenstr. 39 (Fernruf 20 03 86), Postscheckkonto 350 21. – Die Freiberger Forschungshefte erscheinen in zwangloser Folge in den Reihen A, B, C und D. Ausführliches Verzeichnis aller lieferbaren Hefte von der Redaktion der Bergakademie oder dem Akademie-Verlag. – Preis dieses Heftes 4,- DM. Bestell- und Verlags-Nr. 2062/257/B 39. – Vertrieb: Für das Gebiet der Deutschen Demokratischen Republik durch den Buchhandel; für das Gebiet der Deutschen Bundesrepublik durch die Buchhandlung Kunst und Wissen, Inhaber Erich Bieber, Stuttgart-S., Wilhelmstraße 4–6; für das gesamte Ausland über den Buchhandel bei der Deutschen Buch-Export und -Import GmbH., Leipzig C, Leninstraße 16. – Satz u. Druck: III/15/3 Herrmann Starke, Großenhain 1,2 2. (105). – Veröffentlicht unter der Lizenz-Nr. 202 100/628/59. Ministerium für Kultur, HV Verlagswesen der Deutschen Demokratischen Republik. – Druckgenehmigungs-Nr. 100/628/59. Printed in Germany. Alle Rechte vorbehalten.

INHALT

Abkürzungen	7
Vorbemerkung	8
Einführung	9
Kornmarkierung für metallographische Untersuchungen	11
Herkömmliche Verfahren und Geräte zur Korngrößenbestimmung	12
Allgemeines	12
Flächenmeßverfahren	13
Kreisverfahren	13
Durchmesserverfahren	14
Okularmikrometer	14
Okularnetzmikrometer	15
Planimeterokular	15
Okular- und Tischschraubenmikrometer	16
Mehrspindelige Tischschraubenmikrometer	17
Richtreihen	18
Das elektrische Punktzählgerät ELTINOR und seine bisherige Anwendung	22
Korngrößenbestimmung mit der ELTINOR	25
Ausschnittverfahren	25
Anzahl der Meßbahnen in einem Ausschnitt	28
Anzahl der Ausschnitte auf einem Probenquerschnitt	38
Querschnittverfahren	39
Bemerkungen zur Optik	42
Vergleich einiger herkömmlicher Verfahren mit der Punktzählmethode	44
Anwendungsmöglichkeiten	46
Zusammenfassung	48
Literatur	49

Ungültig
Brennendes
Freiburger Institut

1841

1841

Abkürzungen

$A_{Lr, La}$	= Ausschnittseitenlänge, relativ und absolut
A_{Fi}	= Ausschnittflächeninhalt
c	= Kreisfaktor beim Kreisverfahren
F_K	= Kreisflächeninhalt beim Kreisverfahren
F_m	= mittlerer Kornflächeninhalt
$F_{p, pm}$	= planimetrierte Fläche beim Flächenmeßverfahren, das Mittel mehrerer planimetrierter Flächen
H	= Abtragungshöhe beim Vielschnittverfahren
L	= Kornlänge
L_m	= mittlere Kornlänge
M_A	= Meßbahnabstand
M_L	= Meßbahnlänge (auch als Meßlinie oder Meßgerade bezeichnet)
M_Z	= Meßbahnzahl
M_Z^*	= Anzahl der Messungen (= Meßbahnzahl in unserem Falle)
N	= Korngrößennummer der ASTM-Richtreihe
S_a	= absolute Schrittgröße
S_r	= relative Schrittgröße
T_F	= Tubusfaktor, ergibt sich aus der Wirkung eines Bildversetzungssystems zwischen Objektiv und Okular
V	= Vergrößerung
V_{Ob}	= Abbildungsmaßstab des Objektivs
V_K	= Kornvolumen
Z	= Kornzahl bzw. Zahl der ganzen Körner beim Kreisverfahren
z	= Zahl der Randkörner beim Kreisverfahren
Z_m	= mittlere Kornzahl
δ	= Abweichung der Einzelwerte vom Mittelwert
σ	= Streuung einer Beobachtungsreihe, d. h. (näherungsweise) mittlere Abweichung der Einzelmeßwerte einer mehrgliedrigen Meßreihe von ihrem Durchschnitt
σ_{Lm}	= . . . für mittlere Kornlänge
σ_{Zm}	= . . . für mittlere Kornzahl
σ_D	= Streuung des Durchschnittes einer Meßreihe, d. h. mittlere zu erwartende Unsicherheit des Durchschnittes
σ_{DLm}	= . . . für mittlere Kornlänge
σ_{DZm}	= . . . für mittlere Kornzahl
$3\sigma_D$	= größte zu erwartende Unsicherheit einer Meßreihe
$3\sigma_{DLm1}$	= . . . des Ausschnittes 1
$3\sigma_{DLm2}$	= . . . des Ausschnittes 2
σ^*_{DLm}	= Unsicherheit der Differenz der mittleren Kornlänge zweier Ausschnitte

Vorbemerkung

Im Laufe der letzten Jahre hat die Mengenanteilbestimmung an mikroskopischen Präparaten nach der Punktmethode immer mehr an Bedeutung gewonnen. Punktzählgeräte ermöglichen aber auch mikroskopische Korngrößenmessungen. Es ist das Anliegen dieser Arbeit, Überlegungen und experimentelle Ergebnisse zu diesem Thema mitzuteilen. Die Experimente wurden mit dem ersten, serienmäßig hergestellten deutschen, von dem VEB Rathenower Optische Werke ROW entwickelten modernen Punktzählgerät ELTINOR durchgeführt. Dieses elektrische Punktzählgerät verdankt seine Entstehung den Bedürfnissen der Mineralogie. Es wurde von uns für die Korngrößenbestimmung an Beispielen aus der Metallographie erprobt.

EINFÜHRUNG

Die Eigenschaften polykristalliner Stoffe werden durch die Korngröße entscheidend mitbestimmt.

Nicht nur für feste Stoffe, sondern auch für lose Korngemenge hat die Kenntnis der Korngröße vielfältige Bedeutung.

Bei polykristallinen, kompakten Stoffen wird allgemein die Kornfläche oder der Korndurchmesser als Maß für die Korngröße benutzt. Bei solchen Stoffen ist es in praxi nicht oder nur unter einem völlig unwirtschaftlichen Aufwand möglich, die einzelnen Körner aus dem Verband zu isolieren, um die Volumenbestimmung durchzuführen.

Durch räumliche Schlißbeobachtungen unter Anwendung eines Vielschnittverfahrens gelangte Klemm ([7] S. 21) zur Volumenbestimmung einzelner Gefügebestandteile, wobei das Korn in mehreren Stufen schrittweise abgetragen und der jeweilige Kornquerschnitt bestimmt wird. Die dabei gewonnenen Erkenntnisse überträgt er auf einen Kornverband unter der Voraussetzung, daß die einzelnen Körner in Größe und Form nicht zu sehr voneinander abweichen und keine bevorzugten Richtungen aufweisen. Damit ist unter Anwendung der auf dem Flächenmeßverfahren fußenden Klemmschen Formel

$$V_K = \frac{F_{pm} H 10^9}{Z_m V^2} \quad [\mu m^3] \quad (1)$$

eine Bestimmung des mittleren Kornvolumens möglich.

Auch dieser Lösungsweg ist sehr umständlich und für Reihenprüfungen in der Praxis nicht sehr vorteilhaft. Man bedient sich deshalb in den meisten Fällen der Durchmesser- oder Flächenermittlung.

Bei losen Korngemengen definiert man „als Korngröße eines Stückes die Weite einer runden oder quadratischen Öffnung, die das Stück gerade noch passieren kann“ ([6] S. 24). Bei unseren Betrachtungen interessieren Korndurchmesser und Kornfläche als Ersatzwerte für die Korngröße. Die wahre Korngröße ist jedoch größer, als die im Schlißbild beobachteten Korndurchmesser oder Kornflächen es erscheinen lassen. Der Schnitt bei der Herstellung eines Anschliffes erfolgt nur bei wenigen Körnern in der Ebene des größten Kornquerschnittes. Der aus dem Schlißbild entnommene durchschnittliche Korndurchmesser ist nur 0,79 mal so groß wie der wahre Durchmesser unter Zugrundelegung kreisförmiger Kornquerschnitte. Gleiche Gesichtspunkte sind bei der Betrachtung der Kornfläche gültig. Die im Schlißbild auftretende durchschnittliche Kornflächengröße ergibt sich nach statistischen Untersuchungen ([10] S. 182) zu 0,64 mal der wahren, wenn man kugelförmige Korngestalt voraussetzt.

Hauptaufgabe fast aller Korngrößenmeßverfahren ist es, die mittlere Korngröße zu bestimmen. Dies ist eben grundsätzlich nur dann sinnvoll, wenn Form und Abmessungen der einzelnen Körner sich nicht zu stark unterscheiden und die Form von der „runden“ nicht zu sehr abweicht. Es könnte sonst bei gleichzeitigem Vorhandensein extrem unterschiedlicher Korngrößen ein Mittelwert bestimmt werden, für den real gar keine Vertreter vorhanden sind.

Der Vollständigkeit halber sei erwähnt, daß bei der Untersuchung loser Korngemenge üblicherweise mit Hilfe der Siebanalyse eine Körnungskennlinie aufgestellt wird ([4] [6] S. 26 ff.).

KORNMARKIERUNG FÜR METALLOGRAPHISCHE UNTERSUCHUNGEN

Da sich die vorliegende Arbeit im experimentellen Teil auf metallographische Schliffe von Stahl und Eisen beschränkt, erscheint es als notwendig, einige Ausführungen über die Kennzeichnung der Korngrenzen zu bringen.

In der Metallographie ist es üblich, zur Kornmarkierung hauptsächlich die Korngrenzen- und Kornflächenätzung anzuwenden. Zahlreiche Erfahrungen haben dazu geführt, der Korngrenzenätzung in vielen Fällen den Vorzug zu geben.

Bei den Stählen kommt der Austenitkorngröße gewisse Bedeutung zu. Für die Kennzeichnung der Austenitkorgrenzen bei Stählen mit geringem Kohlenstoffgehalt wird das Aufkohlungsverfahren nach McQuaid und Ehn angewandt. Bei hochlegierten und gehärteten Stählen ist eine Ätzung nach Vilella oder mit alkoholischer Eisenchloridlösung empfohlen worden. Bunt- und andere Metalle sollen in unsere Betrachtung nicht eingeschlossen werden. Größe und Anteil nichtmetallischer Einschlüsse beurteilt man besser am ungeätzten Schliff.

HERKÖMMLICHE VERFAHREN UND GERÄTE ZUR KORNGRÖSSEN- BESTIMMUNG

Allgemeines

Zu den im folgenden beschriebenen Korngrößenmeßverfahren sind wegen der Unterschiedlichkeit einige prinzipielle Bemerkungen erforderlich.

Die bei den Metallen hauptsächlich auftretenden Gefügearten sind Gußgefüge, Verformungsgefüge und Gefüge, die während einer Wärmebehandlung entstehen. Unter bestimmten Voraussetzungen können sich für eine Messung der Korngröße grundsätzliche Schwierigkeiten einstellen und die Ergebnisse von zweifelhaftem Wert sein, so z. B. bei Stengel-, Stern- oder Dendritenform von Gußkristallen oder bei Körnern mit hohem Reckgrad, d. h. also bei in Größe und Form recht unregelmäßig gestalteten Körnern.

Aber auch von der verfahrenstechnischen Seite her müssen gewisse Einschränkungen beachtet werden. Die an die Genauigkeit eines Korngrößenmeßverfahrens gestellten Anforderungen sollen dem jeweiligen Zweck angepaßt sein. Die Korngröße innerhalb eines Querschnittes kann gewissen Schwankungen unterliegen, so daß bei der angestrebten Mittelwertbildung nur in bestimmten Grenzen abgerundete Werte und ihre Streuung interessieren. Wegen der einfachen und schnellen Handhabung genügt in bestimmten Fällen eines der in neuerer Zeit entwickelten Vergleichsverfahren.

In Mineralogie und Petrographie besitzt die Korngröße an sich nicht die große Bedeutung wie in der Metallkunde; denn eine Reihe von Werkstoffeigenschaften ist von der Korngröße entscheidend abhängig. Dies und die Besonderheiten der Gefügearten der Eruptiva, klastischen Sedimentgesteine, Metamorphite, der Erze und reinen Mineralien ließen die Entwicklung in etwas anderer Richtung als in der Metallographie laufen. Größere Bedeutung gewinnt hier auch die Untersuchung von Pulverpräparaten. Besondere Reihen und Vergleichsverfahren, wie sie in der Metallographie üblich sind, wurden für die genannten Anwendungsgebiete noch nicht bekannt.¹ Dagegen existieren aber Vergleichstabellen zur Abschätzung prozentualer Anteile unterschiedlicher Komponenten in Schliff und Pulverpräparat ([14] S. 13—14).

Es ist auch unsere Absicht, in diesem Aufsatz die Verfahren der Metallographie und der Mineralogie in knapper Form nebeneinander darzustellen.

Die im folgenden auf den Seiten 13—14 und 18—21 besprochenen Verfahren haben im wesentlichen Eingang in die Metallographie gefunden. Die auf den Seiten 14—17 beschriebenen Verfahren werden vorwiegend in der Mineralogie angewendet. Die auf Seite 17 angeführten mehrspindeligen Tischschraubemikrometer wurden in beiden Gebieten zur Mengen- und Korngrößenanalyse eingeführt.

¹ Bestätigt durch eine persönliche Mitteilung von Dr. Richard M. FOOSE, Stanford Research Institute, Menlo Park, California, USA.

Flächenmeßverfahren (Bild 1)

Beim Flächenmeßverfahren ([10] [9] [11], diese auch für Kreisverfahren und Durchmesserverfahren, wird die Gesamtfläche (F_p) einer größeren Anzahl von Körner (Z) ausplanimetriert. Die Begrenzung des gewählten Gefügeausschnittes ist gegeben durch Korngrenzenabschnitte der Randkörner. Dadurch liegen nur ganze Körner in der Meßfläche. Diese Fläche wird ins Verhältnis zur Anzahl der erfaßten Körner gesetzt. Daraus ergibt sich die mittlere Kornfläche (F_m) nach der Beziehung

$$F_m = \frac{F_p \cdot 10^6}{ZV^2} \quad [\mu m^2]. \quad (2)$$

Das Verfahren kann sowohl auf dem Positiv einer fotografischen Aufnahme durchgeführt werden als auch auf der Mattscheibe einer mikrofotografischen Einrichtung.

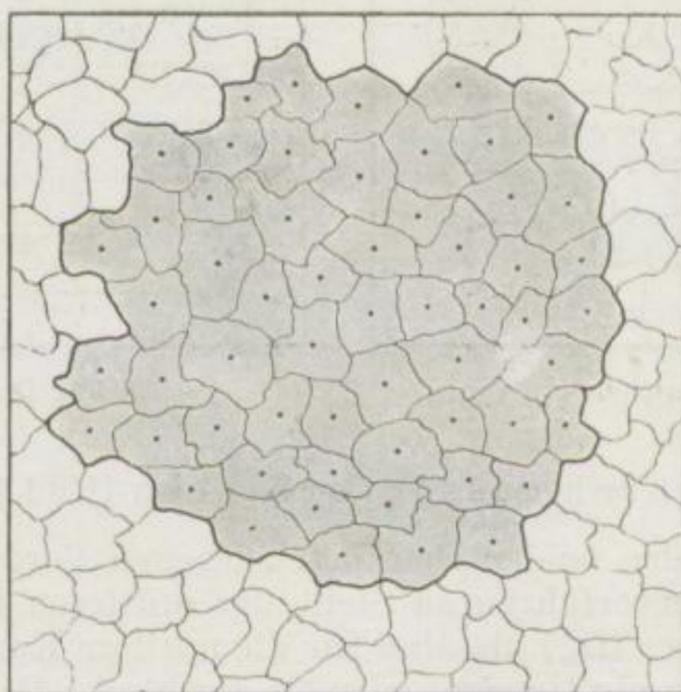


Bild 1. Flächenmeßverfahren

Eine weitere Möglichkeit ist dadurch gegeben, daß das Gefügebild auf eine entsprechende Zeichenunterlage vergrößert projiziert und der gewünschte Ausschnitt durch Nachzeichnen und Ausplanimetrieren bestimmt wird.

Kreisverfahren (Bild 2)

Beim Kreisverfahren bestimmt man die mittlere Korngröße grundsätzlich nach dem gleichen Prinzip wie beim Flächenmeßverfahren. Um das Ausplanimetrieren zu vermeiden, wählt man beim Kreisverfahren einen kreis-

förmigen Gefügeausschnitt. Die für den Ansatz zur Bestimmung der mittleren Kornflächengröße (F_m) benötigte Kornzahl ergibt sich aus der Summe der ganzen in der Kreisfläche (F_K) liegenden Körner (Z) und der durch die Kreislinie geschnittenen Körner (z). Die Zahl der angeschnittenen Körner ist mit dem sogenannten Kreisfaktor (c), nach verschiedenen Verfassern 0,58 — 0,67, zu multiplizieren. Hiernach ergibt sich die mittlere Kornfläche aus der Gleichung

$$F_m = \frac{F_K 10^6}{(cz + Z) V^2} \quad [\mu m^2] \quad (3)$$

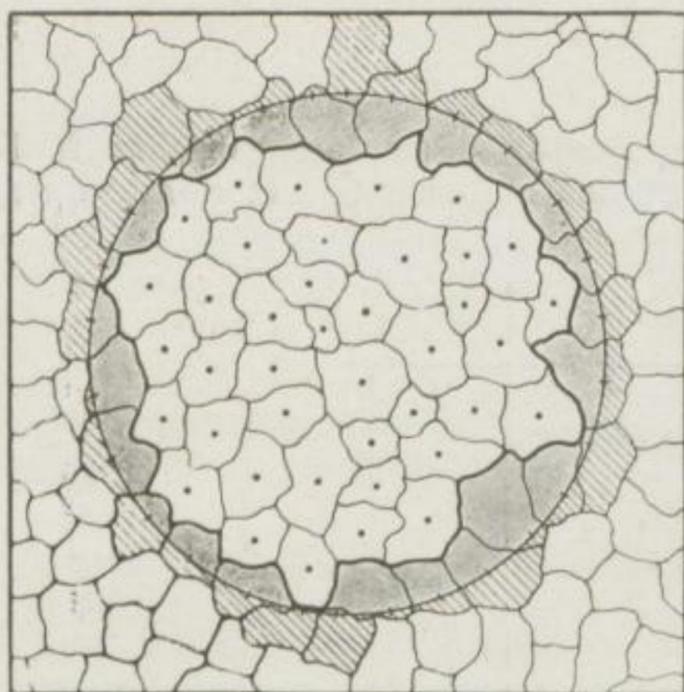


Bild 2. Kreisverfahren

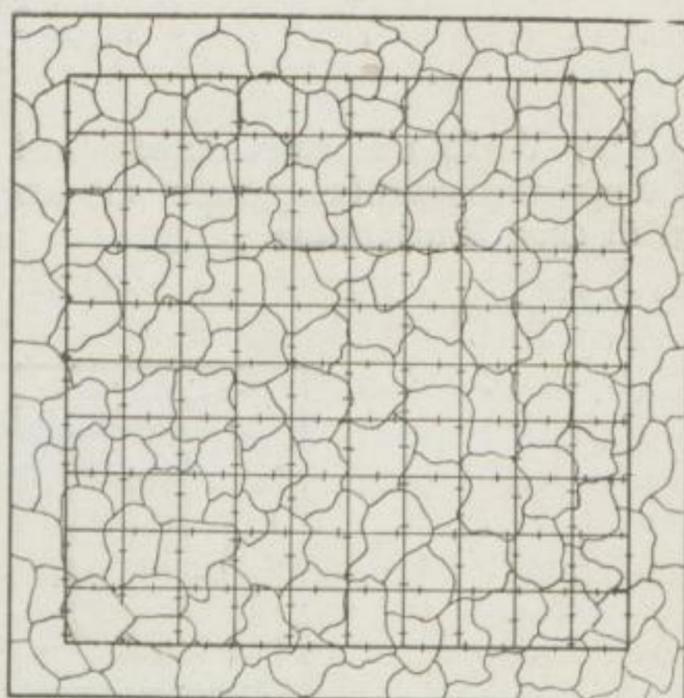


Bild 3. Durchmesserverfahren

Durchmesserverfahren (Bild 3)

Im Gegensatz zu den beiden eben beschriebenen Verfahren bestimmt man mit dem Durchmesserverfahren an Stelle der mittleren Kornfläche den mittleren Korndurchmesser (L_m) als Maß für die mittlere Korngröße. Als Gefügeausschnitt wählt man ein Quadrat oder ein Rechteck. Das Verhältnis der Gesamtlänge der Meßgeraden ($M_L \times M_Z$) zur Anzahl der insgesamt geschnittenen Körner (Z) ergibt nach der Beziehung

$$L_m = \frac{M_L M_Z}{ZV} \quad [\mu m] \quad (4)$$

den mittleren Korndurchmesser.

Dieses Verfahren gestattet es, an entsprechend orientiert angeschliffenen Proben auf einen evtl. Verformungsgrad zu schließen.

Okularmikrometer (Bild 4)

Mit dem Okularmikrometer bietet sich die einfachste Möglichkeit zur mikroskopischen Längenbestimmung. Diese und ähnliche im Okular eingebaute Meßskalen eicht man mit einem Objektmikrometer.

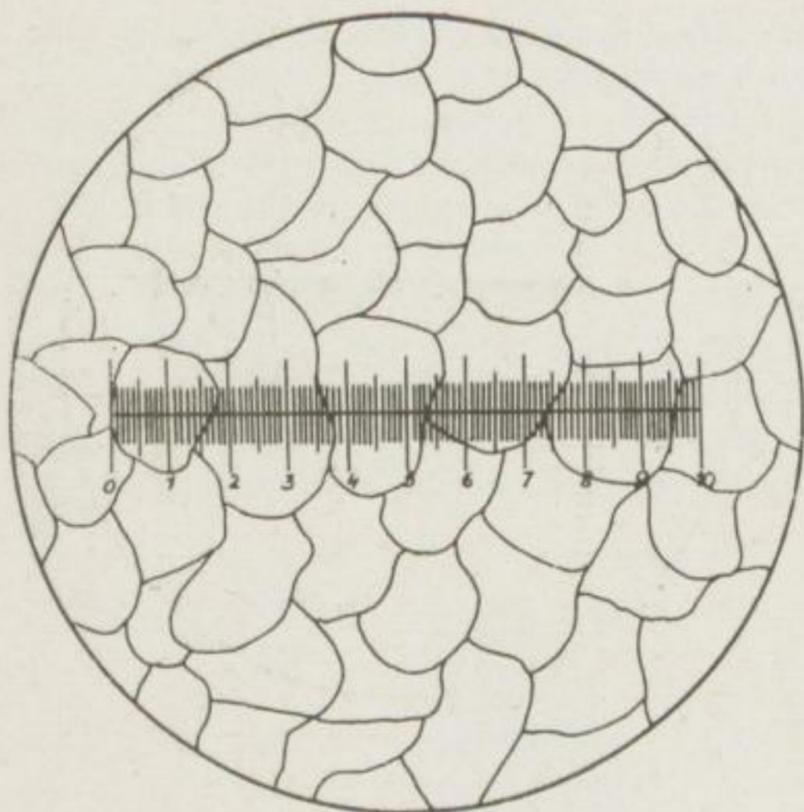


Bild 4. Okularmikrometer

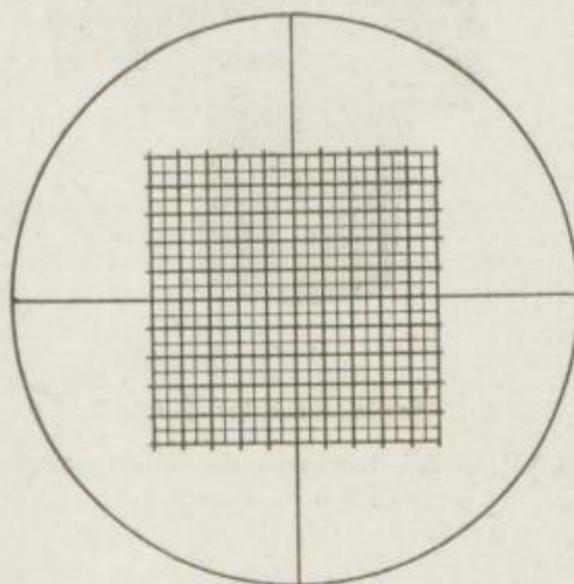


Bild 5. Okularnetzmikrometer

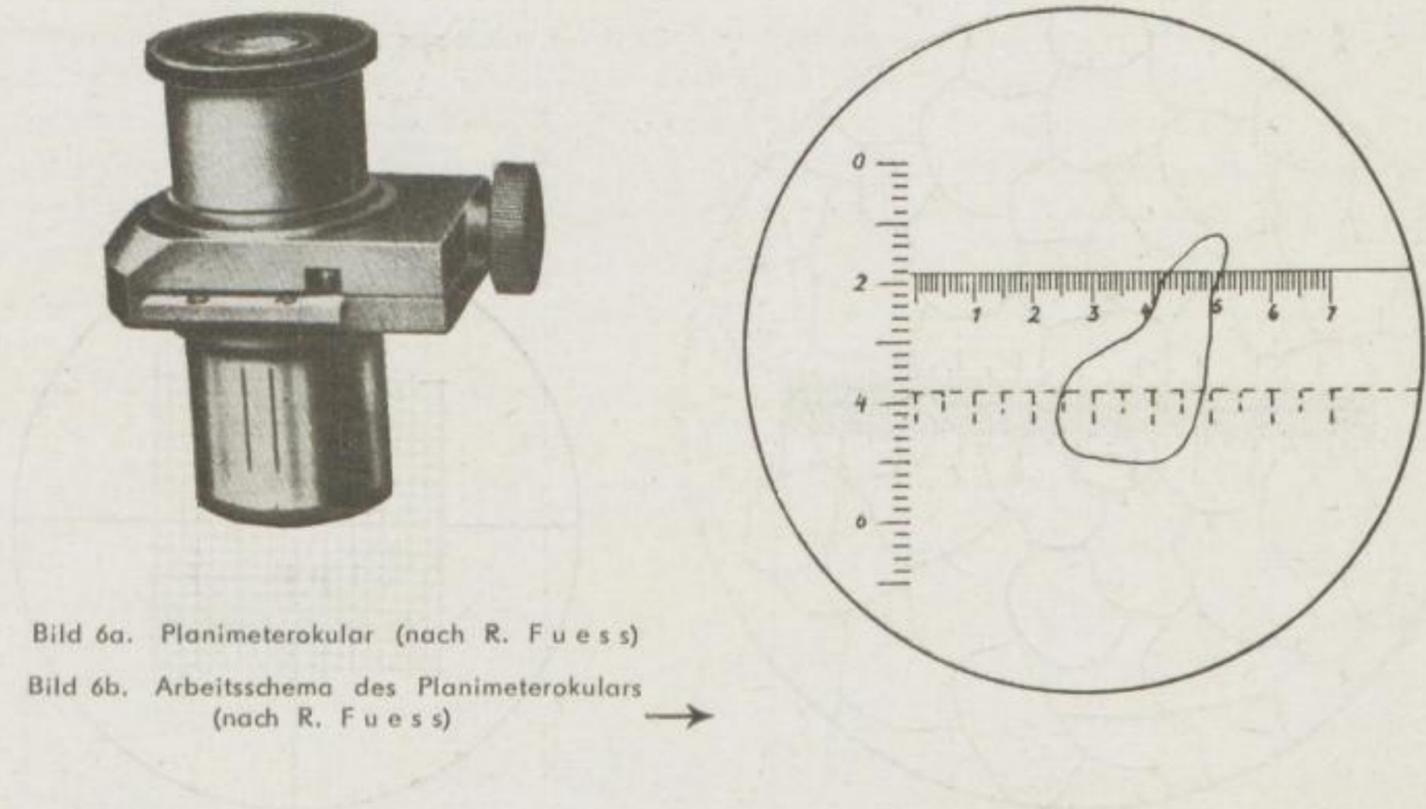
Okularnetzmikrometer (Bild 5)

Die Verwendung des Okularnetzmikrometers stellt eine weitere einfache Möglichkeit zur Bestimmung der mittleren Korngröße dar. Es handelt sich dabei um auswechselbare Okularmikrometer mit unterschiedlichen Netzmaschenweiten. Im Prinzip ähnelt das Verfahren der Siebanalyse ([5] S. 59—62, dies auch für die drei folgenden Verfahren). Sind einigermaßen gleichgroße und gleichförmige Körner vorhanden, so kann man durch einen Übereinstimmungsvergleich zwischen Schlißbild und den gegebenen Netzen auf die mittlere Korngröße schließen. Gewisse Ähnlichkeiten zu den auf den Seiten 18—21 beschriebenen metallographischen Richtreihen liegen vor.

Legt man bestimmte Netzgrößen zugrunde, lassen sich beim Arbeiten im mikroskopischen Korngrößenbereich Zerkleinerungsarbeiten steuern.

Planimeterokular (Bild 6)

Die Entwicklung des Planimeterokulars nach Hirschwald geht zurück auf ein im Jahre 1919 von A. Johansson vorgeschlagenes Planimeterverfahren. Dieses Verfahren arbeitet im Prinzip wie das auf Seite 13 beschriebene Flächenmeßverfahren. Um die hohen Anschaffungskosten für ein Planimeter zu umgehen, führte Rosiwal das Okularnetzmikrometer ein. Beim Planimeterokular nach Hirschwald, das durch technische Weiterentwicklung des Okularnetzmikrometers entstand, wird an einer feststehenden vertikalen Glasmikrometerskala eine horizontale Glasskala vorbeibewegt. Das Verfahren entspricht meßtechnisch dem auf Seite 14 geschilderten Durchmesserverfahren mit dem Unterschied, daß man die Kornlänge im Okular unmittelbar abliest.



Die horizontale Skala beim Planimeterokular entspricht den Meßgeraden des Durchmesserverfahrens. Die Anzahl der Meßgeraden reguliert man in Anpassung an die Korngröße mit Hilfe der vertikalen Skala.

Okular- und Tischschraubenmikrometer (Bild 7)

Das Meßgerät besteht aus einem Okular- und einem Tischschraubenmikrometer, die bei der Messung unabhängig voneinander bewegt werden können. Das Okularmikrometer registriert mit Hilfe einer Meßtrommel die Kornlänge

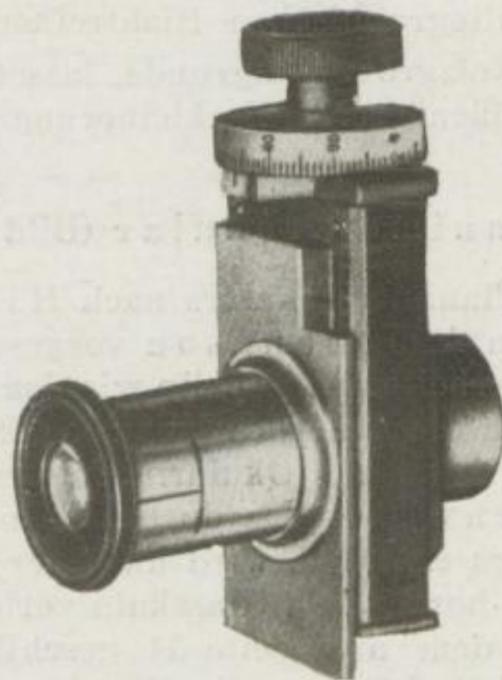


Bild 7. Okularschraubenmikrometer (nach R. Fuess)

der Hauptkomponente. Das Tischmikrometer wird für die Überbrückung von Zwischenräumen oder zur Längenbestimmung einer zweiten Komponente eingesetzt. Die Meßlinien sollen möglichst in verschiedenen Richtungen über den Schliff verteilt werden. Auch bei diesem Verfahren besteht eine gewisse Ähnlichkeit zum Durchmesserverfahren.

Mehrspindelige Tischschraubenmikrometer

Abschließend soll bei der Beschreibung der herkömmlichen Korngrößenmeßverfahren eine hervorragende Lösung besprochen werden, die mit der Konstruktion des Leitz-Integrationstisches (Bild 8) gefunden wurde.

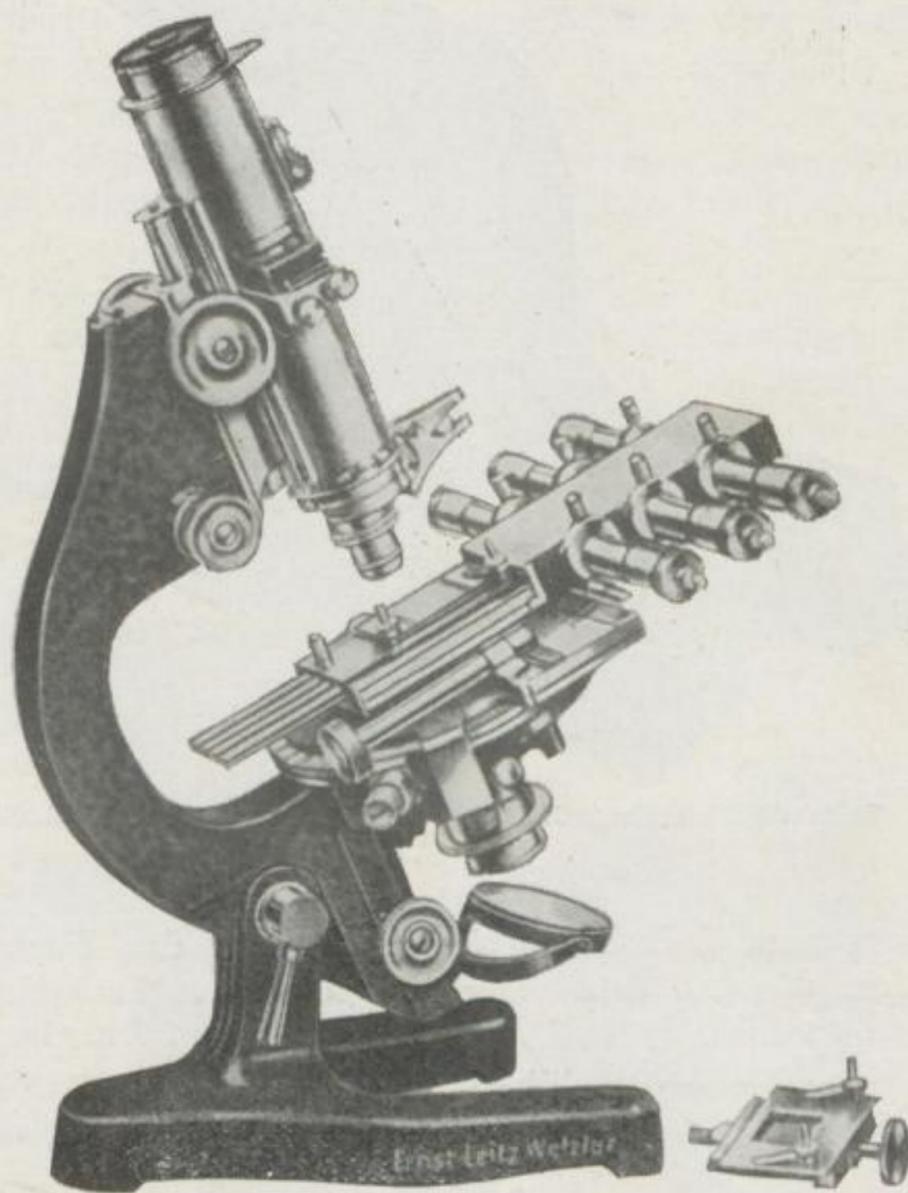


Bild 8. Leitz-Integrationstisch (aus [2] S. 114)

Bei seiner Entwicklung lag der Gedanke zugrunde, mehrere Komponenten bei der Messung gleichzeitig erfassen zu können. Petrographie und Erz-mikroskopie erfordern eine solche Vielseitigkeit infolge der Inhomogenität der Untersuchungsobjekte. Ähnliche Anforderungen werden auch von seiten

Deutsches
Brennstoffinstitut
Freiberg/Sa.

der Metallographie bei der Untersuchung mehrphasiger Metallegierungen gestellt. Der Leitz-Integrationstisch eignet sich unter Anwendung der Prinzipien des Durchmesserverfahrens vorzüglich für eine rationelle Korngrößenbestimmung. Seinem Aufbau nach ist er ein Tischschraubenmikrometer, das im Unterschied zu den bereits geschilderten einfachen Einrichtungen Messungen ohne Zwischenablesungen gestattet. Bei Korngrößenbestimmungen macht sich lediglich eine Notierung der Kornzahl durch den Beobachter notwendig. Es können maximal sechs Komponenten gleichzeitig ausgemessen werden.

Ähnliche Geräte wurden von E. O. Bernhardt, Wentworth-Hunt und A. T. J. Dollar entwickelt [13].

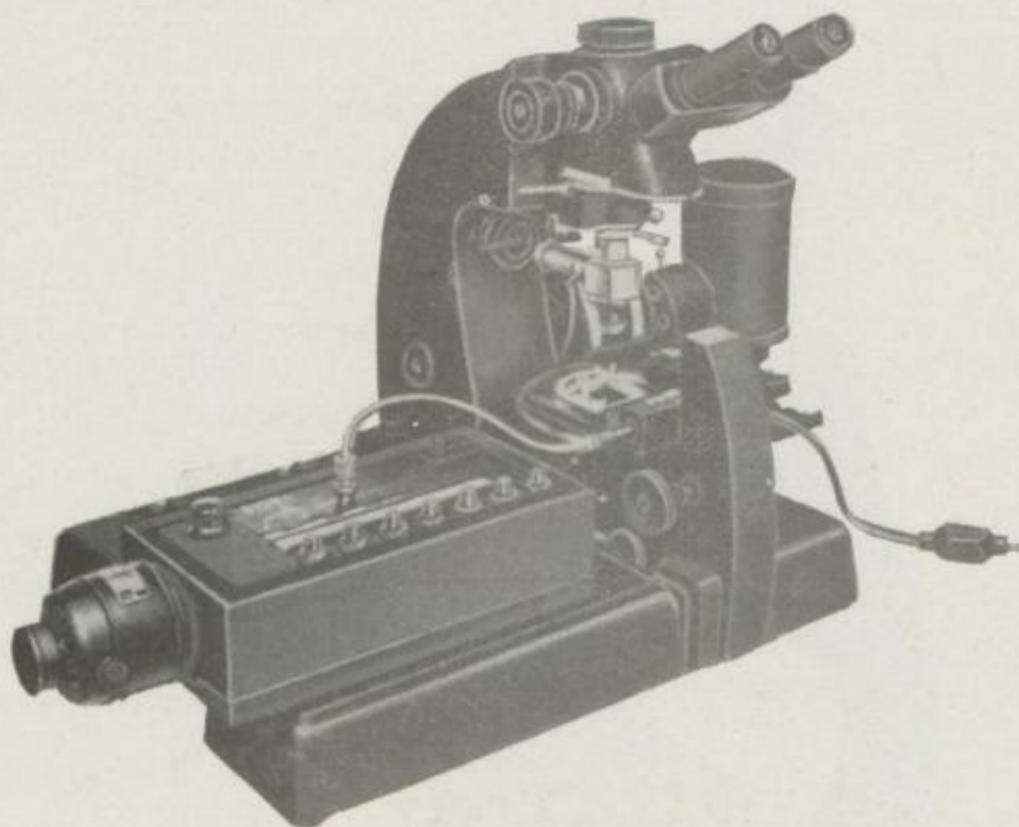


Bild 9. Elektrisches Integriergerät „Sigma“ der Firma R. Fuess, Berlin-Steglitz

Im Gegensatz zum Leitz-Tisch, bei dem man den Vorschub von Hand steuert, geschieht dies bei dem prinzipiell ähnlichen Integriergerät „Sigma“ der Firma Fuess (Bild 9) und bei dem Gerät von Taylor-Westgard elektrisch. Die Vorschubbewegung wird hierbei von einem Zählwerk registriert.

Richtreihen

Die bisher beschriebenen Verfahren gehen zum Teil davon aus, die Korngröße durch unmittelbare Messung festzustellen. Man erhält das Ergebnis über einen mehr oder weniger großen Arbeitsaufwand. Die Meßverfahren haben zwar eine geringere Ungenauigkeit; diese hat aber bei der Betrachtung des gesamten Prüfstückes nur dann Wert, wenn an sehr vielen Stellen gemessen wird. Mit zunehmender Zahl von Messungen vergrößert sich aber der Zeitaufwand erheblich.

Korngrößenmessungen durch Vergleich einer Richtreihe [10] [11] mit dem vorliegenden Schliff sind ungenauer. Da man aber für das gesamte Prüfstück auf Grund der Streuungen der Korngrößen und Klassifikationsanforderungen z. B. bei Stählen nur abgerundete Werte angibt, wird den Vergleichsverfahren bei Reihenuntersuchungen der Vorzug gegeben. Der subjektiv vorgenommene Vergleich zwischen Richtreihe und Schliff führt in wesentlich kürzerer Zeit zu einem brauchbaren Ergebnis.

Auf Grund der häufig vertretenen Ansicht, daß die Wärmebehandlungs- und Festigkeitseigenschaften der Stähle Beziehungen zur Austenitkorngröße besitzen, haben McQuaid und Ehn im Jahre 1922 (zitiert bei [10] S. 186) ein Aufkohlungsverfahren vorgeschlagen. Durch Sekundärzementit-Ausscheidungen an den Korngrenzen der ehemaligen Austenitkörner können diese fixiert werden. Ähnlich können die Korngrenzen bei untereutektoiden Stählen durch Ferritausscheidungen gekennzeichnet werden. Mit dem Begriff „Austenitkorngröße“ verbindet sich der Begriff „EHN-Korngröße“.

Das 1933 zur ASTM-Norm erklärte Verfahren arbeitet mit abgestuften Vergleichsnetzbildern. Außer den ursprünglichen acht Korngrößenabstufungen ist auch noch eine Erweiterung nach beiden Seiten hin vorgenommen worden ([10] S. 184).

Bei der Beurteilung des Wärmebehandlungsverhaltens ist das McQuaid-Ehn-Verfahren, das auf der Zementierung von Einsatzstählen beruht, nicht ohne weiteres auf alle Stähle übertragbar. Die Vergleichsbilder dieses Verfahrens wurden 1946 in die ASTM-Norm zur allgemeinen Korngrößenabschätzung übernommen.

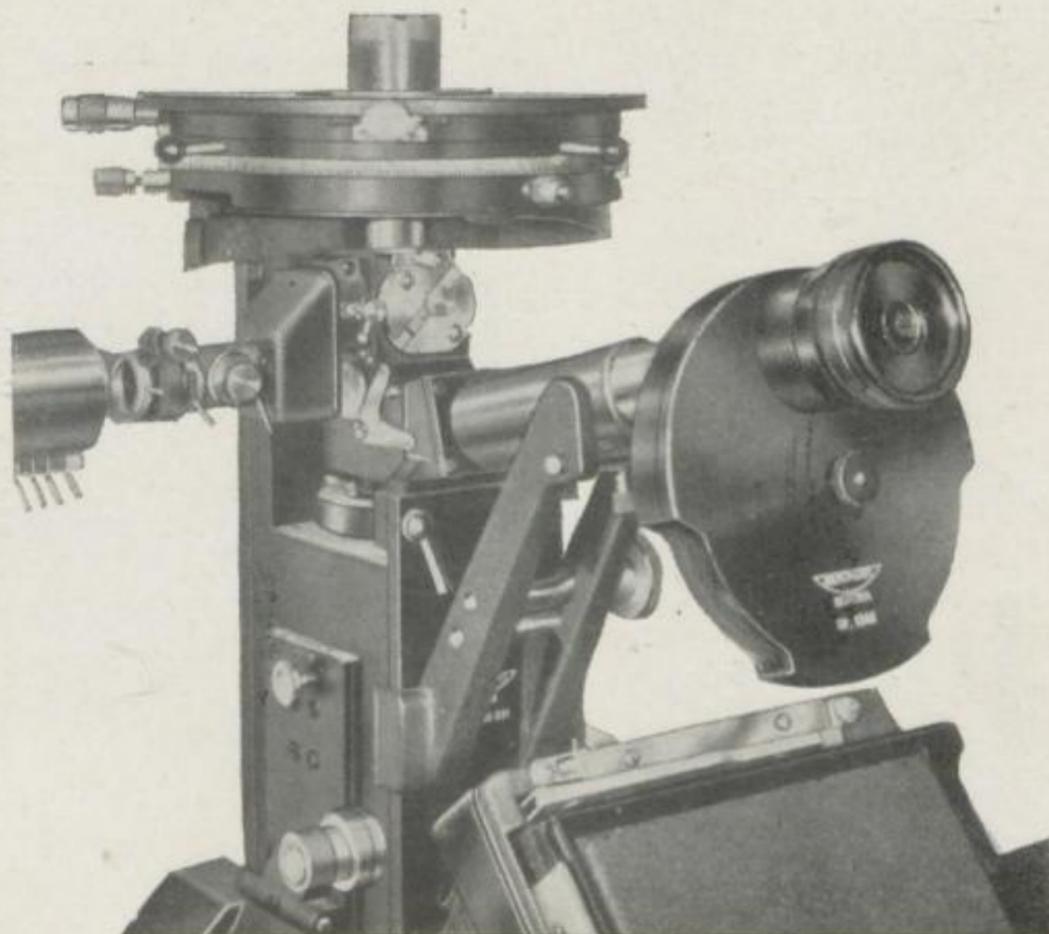


Bild 10a. Universal-Kameramikroskop „MeF“ der Firma C. Reichert, Wien mit dem Korngrößen- und Gefügemeßokular

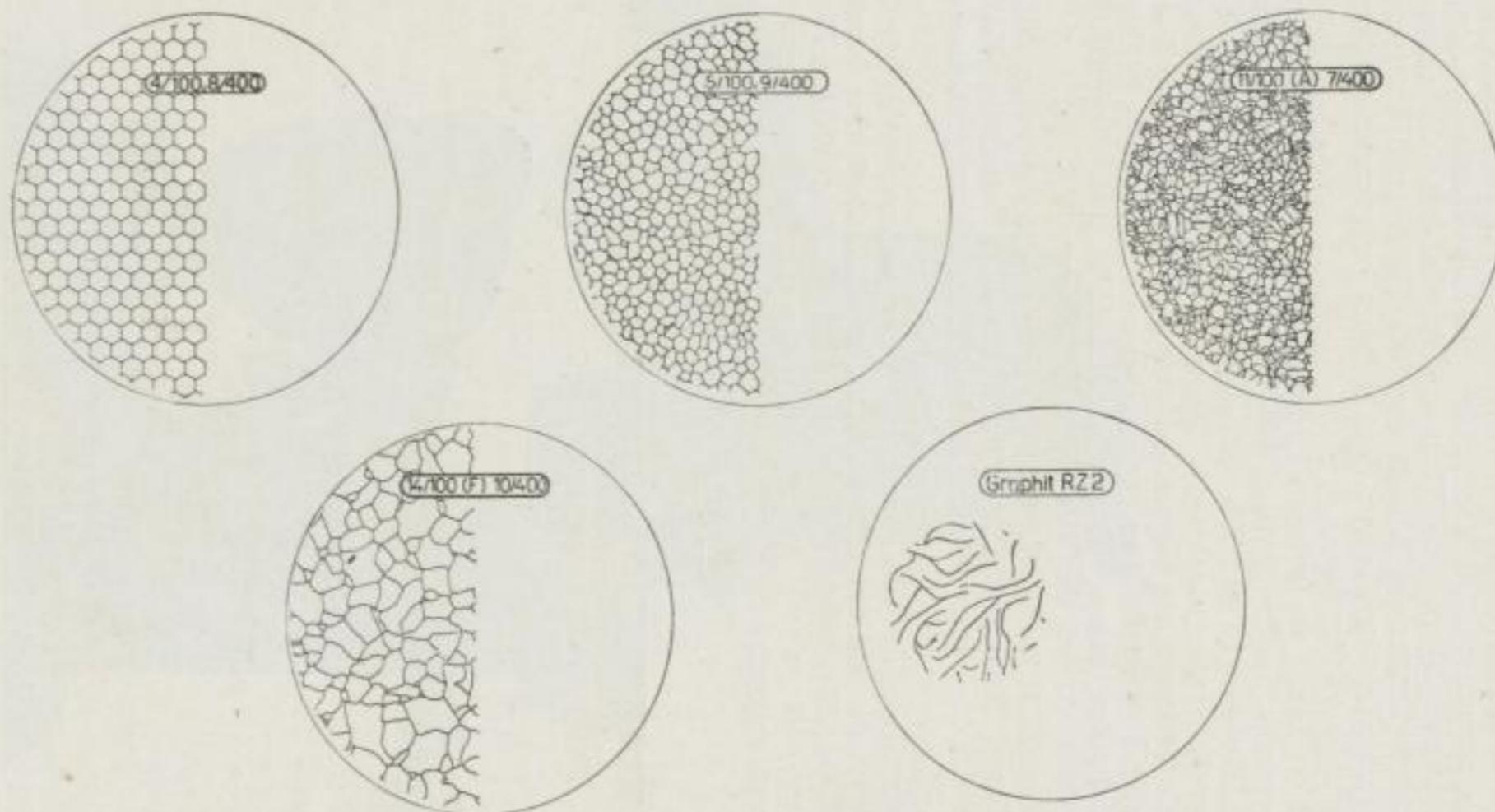


Bild 10b. Verschiedene Scheibenbestückungen des Meßokulars der Firma C. Reichert

- | | |
|--------------------------------|---|
| 1 ASTM – Sechseckraster | 4 Jernkontor-Raster (Ferrit) |
| 2 ASTM, Unregelmäßige Raster | 5 Skala für Größe der lamellaren Graphit- |
| 3 Jernkontor-Raster (Austenit) | ausscheidungen (nach VDE und ASTM) |

Die ASTM-Korngröße selbst wird definiert als Kornzahl (Z) pro Flächeneinheit. Die Korngröße ergibt sich aus der Beziehung

$$Z = 2^{N-1}. \quad (5)$$

Als Flächeneinheit wird ein Quadratzoll zugrunde gelegt. Die Richtreihen-netzbilder werden neuerdings von der Firma C. Reichert, Wien², zum Metallmikroskop MeF als Zusatzeinrichtung zur Korngrößenbestimmung geliefert (Bilder 10a u. b).

Kostron (zitiert bei [10] S. 188, Fußnote) entwickelte eine der ASTM-Korngrößenbestimmung ähnliche Methode. Sein „Rechteckverfahren“ war ursprünglich für die Korngrößenbestimmung an Al-Cu-Mg-Walzlegierungen gedacht. Ein Vergleich der ASTM-Richtreihe mit dem Rechteckverfahren wird bei [10] S. 188–190 geschildert.

Für einen Sonderzweck, nämlich die Beurteilung der Menge und Verteilung nichtmetallischer Einschlüsse im Stahl, wurde erstmalig vom schwedischen Jernkontor ([10] S. 190) eine entsprechende Vergleichsskala aufgestellt. In anderen Ländern gibt es ähnliche Skalen (Gost Nr. 1778–4, Diergarten-Richtreihe, erprobt an basisch erschmolzenem Stahl, Jernkontor-Richtreihe, erprobt an sauer erschmolzenem Stahl etc.).

Weitere Ansätze zur Aufstellung von Richtreihen für spezielle Zwecke, z. B. für Primärzeilen, Karbideinschlüsse, Graphitbildung etc., sind gemacht worden.

² Der Firma C. Reichert sei an dieser Stelle für die freundliche Überlassung von Originalklischees (Bilder 10a, b) gedankt.

DAS ELEKTRISCHE PUNKTZÄHLGERÄT ELTINOR UND SEINE BISHERIGE ANWENDUNG

Die bisher besprochenen Korngrößenmeßverfahren lassen sich in zwei Hauptgruppen unterteilen:

1. Linienverfahren zur Bestimmung von Kornlängen
2. Flächenmeßverfahren zur Bestimmung von Kornflächen mit der Sondergruppe der Vergleichsverfahren

Eine dritte Methode zur Bestimmung von Korngrößen oder Mengenverhältnissen ist die Punktmethode nach G l a g o l e w [1] [8]. Diese diente bisher ausschließlich der Mengenanteilbestimmung (Bild 11).

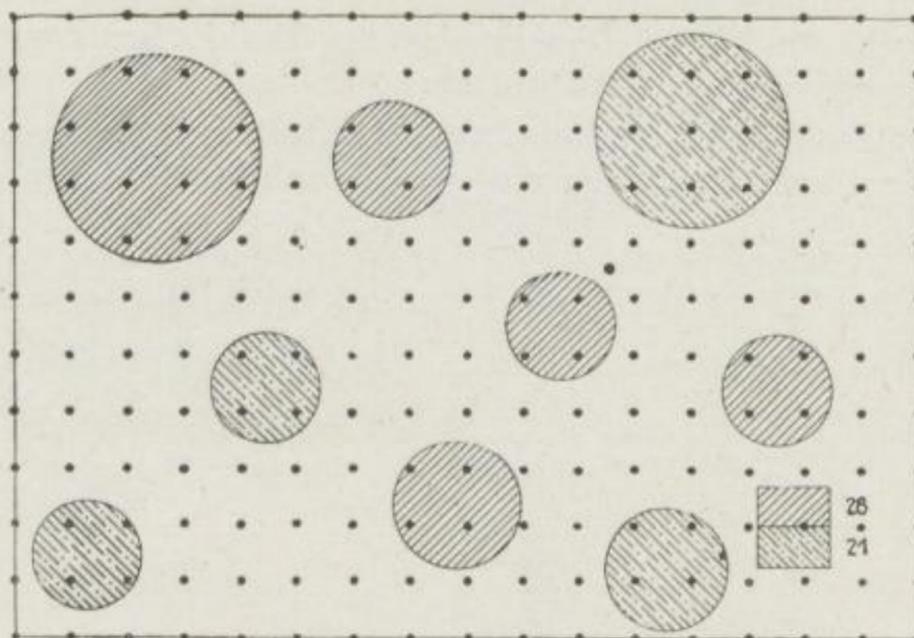


Bild 11. Prinzip der Punktmethode nach G l a g o l e w (nach J. S w i f t)

Unter Zugrundelegung von Punktreihen oder Punktnetzen lassen sich aber auch grundsätzlich Längen- und Flächenmessungen durchführen. Auf Anregung von Prof. Dr. F. L e u t w e i n entwickelten B o n n k e und S c h e p l i t z [1] vom VEB Rathenower Optische Werke auf dem Punktmeßprinzip aufbauend das elektrische Punktzählgerät ELTINOR (s. Abb. bei [1]).

Die Apparatur besteht aus einem Integrationstisch (I in Bild 12), dessen Schlitten (II in Bild 12) durch elektrische Impulse schrittweise bewegt wird und einem oder mehreren elektromechanischen Zählgeräten (III in Bild 12). Zur Verringerung der mechanischen Schrittgrößen durch Veränderung des Arbeitsprinzips schlug S c h e p l i t z zusätzlich einen Okularaufsatz vor (IV in Bild 12).

Der am Mikroskopisch montierbare Integrationstisch gestattet die Einstellung von sechs unterschiedlichen Schrittgrößen: 0,05, 0,1, 0,2, 0,3, 0,4 und

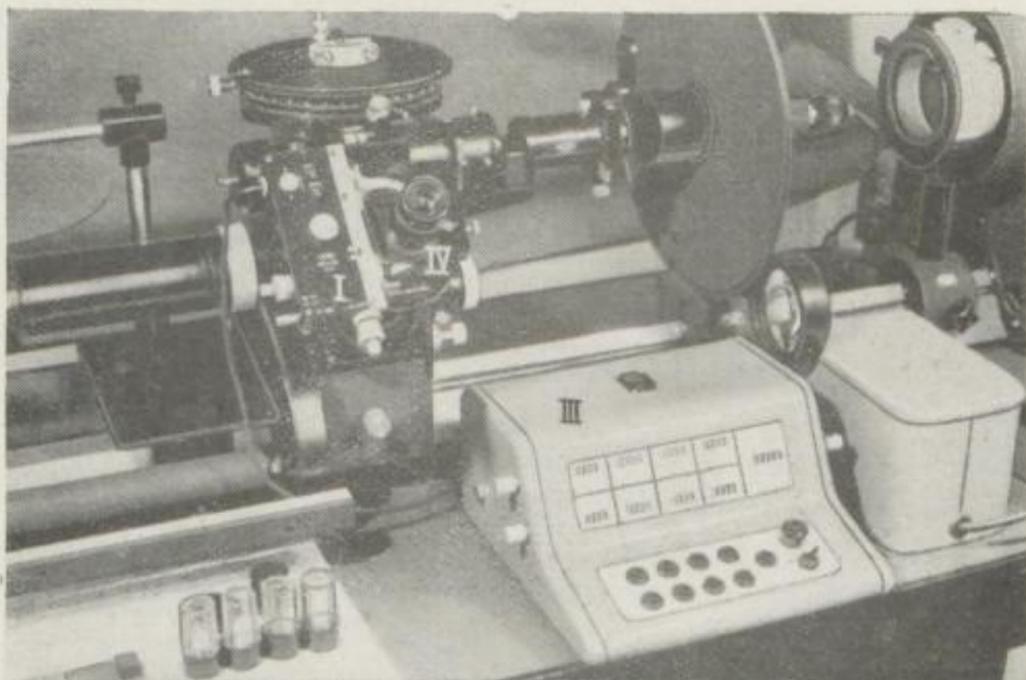


Bild 12a
Das Punktzählgerät ELTINOR
am Zeiss-Neophot

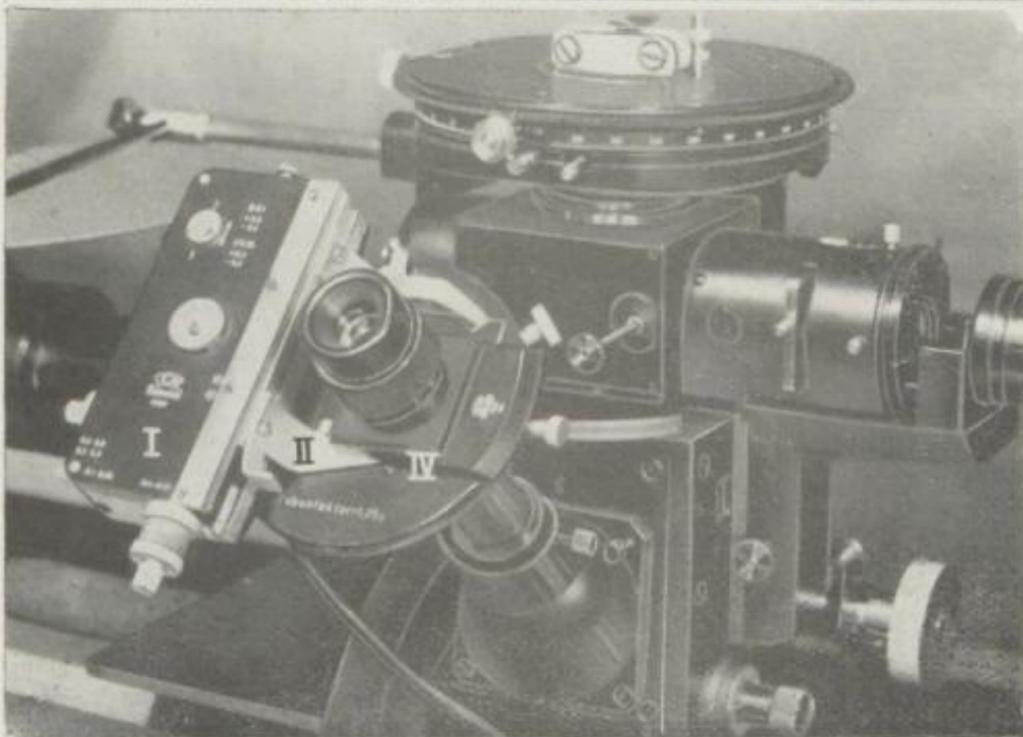


Bild 12b
Okularaufsatz der ELTINOR
am Zeiss-Neophot

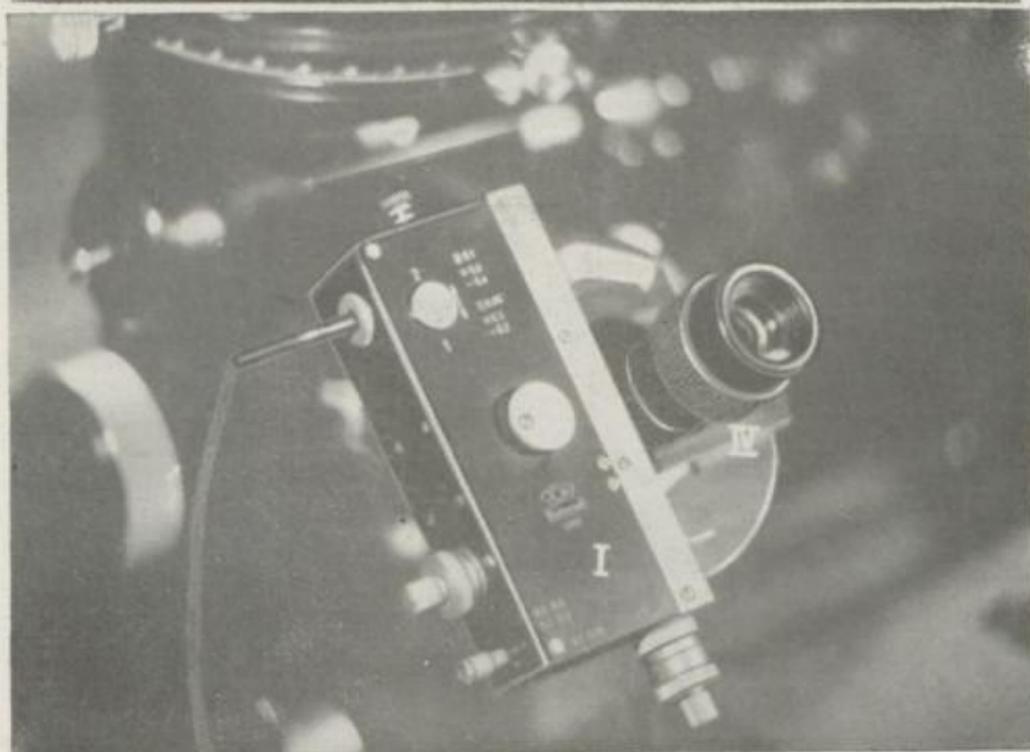


Bild 12c
Okularaufsatz der ELTINOR
am Zeiss-Neophot

0,6 mm. Der Schlitten wird durch die vom Zählwerk ausgehenden elektrischen Impulse in vertikaler Richtung bewegt und kann von Hand horizontal verstellbar werden.

Das Zählgerät besitzt acht vierstellige Einzelzählwerke und ein fünfstelliges Summenzählwerk. Alle Zählwerke haben Nulleinstellung und werden durch Druckschalter bedient. Zur Ergänzung befindet sich am Zählgerät eine Leertaste zur Überbrückung von nicht interessierenden Schliffstellen. Die Bewegungen des Schlittens am Integrationstisch werden über das Zählgerät ausgelöst.

Bei Benutzung des Okularaufsatzes wird der Integrationstisch am Okularaufsatzstisch befestigt (s. Bild 12). An Stelle eines Schliffes transportiert der Schlitten nun eine mit Fadenkreuz versehene Glasplatte. Außerdem befindet sich im Okular die Begrenzung eines 1 cm^2 großen Quadrates. Dieses Quadrat ergibt in Verbindung mit unterschiedlichen Objektiven verschieden große Objekt- bzw. relative Ausschnitte.

Es bestehen also grundsätzlich zwei Arbeitsmöglichkeiten:

1. Alleinige Verwendung des Integrationstisches:

- a) Der Schliff wird vom Schlitten des Integrationstisches auf dem Mikroskoptisch bewegt.
- b) Ein feststehendes Fadenkreuz befindet sich in einem beliebigen Okular (s. Abb. bei [1]).

2. Verwendung von Okularaufsatz mit Integrationstisch:

- a) Feststehender Schliff auf dem Mikroskoptisch.
- b) Das Fadenkreuz wird vom Integrationstisch im Blickfeld bewegt.
- c) Im Blickfeld befindet sich der quadratische Ausschnitt.

Durch Umkehrung der optischen Verhältnisse arbeitet man in Stellung 2 mit kleineren und in diesem Falle sogenannten relativen Schrittgrößen, während in Arbeitsstellung 1 die Schrittgröße in ihrer absoluten Abmessung abgebildet wird unter Berücksichtigung der Gesamtvergrößerung.

Die Anwendung des elektrischen Punktzählgerätes ELTINOR beschränkte sich bisher auf die Bestimmung relativer Mengenanteile von verschiedenen Komponenten in mikroskopischen Präparaten unter Zugrundelegung der G l a g o l e w s c h e n Punktmethode.

Analytische Werte erhält man dadurch, daß ein gedachtes Punktgitter über den Schliff gelegt wird. Jeder Komponente wird ein bestimmtes Zählwerk zugeordnet. Bei konstantem Punktabstand setzt man das Verhältnis der Punktzahlen auf verschiedenen Gefügebestandteilen gleich ihrem prozentualen Mengenverhältnis (s. Bild 11). Bei dieser Verfahrensweise interessiert der Abstand der Punkte, d. h. die Schrittgröße, nur insoweit, als man beachten muß, daß auch kleinste Gefügebestandteile mit Punkten belegt werden können.

Mit einem Zählgerät können maximal acht Komponenten ausgemessen werden. Diese Zahl kann durch Anschluß weiterer Zählgeräte beliebig erweitert werden.

KORNGRÖSSENBESTIMMUNG MIT DER ELTINOR

Die nachstehenden Betrachtungen gehen davon aus, daß ein für eine bestimmte Messung angewandtes Verfahren oder Gerät zehnmal genauer arbeiten soll, als es die Ergebnisse verlangen.

Es wurde zwar der Vorteil der z. T. genormten Vergleichsverfahren gegenüber anderen Arbeitsweisen hervorgehoben, doch besteht auch in vielen Fällen das Bedürfnis, durch direkte Messung Korngrößenbestimmungen vorzunehmen. Die vorstehend geschilderten direkten Meßverfahren weisen sämtlich den Mangel eines erheblichen Zeitaufwandes oder größerer Meßunsicherheiten auf.

In den nachfolgenden Ausführungen werden Ergebnisse mitgeteilt, die mit dem Punktzählgerät ELTINOR in wesentlich kürzerer Zeit und mit kontrollierten Ungenauigkeiten erzielt wurden.

Wenn man die Prinzipien der Glagolew'schen Punktmethod mit denen des Durchmesserverfahrens kombiniert, so läßt sich die ELTINOR mit Erfolg für eine rationelle Korngrößenmessung einsetzen. Beim Arbeiten mit der ELTINOR zur Korngrößenbestimmung müssen Vergrößerung und Schrittgröße natürlich ebenfalls so aufeinander abgestimmt werden, daß auch die kleineren Körner mit erfaßt werden können. Soweit der Okularaufsatz verwendet werden soll, ist eine Variierung der Vergrößerung z. Z. nur mit den Objektiven möglich. Zur Nachvergrößerung schlägt Scheplitz hier die Zwischenschaltung eines Projektivs oder Projektivrevolvers bzw. eines variablen Vergrößerungswechslers vor. Das betrifft also nur Arbeitsstellung 2.

Kleinste Gefügebestandteile werden allerdings — wie bei den herkömmlichen Verfahren — nicht in die Messung einbezogen. Gestützt auf die Tatsache, daß die kleinsten Gefügebestandteile geringere Häufigkeiten haben und andererseits die Materialeigenschaften nicht maßgeblich bestimmen, werden sie bei der Gefügebrauchung außer acht gelassen. Dadurch wird erreicht, daß der Mittelwert auf den Korngrößen aufbaut, deren Vertreter die Werkstoffeigenschaften im wesentlichen festlegen.

Unter Zugrundelegung der herkömmlichen Arbeitsweise der ELTINOR ergaben sich bei unseren Untersuchungen zwei brauchbare Arbeitsvarianten.

Ausschnittverfahren

Die Anwendung des Ausschnittverfahrens erfordert die Kombination der Geräteeinzelteile nach Arbeitsstellung 2.

Das auf Seite 24 erwähnte Okularquadrat ergibt — wie bereits mitgeteilt — bei Anwendung unterschiedlicher Objektive verschieden große relative Schliffbildausschnitte (s. a. A_L in Tab. 3). Die Ausschnittseitenlängen A_L wurden mit einem Zeiss-Objektmikrometer bestimmt. Diese und die Ergeb-

nisse aller Experimente wurden mit dem Zeiss-Neophot erhalten, an das die ELTINOR von uns erstmalig funktionstüchtig angeschlossen worden ist (Bilder 12a, 12b, 12c). Die Besprechung der dabei akuten optischen Probleme ist einem folgenden Abschnitt vorbehalten.

Die Ausschnittgröße ergibt sich außerdem aus der Beziehung

$$A_{Lr} = \frac{A_{La}}{V_{Ob} \cdot T_F} \quad (6)$$

Zur Bedeutung des Schliiffbildausschnittes seien einige allgemeine Bemerkungen vorausgeschickt.

Korngrößenbestimmungen sollen fast immer für das gesamte Probestück gültig sein. Eine mikroskopische Untersuchung an einer begrenzten Stelle entspricht einer Stichprobe. Sie kann aber allein für die gesamte Probenfläche nicht verbindlich sein. Die Bestimmung von Mittelwerten erfordert deshalb unbedingt mehrere Stichproben verschiedener Lage im Probenquerschnitt, d. h., einer Mittelwertbildung für die gesamte Probe müssen die Ergebnisse von mehreren unterschiedlich gelagerten Ausschnittsmessungen zugrunde gelegt werden. Die Anzahl der Ausschnitte bestimmt einerseits die statistische Sicherheit der Meßwerte und andererseits die erforderliche Zeit.

	Fall 1	Fall 2	Fall 3	Fall 4 (häufigster Fall)
Im Ausschnitt vorhanden:	6 ganze Körner	5 ganze Körner, 1 ungerades Korn an der oberen Ausschnittbegrenzung.	5 ganze Körner, 1 ungerades Korn an der unteren Ausschnittbegrenzung	4 ganze Körner, je 1 ungerades Korn an ob. und unt. Ausschnittbegrenzung
Zählergebnis nach dem Durchmesser-Verf.	6 Körner	6 Körner	5 Körner	5 Körner
Zählergebnis nach dem Ausschnitt-Verf.	6 Korngrenzen = 6 Körner	6 Korngrenzen = 6 Körner	5 Korngrenzen = 5 Körner	5 Korngrenzen = 5 Körner

Bild 13. Vergleich zwischen den unterschiedlichen Verfahrensweisen zur Kornzählermittlung nach dem Durchmesser- und Ausschnittverfahren. Beim Ausschnittverfahren werden die Korngrenzen gezählt, die ein Korn in Zählrichtung abschließen

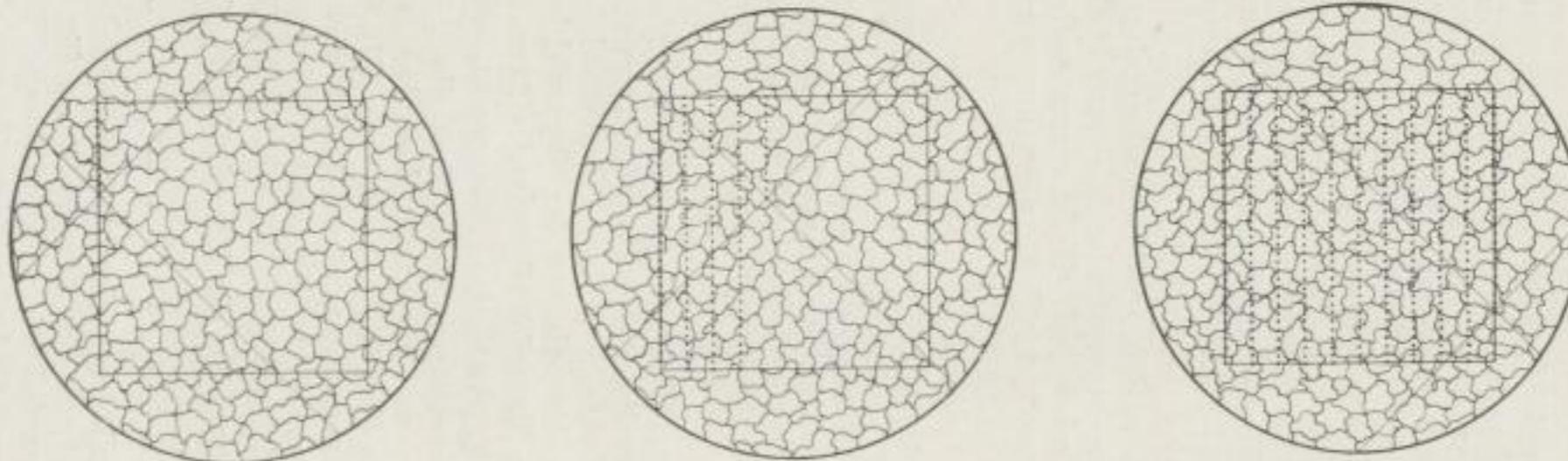


Bild 14. Entstehung der Meßbahnen beim Ausschnittverfahren

Unser Ausschnittverfahren entspricht grundsätzlich dem Durchmesserverfahren. In der Ausführung ergeben sich aber einige Unterschiede zum herkömmlichen Durchmesserverfahren:

Der in Frage kommende Gefügausschnitt ist durch das Okularquadrat gegeben. In dieses Quadrat können durch Horizontalverschiebung des Meßschlittens viele Meßbahnen gelegt werden. Beim Durchmesserverfahren werden die auf den Meßbahnen liegenden Körner gezählt. Das letzte unganze Korn wird nicht berücksichtigt. Bei unserem Ausschnittverfahren dagegen zählen wir die die jeweiligen Meßbahnen schneidenden und in Zählrichtung eine Kornfläche abschließenden Korngrenzen. In der technischen Durchführung benutzt man beim Schreiten auf Kornflächen die Leertaste. Registriert wird mit dem Zählwerk nur das Überschreiten von Korngrenzen. Die Summe der Korngrenzen ist gleich der beim Durchmesserverfahren ermittelten Kornzahl (Bild 13).

Die Meßbahnen ergeben sich als Punktreihen durch die schrittweise Bewegung des Fadenkreuzes in vertikaler Richtung (Bild 14). Dreht man den Objektisch um 90° und wiederholt die Messung, so lassen Kornlängenunterschiede in horizontaler und vertikaler Richtung wie üblich Verformungen quantitativ bestimmen und nachweisen.

Anzahl der Meßbahnen in einem Ausschnitt

Die oben erwähnte Tatsache, daß mehrere Ausschnitte zur Bestimmung der mittleren Korngrößen für ein Probestück herangezogen werden müssen, läßt aber auch noch die Frage offen, welchen Einfluß eine bestimmte Meßbahndichte im einzelnen Ausschnitt auf die mittlere Korngröße im Ausschnitt ausübt.

Neben der statistischen Sicherheit steht auch hier der Zeitaufwand zur Diskussion. Es ist notwendig, unter Berücksichtigung beider Gesichtspunkte eine optimale Meßbahndichte zu finden. Die Anzahl der Meßbahnen im Ausschnitt ist offenbar auch abhängig von der Kornzahl im Ausschnitt und damit von der mikroskopischen Vergrößerung des Gefüges.

Nach Schottky ([10] S. 180) sollen etwa 100 bis 200 Körner im Ausschnitt liegen. Eine einfache Überlegung ergibt, daß die günstigsten Beziehungen zwischen Meßbahndichte und Kornzahl dann bestünden, wenn auf je ein Korn an der Quadratseite eine Meßbahn entfiel. Ein Idealfall läge vor, wenn die für die Quadratseite genannten günstigsten Beziehungen auch für die gesamte Ausschnittsfläche zuträfen. Es müßten dabei eindeutige geometrische Flächen vorliegen. Das ist praktisch jedoch nie der Fall.

Dadurch wurde es notwendig, die Korrelation Meßbahndichte — Kornzahl statistisch zu untersuchen.

An 15 normalisierten Stahlproben mit Kohlenstoffgehalten zwischen 0,05 und 0,45 % wurden die mittleren Korngrößen nach dem Ausschnittverfahren bestimmt, wobei zunächst nur ein Ausschnitt als für die gesamte Probe verbindlich angenommen wurde. Die mikroskopische Vergrößerung lag unterschiedlich zwischen 300- und 600facher Vergrößerung. Dabei war beabsichtigt, unterschiedliche Kornzahlen im Ausschnitt zu erhalten. Bei den ver-

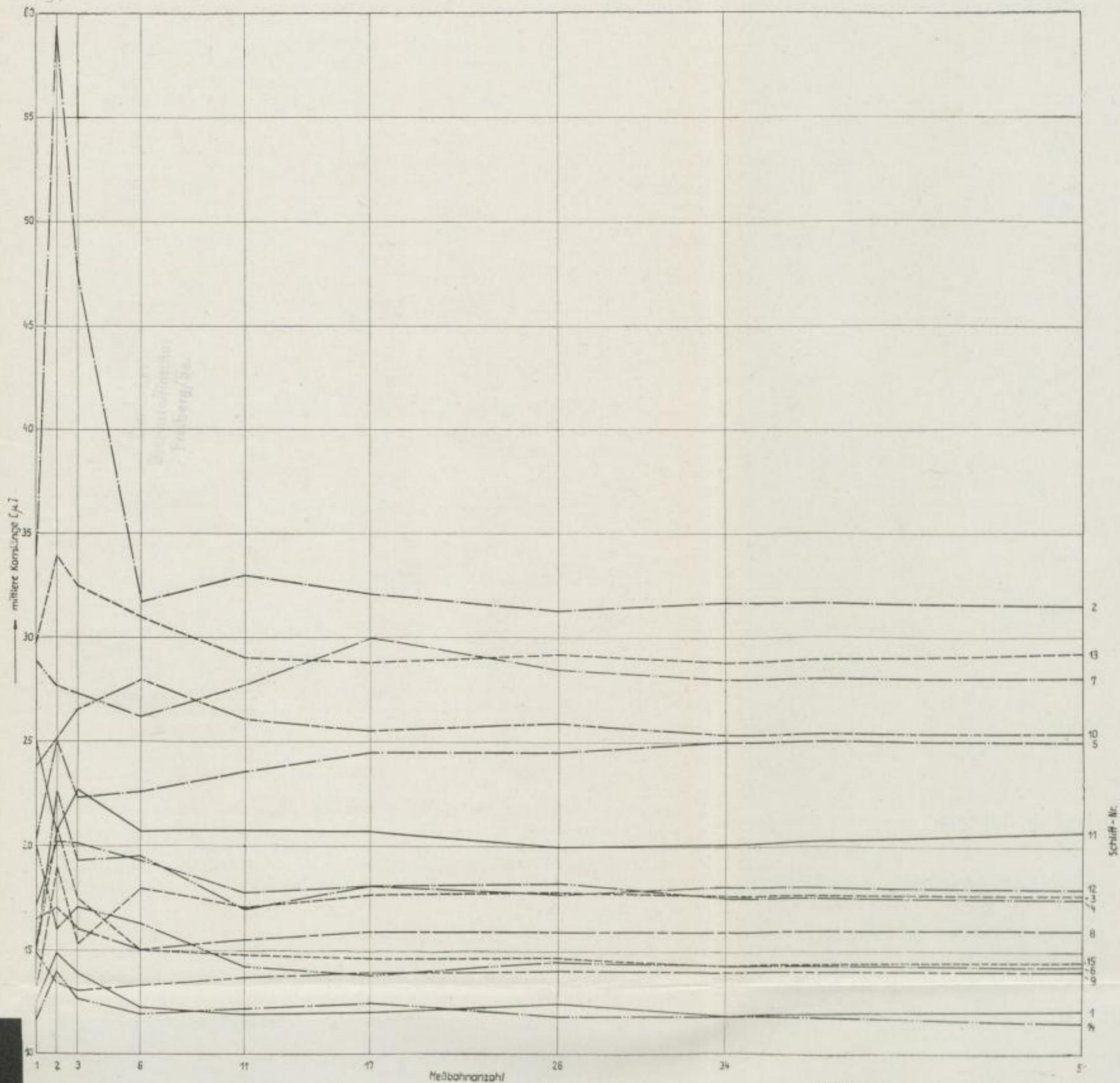


Bild 15

Dresden
Bismarckstrasse
Freiberg/oa

8
d
1
8
1



SLUB

Wir führen Wissen.

UNIVERSITÄTSBIBLIOTHEK
FREIBERG



schiedenen Proben lagen 50 bis 650 Körner im Ausschnitt. Zur Untersuchung des Einflusses der Meßbahndichte auf die Mittelwertbildung wurden 1, 2, 3, 6, 11, 17, 26, 34, 51 parallele Meßgeraden jeweils gleichmäßig im Ausschnitt verteilt. Die Bilder 15 und 16 spiegeln die Ergebnisse der Untersuchungen wider. An Stelle der Kornzahlen wurden wie üblich die Kornlängen aufgetragen.

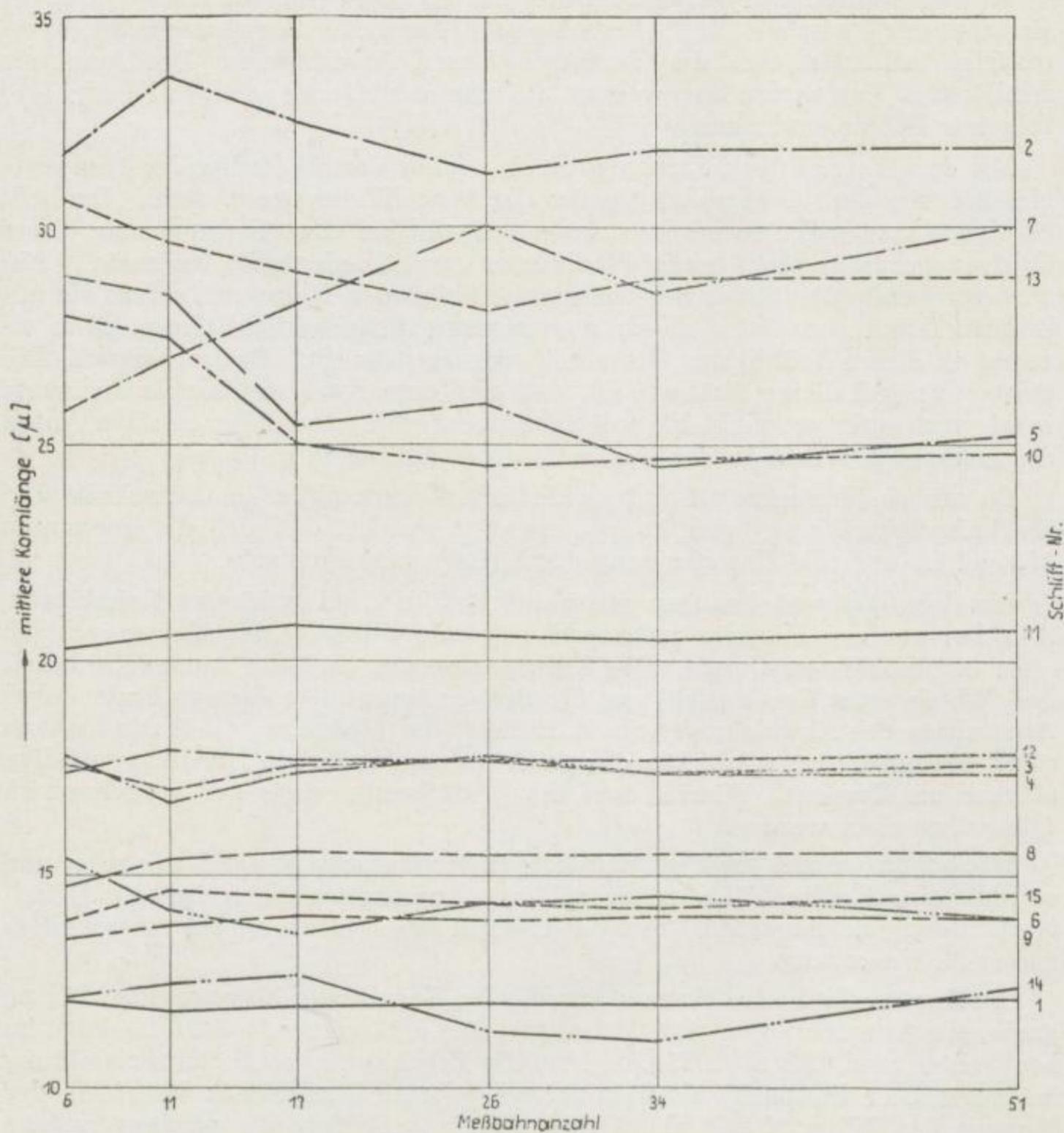


Bild 16

Bei der Betrachtung der Kurven des Bildes 15 bemerkt man, daß zwischen einer und elf Meßbahnen im Ausschnitt die Werte bei allen Proben stärker streuen. Ab elf Meßbahnen tritt eine merkliche Glättung der Kurven ein. Der Kurvenverlauf scheint die Tatsache zu beinhalten, daß die Glättung der

Kurven unabhängig von einer bestimmten Korngröße und damit von einer bestimmten Kornzahl im Ausschnitt eintritt. Die Ergebnisse lassen vermuten, daß ein Vereinfachen der Zählerarbeit durch stärkere Vergrößerung erzielt werden könnte. Die folgenden Erörterungen weisen aber nach, daß diese Vermutung einen Trugschluß enthält. Für die Kurven des Bildes 15 wurden sämtliche gemessenen Werte verwendet.

Es gibt statistische Verfahren, die auf Extremwerte verzichten. Um die Beziehungen zwischen Meßbahndichte und Kornzahl im Ausschnitt zu ermitteln, bedienten sich die Verfasser dieser Arbeitsweise. Das genannte statistische Verfahren, angewendet auf die vorliegende Fragestellung, läßt folgende Fehler erwarten:

Mit dem Verzicht auf Extremwerte tritt eine Verminderung der Meßwerte ein, die mit dem Gesetz der Großen Zahl im Widerspruch steht. Das gilt besonders in den Fällen mit niedriger Meßbahnzahl. Zur Verringerung dieses Fehlers wurde erst ab sechs Meßbahnen pro Quadratseite angesetzt. Ein weiterer Fehler besteht darin, daß die verbleibenden Meßwerte, sofern sie mit Zufälligkeiten behaftet sind, zu ungenaueren Mittelwerten führen. Man erreicht in diesen Fällen das Gegenteil vom ursprünglich Beabsichtigten. Ein dritter Mangel dieser Methode ist, daß sich eine Kappung der Extremwerte insofern negativ auswirkt, als mit abnehmender Kornzahl der relative Anteil der gekappten Werte an der Gesamtzahl der Meßwerte zunimmt.

Da unsere Versuche von unterschiedlichen Kornzahlen im Ausschnitt und Meßbahndichten ausgingen, konnte erwartet werden, daß sich die genannten Mängel in unseren Untersuchungsergebnissen widerspiegeln.

Das Resultat war insofern aufschlußreich, als bei größeren Kornlängen, d. h. bei wenigen Körnern im Ausschnitt, eine Glättung der Kurven erst ab etwa 34 Meßbahnen eintrat. Die Kurven besagen, daß die Aussagefähigkeit des Mittelwertes der Meßbahnen für den Ausschnitt in diesem Falle durch Anwachsen der Abweichung vom Mittelwert der Meßreihe mit 51 Meßbahnen stark beeinträchtigt wird. Die einzelnen unterschiedlichen Kornlängen fallen stärker ins Gewicht. Hierin darf die Bestätigung eines der vorgenannten Mängel gesehen werden.

Wie schon einmal erwähnt wurde, gilt der Ausschnitt als Stichprobe, und es muß eine gewisse Mindestkornzahl im Ausschnitt liegen für die Mittelwertbildung im Ausschnitt und auch wegen der Bedeutung des Ausschnittes für seine Umgebung.

Die Kurven des Bildes 16 sagen aus, daß bei Kornlängen bis etwas über 20 [μm] geringere Abweichungen vom Mittelwert der Meßreihe mit 51 Meßbahnen zu beobachten sind. Ab etwa 25 [μm] sind die Ergebnisse der Mittelwertbildung bei geringerer Bahnzahl als 51 nicht mehr befriedigend. Ein Vergleich der Kurven des Bildes 16 mit den Gefügebildern bestätigte die vorangegangene Feststellung, wonach mehr oder weniger runde, regelmäßige Körner zu einer Bestimmung der mittleren Korngröße Voraussetzung sind (Bilder 17a und b, 18a und b) und die Forderung nach einer Mindestzahl von Körnern im Ausschnitt erhoben wird.

Zwischen 20 und 25 [μm] Kornlänge ist ein Schnitt zu ziehen. Das bedeutet für die praktische Messung, wenn man die angegebenen Kornlängen umwertet

in die Kornzahlen im Ausschnitt, daß auch nach unseren Ergebnissen, wie von Schottky ([10] S.180) angegeben, aber nicht belegt, 100 bis 200 Körner für eine genauere Mittelwertbildung im Ausschnitt liegen müssen. Bei quadratischem Ausschnitt entfallen damit auf eine Quadratseite 10 bis 15 Körner. Damit ist für künftige Messungen ein gewisses Sicherheitskriterium gewählt worden.

Die Streuung des Mittelwertes einer Meßreihe (σ_D) bei unterschiedlichen Meßbahnzahlen (M_Z^*) läßt sich aus

$$\sigma_D = \pm \frac{\sigma}{\sqrt{M_Z^*}} \quad (7)$$

errechnen ([12] S.178). $3 \sigma_D$ ist die größte zu erwartende Unsicherheit. Das bedeutet, daß nur 3 % aller Werte außerhalb der Toleranzgrenze liegen werden. Voraussetzung zur Anwendung dieser Formel ist die Kenntnis der Werte für σ . Sie stellen die (näherungsweise) mittlere Abweichung der Einzelwerte einer mehrgliedrigen Meßreihe von deren Mittelwert dar (DIN 1319), wobei

$$\sigma = \pm \sqrt{\frac{\sum \delta^2}{M_Z}} \quad (8)$$

ist.

Als Glied einer Meßreihe ist in unserem Falle eine Meßbahn zu betrachten. Die Werte für σ und $3 \sigma_D$ der erwähnten 15 Versuchsproben sind in den Tabellen 1 und 2 zusammengestellt worden. Um größtmögliche Sicherheit für den Wert des σ zu erreichen, wurden 51 Meßbahnen für seine Berechnung zugrunde gelegt. Das ist deshalb notwendig, weil σ selbst wieder mit Unsicherheiten in Abhängigkeit von der Bahnzahl (M_Z) behaftet ist. Diese Unsicherheit (R) läßt sich ausdrücken durch den mittleren Fehler ($\Delta\sigma$) der Streuung σ .

$$R = \pm \frac{\Delta\sigma}{\sigma} \quad (9)$$

Es hat z. B. keinen Sinn, M_Z kleiner als 10 zu wählen, da dann R größer als $\pm 23 \%$ ist, während R für $M_Z = 50$ nur $\pm 10 \%$ beträgt ([12] S.176).

Dieser σ -Wert bildet die Grundlage für alle weiteren Rechnungen. In Tabelle 1 wurden die Schliche nach der mittleren Kornlänge geordnet.

Werden die Kurven der Bilder 15 und 16 kritisch betrachtet, so interessiert in erster Linie die Abweichung der Meßwerte vom Mittelwert der Meßreihe mit 51 Meßbahnen. Die idealen Korngrößenmittelwerte würden für alle Meßbahnzahlen durch eine Horizontale charakterisiert.

Tabelle 2 enthält u. a. die $3 \sigma_D$ -Werte für die mittlere Kornlänge. Ein Vergleich dieser Werte mit dem Kurvenverlauf in Bild 15 läßt erkennen, daß bei unseren Messungen bis zur Meßbahnzahl 11 sämtliche Mittelwerte im Bereich der für $M_Z^* = 51$ errechneten Toleranzen liegen. Die Tatsache, daß 10 bis 15 Körner auf einer Quadratseite des Ausschnittes liegen sollen, war die Grundlage für weitere Betrachtungen.



Bild 17a. $1\frac{1}{2}\%$ alkoh. HNO_3 320 : 1
 Schliff 8, für Korngrößenmessung günstige Gefügeausbildung, C 10, normalisiert;
 Aperturblende exzentrisch

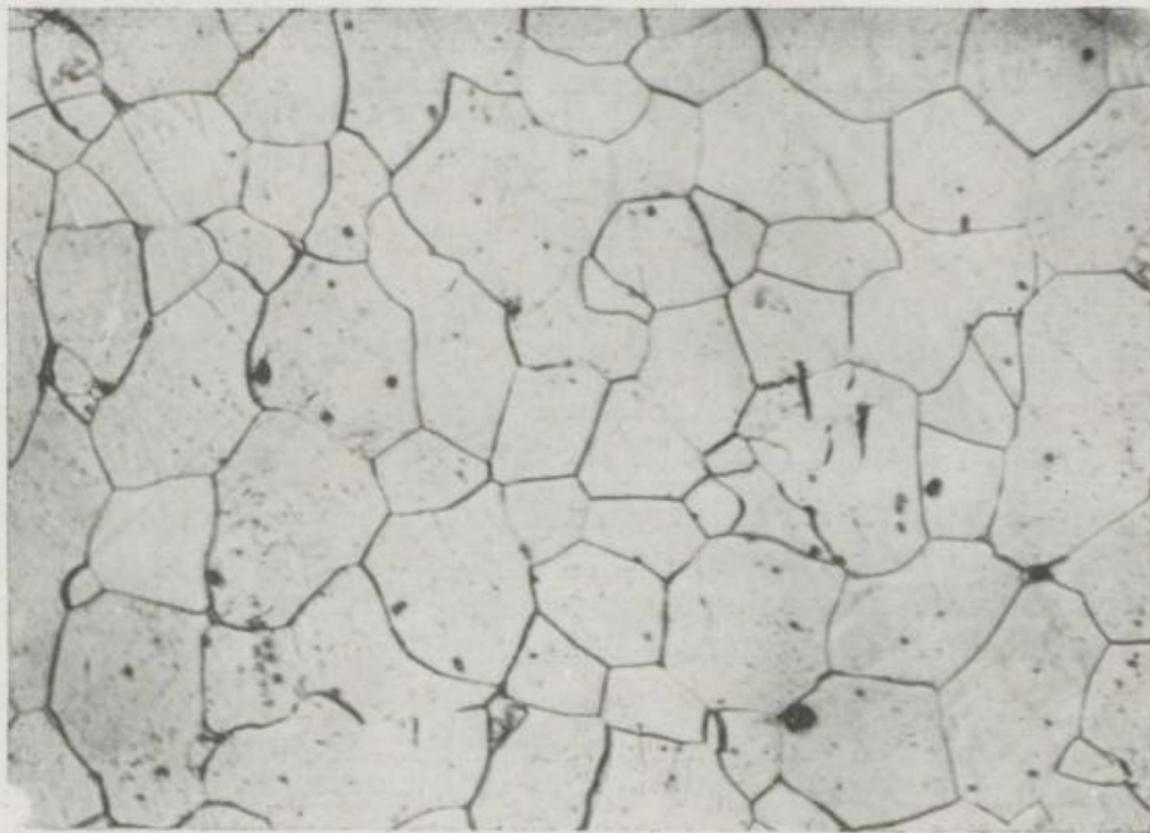


Bild 17b. $1\frac{1}{2}\%$ alkoh. HNO_3 320 : 1
 Schliff 11, Einsatzstahl C 10, normalisiert, Aperturblende exzentrisch

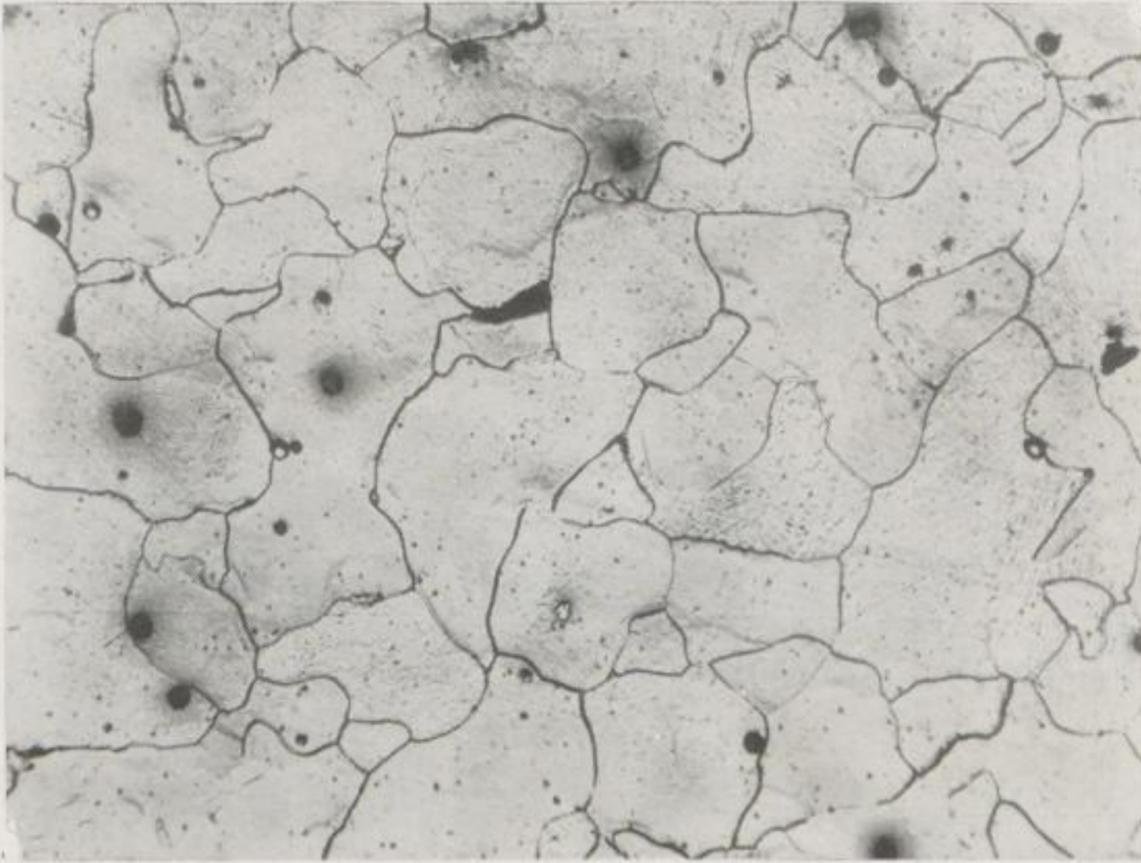


Bild 18a. 1 1/2 % alkoh. HNO₃ 320 : 1
 Schliff 2, Einsatzstahl C 10, normalisiert, für Korngrößenmessung ungünstige
 Gefügeausbildung; Aperturblende exzentrisch

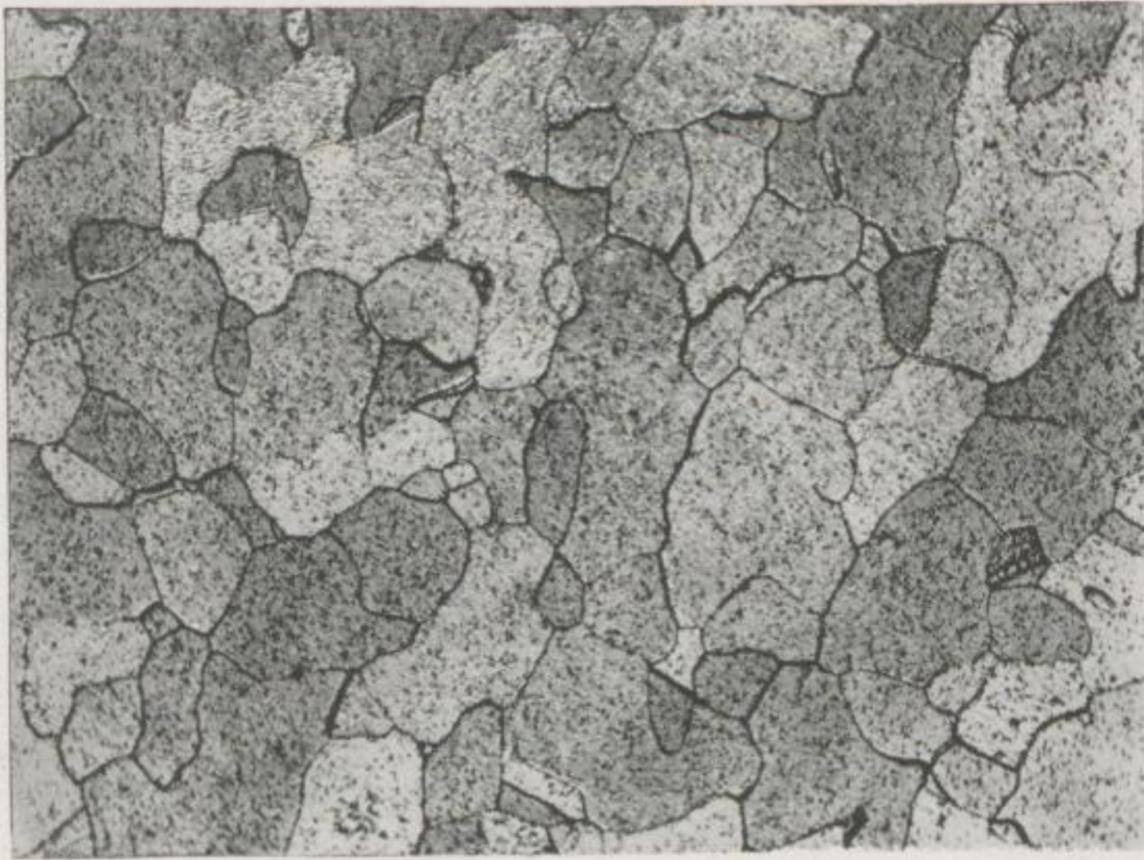


Bild 18b. 3 % alkoh. HNO₃ 320 : 1
 Schliff 5, Armcoeisen normalisiert, für Korngrößenmessung ungünstige
 Gefügeausbildung; Aperturblende exzentrisch

Tabelle 1. Bestimmung von σ aus $M_Z = 51$

Schliff Nr.	Z_m	L_m [μm]	σ_{Z_m}	σ_{L_m} [μm]	σ_{L_m} [%]
2	7,5	31,5	1,9	8,0	25,4
13	8,0	29,2	1,5	5,4	18,5
12	13,5	29,2	2,4	2,1	7,2
7	23,5	28,0	2,3	2,7	9,6
10	9,5	25,3	1,4	3,9	15,4
5	8,5	25,0	2,1	6,1	24,4
11	11,5	20,7	1,5	2,7	13,0
3	13,5	17,7	2,1	2,8	15,8
4	13,5	17,5	2,4	3,1	17,7
8	16,0	15,6	1,8	1,8	11,5
15	13,0	14,4	2,1	2,3	16,0
6	14,0	14,2	2,5	2,5	17,6
9	14,0	14,0	1,9	1,9	13,6
1	22,0	12,0	2,8	1,5	12,5
14	20,0	11,5	2,6	1,5	13,0

Mittlere Kornlänge beim Ausschnittverfahren:

$$L_m = \frac{A_{Lr} M_Z}{Z} \quad [\mu m] \quad (15)$$

$$\sigma_{L_m} = \frac{\sigma_{L_m} [\mu m]}{L_m [\mu m]} \cdot 100 \quad [\%] \quad (16)$$

Tabelle 2. σ_D und $3 \sigma_D$ aus σ_{Lm} [%] bei $M_Z = 51$; für $M_Z^* = 51$

Schliff Nr.	σ_D [%]	$3 \sigma_D$	
		[%]	[μm]
2	3,39	10,17	3,4
13	2,59	7,77	2,3
12	1,01	3,03	0,9
7	1,34	4,02	1,1
10	2,15	6,45	1,6
5	3,42	10,26	2,6
11	1,82	5,46	1,1
3	2,21	6,63	1,2
4	2,48	7,44	1,3
8	1,61	4,83	0,8
15	2,24	6,72	1,0
6	2,46	7,38	1,0
9	1,90	5,70	0,8
1	1,75	5,25	0,6
14	1,82	5,46	0,6

$$\sigma_D = \frac{\sigma_{Lm} [\%]}{\sqrt{M_Z^*}} \quad [\%] \quad (17)$$

$$3 \sigma_D = \frac{3 \sigma_{Lm} [\%]}{\sqrt{M_Z^*}} \quad [\%] \quad (18)$$

$$3 \sigma_D = \frac{3 \sigma_{Lm} [\eta m]}{\sqrt{M_Z^*}} \quad [\%] \quad (19)$$

Um möglichst günstige Voraussetzungen für ein besseres Meßergebnis zu schaffen, schlagen wir vor, durch Variieren der Vergrößerung generell etwa 15 Körner auf eine Quadratseite zu bringen. Bei Verformungsgefügen, an denen eine Korngrößenbestimmung noch sinnvoll ist, sollte man beachten, daß auf den senkrecht zueinander stehenden Quadratseiten keine zu starke ungleichmäßige Abweichung von der Kornzahl 15 nach unten oder oben auftritt. Für die mittlere Kornzahl $Z_m = 15$ ergab sich (s. Tab. 1) eine durchschnittliche Streuung σ von etwa 2,2. Dem entspricht eine Streuung für die mittlere Kornlänge von etwa 15 %.

Tabelle 3. Notwendige Meßbahnzahl bei vorgegebenem $3\sigma_{DLm}$ [%]; $Z_m = 15$, $\sigma_{Zm} \approx 2,2$, $\sigma_{Lm} \approx 15\%$

Objektive	V	A_{Lr} [μm]	L_m für 15 Körner auf A_{Lr} [μm]	σ_{Lm} [μm]	σ_{Lm} [%]	MZ^* bei vorgegebenem $3\sigma_{DLm}$ [%]								
						5	6	9	10	15	20	25	30 %	
4 x	44	2270	151,2	22,20	} ≈ 15									
5,5 x	59	1685	112,3	16,48										
10 x	106	940	62,7	9,19										
15 x	151	664	44,2	6,49										
25 x	254	398	26,2	3,84										
32 x	338	296	19,8	2,95		81	≈ 51	≈ 26	≈ 20	9	≈ 5	≈ 3	≈ 2	
60 x	610	164	10,9	1,61										
63 x	650	154	10,3	1,51										
90 x	918	109	7,27	1,06										

Korngrößenbestimmung mit der ELTINOR

Berechnet unter Verwendung des Standardokulars der ELTINOR (Labormuster)

Es interessiert nun die notwendige Meßbahnhäufigkeit bei verschiedenen vorgegebenen größten Unsicherheiten $3\sigma_D$ von 5, 6, 9, 10, 15, 20, 25 und 30 % (Tabelle 3).

Die Werte für M_Z^* (Tabelle 3) ergeben sich aus

$$3\sigma_{DLm} = \pm \frac{3\sigma_{Lm} [‰]}{\sqrt{M_Z^*}} [‰] \quad (10)$$

wobei σ_{Lm} aus Tabelle 1 bekannt ist und $3\sigma_{DLm}$ vorgegeben wird. Verlangt wird die Meßbahnzahl M_Z^* bei vorgegebenem $3\sigma_{DLm}$. Durch Umstellen von Gleichung (10) erhält man

$$\sqrt{M_Z^*} = \pm \frac{3\sigma_{Lm} [‰]}{3\sigma_{DLm} [‰]}$$

und durch Quadrieren daraus

$$M_Z^* = \left(\frac{\sigma_{Lm} [‰]}{\sigma_{DLm} [‰]} \right)^2 \quad (11)$$

Auf Grund der in Tabelle 3 verzeichneten Resultate ergibt sich folgender Vorschlag für die Meßbahnhäufigkeit (Tabelle 4).

Tabelle 4. Meßbahnzahl bei vorgegebenen $3\sigma_D$ -Werten für $Z_m = 15$ auf A_{Lr} abgestimmt auf die technischen Möglichkeiten der ELTINOR

$3\sigma_{DLm} [‰]$	6	9	15	20	25	30
M_Z^*	51	26	11	6	3	2
M_A [mm] bei $A_{La} = 10$ [mm]	0,2	0,4	1,0	2,0	5,0	10,0
Anzahl der Einrastungen an der Horizontalvorschubtrommel	1	2	5	10	25	50

Die Wahl von 6 % und 9 % für $3\sigma_D$ [%] wurde getroffen, da der horizontale Vorschub des Meßschlittens (II in Bild 12) nur um Abstufungen von 0,2 mm und ein Vielfaches davon möglich ist. Um Zwischenablesungen zu ersparen, ist die Meßtrommel für den Horizontalvorschub des Meßschlittens mit Rastern

versehen worden. Der Abstand von Raster zu Raster entspricht einer Vorschubbewegung von 0,2 mm.

Stehen andere Punktzählgeräte als die ELTINOR zur Verfügung, so müssen die Vorgabewerte für $3 \sigma_D$ [%] selbstverständlich nach den gegebenen technischen Möglichkeiten eingerichtet werden. Zur Erläuterung der Tabelle 4 sei noch bemerkt, daß die vorgegebenen $3 \sigma_D$ -Werte für die Korngrößenmessung bedeuten: Die Mittelwerte künftiger Meßreihen werden unter gleichen Versuchsbedingungen um nicht mehr als die festgelegten Prozentsätze vom tatsächlichen Mittelwert abweichen. Auswahl und Festlegung der $3 \sigma_D$ -Werte hängen davon ab, welche Unsicherheiten man in der Messung zulassen will.

Zur Fußnote der Tabelle 3 muß noch gesagt werden, daß sich die Endresultate für M_z^* bei Verwendung anderer Okulare nicht ändern, da die Okularvergrößerung in das Meßprinzip nicht eingeht. Diese Tatsache kommt auch der Forderung nach konstanter Kornzahl im Ausschnitt, unabhängig von der Gesamtvergrößerung, entgegen.

In vertikaler Richtung wird das Fadenkreuz — wie schon erwähnt — vom Meßschlitten schrittweise durch elektrische Impulse bewegt. Man kann zwischen sechs verschiedenen Schrittgrößen wählen. Die Schrittabstände entsprechen Punktabständen eines über den Schliff gelegten gedachten Punktnetzes. Dem absoluten Punktabstand der Meßschlitteneinstellung steht ein durch die Vergrößerung hervorgerufener im Schliffbild erscheinender relativer Abstand gegenüber. Die Verhältnisse sind analog den Veränderungen der erwähnten Ausschnittlängen A_{Lr} in Tabelle 3. Um nicht Korngrenzen auslassen zu müssen, ist es empfehlenswert, die Schrittgröße so einzustellen, daß man auf dem kleinsten zur Meßreihe gehörenden Korn noch zwei bis drei Schritte ausführen kann.

Anzahl der Ausschnitte auf einem Probenquerschnitt

Wird der gesamte Probenquerschnitt betrachtet, so interessieren Gültigkeit und Verbindlichkeit der für die einzelnen Ausschnitte bestimmten Mittelwerte sowie die Anzahl und Verteilung der Ausschnitte. Im Mittelpunkt dieser Frage steht die Streuung $3 \sigma_D$ der Ausschnittmittelwerte.

Wir gehen davon aus, daß zunächst rein visuell geprüft wird, ob der gesamte Probenquerschnitt einigermaßen gleichgroße Körner aufweist oder ob Bereiche auffällig unterschiedlicher Korngröße vorliegen. Für derartige Zonen muß man von vornherein getrennte Messungen vornehmen. Diese Zonen werden von verschiedenen Mittelwerten repräsentiert.

Wenn der Schliff aber einen einigermaßen einheitlichen Eindruck macht, müssen vorerst zwei extrem unterschiedlich gelagerte Ausschnitte gleichmäßig durchgemustert werden. Die Mittelwerte der beiden Ausschnitte werden miteinander verglichen. In Anlehnung an die mathematische Statistik gelten für das weitere Vorgehen folgende Grundsätze:

- a) Es werden die Streuungen $3 \sigma_D$ der Mittelwerte zweier Ausschnitte herangezogen. Dann errechnet man

$$3 \sigma^*_{DLm} = \sqrt{(3 \sigma_{DLm1})^2 + (3 \sigma_{DLm2})^2} \quad [\mu m]. \quad (12)$$

b) Es gilt dann:

σ^*_{DLm} ist der Aussagewert für 68,3 % aller Fälle. Wenn σ^*_{DLm} kleiner als die Differenz der Mittelwerte ist, würde man auf echte Unterschiede schließen, aber in 31,7 % aller Fälle können noch zufällige Unterschiede vorliegen. Deshalb wird $3\sigma^*_{DLm}$ als strengeres Kriterium herangezogen. Ist nun $3\sigma^*_{DLm}$ kleiner als die Differenz der Mittelwerte der beiden Ausschnitte, liegen echte Unterschiede vor. Da die $3\sigma^*_{DLm}$ -Grenze nahezu 100 % der Fälle umfaßt, ist es unter den genannten Bedingungen praktisch ausgeschlossen, daß zufällige Unterschiede vorliegen. Daraus ergibt sich die Konsequenz, daß in den Korngrößen innerhalb verschiedener Bereiche erhebliche Unterschiede vorliegen und für diese Zonen unterschiedliche Mittelwerte verwendet werden müssen. Innerhalb dieser Korngrößenzonen wird so vorgegangen, wie es für einheitliche Gebiete angegeben wird.

Ist $3\sigma^*_{DLm}$ größer als die Differenz der mittleren Kornlänge der beiden Ausschnitte, liegen zufällige Unterschiede vor. Daraus ergibt sich die Tatsache, daß zur Repräsentation des Gesamtquerschnittes jeder der beiden Mittelwerte herangezogen werden kann, da beide ohnehin innerhalb des gewählten $3\sigma_D$ liegen werden. Es ist also ein Querschnitt vorhanden, dessen Korngrößenunterschiede statistisch nicht gesichert, also zufälliger Art sind.

Es sind an sich keine weiteren Ausschnitte erforderlich. Man könnte sich lediglich in Zweifelsfällen durch zwei bis drei weitere Vergleiche des Ergebnisses versichern, da die Wahl der Lage der Ausschnitte wichtig ist.

Querschnittverfahren

Für schnelle Übersichtsmessungen kann man sich des sogenannten Querschnittverfahrens bedienen, zu dem auch Scheplitz anregende Gedanken in einem persönlichen Gespräch äußerte. Es ist ein Aufbau der Geräteeinzelteile nach Arbeitsstellung 1 oder 2 notwendig. Bei Arbeitsstellung 1 wird im Gegensatz zu Arbeitsstellung 2 der Schliff schrittweise bewegt, und das Fadenkreuz steht im Okular fest. Der gewählten Vergrößerung entsprechend, werden bei diesem Arbeitsverfahren sowohl das Gefüge des Schliffes als auch der Schritt in gleichem Maße vergrößert, so daß für die Korngrößenmessung der am Meßschlitten einstellbare, absolute Betrag der schrittweisen Schliffbewegung den Ausgangswert für die Errechnung der Meßbahnlänge bildet. Bei Anordnung nach Arbeitsstellung 2 findet man grundsätzlich andere Abbildungsverhältnisse vor. Das Fadenkreuz wird hier über einem vergrößerten Gefügebild bewegt. Das Fadenkreuz steht ebenso wie das Ausschnittquadrat in der Ebene des vom Objektiv entworfenen Luftbildes. Daraus ergibt sich, daß mit der Wahl unterschiedlicher Objektive der Betrag der absoluten Schrittbewegung des Fadenkreuzes unterschiedlich groß auf dem Schliffbild erscheint. Die auf dem Schliff abgebildete Schrittgröße des Fadenkreuzes ist deshalb relativ zu den am Meßschlitten einstellbaren absoluten Intervallen. Das durch das Objektiv vergrößerte Schliffbild und die relative Schrittgröße werden lediglich vom Okular gleichmäßig nachvergrößert. Die relative Schrittgröße ergibt sich rechnerisch aus

$$S_r = \frac{S_a}{V_{Ob} T_F} \quad [\mu m] \quad . \quad (13)$$

Für unsere Versuche prüften wir die relativen Schrittgrößen mit einem Zeiss-Objektmikrometer nach.

Beim Querschnittverfahren geht man grundsätzlich wie folgt vor (Bild 19): Für die Anwendung des Gerätes nach Arbeitsstellung 1 sind Schlitze Voraussetzung, deren Kornlänge größer als $50 \text{ } [\mu\text{m}]$ ist, da die kleinste am Meßschlitten einstellbare absolute Schrittgröße auch $50 \text{ } [\mu\text{m}]$ beträgt.

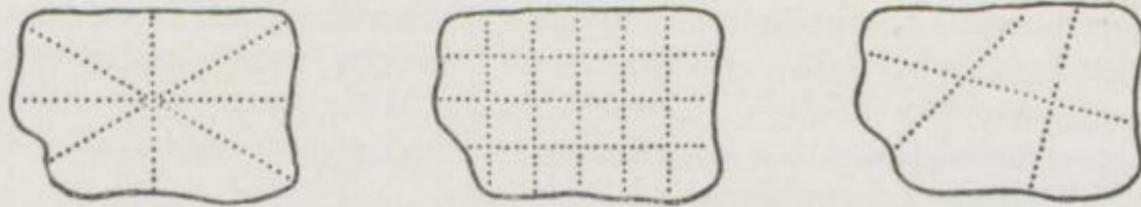


Bild 19

Prinzip des Querschnittverfahrens a, b, c: 3 verschiedene Möglichkeiten zum Durchmusteren eines Schliffes

Der Schliff wird in mehreren Richtungen über den gesamten Querschnitt oder einen größeren interessierenden Bereich hinweg durchgemustert. In Übertragung der Ergebnisse für das Ausschnittverfahren (10 Meßbahnen im Ausschnitt und etwa 15 Körner pro Meßbahn sollen einer Mittelwertbestimmung zugrunde liegen) kann gesagt werden, daß mindestens 150 Körner auf einer Meßbahn liegen sollten. Eine solche Meßbahn ist gleichbedeutend einem linearen Ausschnitt. Der Unterschied zum quadratischen Ausschnitt besteht lediglich darin, daß man mit dem linearen Ausschnitt sofort einen größeren Bereich erfaßt. Die mittlere Kornlänge ergibt sich zu

$$L_m = \frac{M_L}{Z} \text{ } [\mu] \text{ ,} \quad [14]$$

wobei M_L das Produkt aus Schrittzahl und absoluter oder relativer Schrittgröße ist (s. u., relative Schrittgröße, wenn Körner kleiner als $50 \text{ } [\mu\text{m}]$ sind).

Im Gegensatz zum Ausschnittverfahren, bei dem die durch den Ausschnitt erfaßte Kornzahl nahezu festliegt, kann die Kornzahl des linearen Meßbereiches je nach Probengröße sehr unterschiedlich von 150 nach oben abweichen. Liegen, durch Schliff- und Korngröße bedingt, weniger als 150 Körner auf der gesamten Meßbahn, so ist mit stark zunehmender Streuung des Mittelwertes zu rechnen. Auch der lineare Meßbereich ist als Stichprobe zu betrachten. Die Brauchbarkeit des Mittelwertes ist abhängig von der Anzahl aller erfaßten Körner. Diese wird gesteuert von den Anforderungen an die Genauigkeit des Mittelwertes. Es gelten ähnliche Gesichtspunkte wie beim Ausschnittverfahren.

Da an den meisten Metallmikroskopen, wie z. B. Neophot, Epityp etc., der Schliff mit seiner polierten Oberfläche auf dem Objektisch aufliegt, muß man ihn durch geeignete Maßnahmen vor Beschädigungen schützen. Das kann geschehen durch Einklammern, Einbetten oder Einbringen in eine geeignete Halterung oder entsprechend ausgeführte Unterlagen, die zusammen mit dem

Schliff vom Meßschlitten am Objektiv vorbeibewegt werden können. Andere Auflichtmikroskope, wie Mikrophot A, Poladum IV etc., erfordern derartige Manipulationen nicht.

Material, das sich aus Körnern mit Durchmessern kleiner als 50 [μm] zusammensetzt, erfordert auch für das Querschnittverfahren den Geräteaufbau nach Arbeitsstellung 2, weil es erst damit gelingt, relative Schrittgrößen zu erhalten. Mit dem Objektiv HI 90 der Normalausrüstung des Zeiss-Neophot ist es z. B. möglich, relative Schrittgrößen von etwa 0,5 [μm] zu erhalten. Dies gilt im übrigen auch für das Ausschnittverfahren.

Bei dieser Verfahrensweise beginnt die Messung wie beim Ausschnittverfahren. Nach Durchmustern einer Meßbahnlänge schiebt man den Schliff um jeweils etwa eine Ausschnittseitenlänge weiter und setzt die Messung in der begonnenen Richtung fort. Das Weiterschieben muß mit großer Sorgfalt vorgenommen werden. Wesentlich für die Verschiebung des Schliffes ist es, daß der letzte Punkt eines Meßabschnittes wieder zum Ausgangspunkt des nächsten Abschnittes wird. Als Endpunkte wählt man zweckmäßigerweise markante Korngrenzen, Einschlüsse etc. in der Nähe der unteren Ausschnittbegrenzung, an denen man mit dem Fadenkreuz stehenbleibt. Die Anzahl der Verschiebungen und auch die relative Ausschnittlänge sind dabei für die Kornlängenbestimmung uninteressant, da ja die Schrittzahl vom Zählwerk registriert wird. Auch die relative Schrittgröße ist bekannt.

Analog zum Ausschnittverfahren wird jede Korngrenze gezählt, die eine Kornfläche in Zählrichtung abschließt. Da die Gesamtschrittzahl für die Bestimmung der Meßbahnlänge aus der relativen Schrittgröße entscheidend ist, müssen auch die Schritte auf den Kornflächen — im Gegensatz zum Ausschnittverfahren — mit einem gesonderten Zählwerk festgehalten werden. Die Meßbahnlänge läßt sich dann bequem aus der Angabe des Summenzählwerkes ermitteln. Werden mehrere Komponenten auf einmal gemessen, müssen die Anzeigen der beiden für eine Komponente verwendeten Zählwerke zur Ermittlung der Meßbahnlänge addiert werden.

BEMERKUNGEN ZUR OPTIK

Beim Querschnittverfahren wird der Okularaufsatz nicht immer benutzt. Beim Arbeiten ohne Okularaufsatz wird die optische Ausrüstung des jeweils verwendeten Mikroskopes komplett eingesetzt. Wie aber schon auf den Seiten 39—41 erwähnt wurde, mußten von uns bei den Versuchen zur Korngrößenmessung unter Anwendung des Ausschnittverfahrens mit der ELTINOR am Zeiss-Neophot zwangsläufig die Optiken zweier Herstellerfirmen kombiniert werden.

Der Okularaufsatz des VEB ROW besitzt in der jetzigen Ausführung ein nicht auswechselbares Okular vom Kellnerschen Typ (8x, Tubusfaktor 1.25x), das für normale achromatisch korrigierte Objektive bestimmt ist und keine Kompensationswirkung für den Planachromaten und Achromaten zwangsläufig vorhandenen Farbvergrößerungsfehler aufweist. Die Veränderung der Vergrößerung ist vorläufig nur durch Objektivwechsel möglich. Die Vergrößerung durch Okularwechsel ändern zu wollen hätte allerdings auch nur dann Sinn, wenn die Auflösung und damit die Korngrenzenerkennbarkeit verbessert würden. Da das vom Objektiv entworfene Zwischenbild sich mit dem Ausschnittquadrat in der gleichen Ebene befindet, ändern sich beide Bilder bei Okularwechsel gleichmäßig. Für eine Änderung der Kornzahl im Ausschnitt ist daher nur ein Objektivwechsel wesentlich. Ein Okularwechsel wäre deshalb auch nur dann zu erwägen, wenn sich die gewünschte Gesamtvergrößerung mit einem Standardokular etwa achtfacher Vergrößerung und den vorhandenen Objektiven des jeweiligen Mikroskopes nicht mehr erreichen läßt. Bei Verwendung eines stärkeren Okulares wären zwei Gesichtspunkte zu berücksichtigen:

- a) Die Auflösung läßt sich nur dann verbessern, wenn die Gesamtvergrößerung den 500- bis 1000fachen Betrag der numerischen Apertur des Objektives nicht übersteigt und
- b) müßte das Ausschnittquadrat gegen ein kleineres ausgetauscht werden, damit es dann noch im Gesichtsfeld sichtbar bleibt.

Sollte sich eine verstärkte Nachvergrößerung des Schliffbildes gegenüber dem kleinsten Schritt von 0,05 [mm] erforderlich machen, d. h. also dann, wenn kein stärkeres Objektiv zur Verfügung steht, so ließe sich das nach Hinweisen von Scheplitz durch Zwischenschaltung eines Projektives machen.

Für die Versuche wurden von uns aus der Ausrüstung des Zeiss-Neophot folgende Objektive eingesetzt:

Planachromate: 4x/0,10, 10x/0,20, 25x/0,50, 63x/0,65
 Achromat: 5,5x/0,10
 Achromate: 15x/0,30, 32x/0,65, 60x/0,95, HI90x/1,30.

Durch Kombination von ROW-Okularen und Zeiss-Objektiven trat eine gewisse Randunschärfe auf, die sich allerdings im wesentlichen auf das Gebiet

außerhalb des Okularquadrates auswirkte. Um hier eine exakte Abbildung bis zum Bildrand zu gewährleisten, empfehlen wir, den Okularaufsatz für die entsprechenden Zeiss-Kompensokulare mit Fokussiermöglichkeit durch auswechselbare Okularhalter verwendbar zu machen, so daß zu erhoffen ist, daß auch die Benutzer von Zeissmikroskopen zu einwandfreien, randscharfen Abbildungen gelangen werden. Wir empfehlen den VEB ROW und Carl Zeiss diese Angelegenheit gemeinsam zu erörtern. Wegen der auftretenden Bildfeldwölbung bei starken Apochromaten und Achromaten ist die Verwendung von Planachromaten und Plankompensokularen empfehlenswert.

Die bei Verwendung von Mikroskopen anderer Firmen auftretenden optischen Probleme sollen hier nicht behandelt werden. Ursprünglich wurde uns vom VEB ROW ein erstes Labormuster des Okularaufsatzes zur Verfügung gestellt. Dieses enthielt zunächst noch keine Tubuslinse zur notwendigen Verlängerung des Abstandes Objektiv—Okularbildebene. Beim Arbeiten mit dem Labormuster wurden die Objektive deshalb nicht in ihrer exakten Position benutzt, d. h., es mußte zur Scharfeinstellung nachfokussiert werden. Für diese Stellung sind die Objektive natürlich nicht mehr optimal korrigiert, und der Abbildungsmaßstab entspricht nicht mehr ganz dem auf den Objektiven aufgravierten.

Durch direkte Messung mit dem Objektmikrometer wurde allerdings unabhängig davon die Vergrößerung bestimmt (Tabelle 3). Bei der jetzigen Ausführung des Okularaufsatzes wurde die geschilderte Unvollständigkeit durch Einschaltung eines Bildversetzungssystems mit dem Faktor 1,25 berücksichtigt.

Um die Anbringung des Meßschlittens der ELTINOR am Objektisch der Zeiss-Mikroskope zu ermöglichen, ist von den Zeiss-Werken vorgesehen worden, entsprechende Bohrungen anzubringen.

Zum Anbau des Okularaufsatzes an das bekannte Metallmikroskop Epityp empfehlen wir den Zeiss-Werken, einen entsprechenden Geradtubus bereitzustellen.

Für die Benutzer des ROW-Mikroskopes Mikrophot A besteht die Möglichkeit, die ELTINOR ohne jegliche Veränderung oder Zusatzeinrichtungen anzuschließen.

VERGLEICH EINIGER HERKÖMMLICHER VERFAHREN MIT DER PUNKTZÄHLMETHODE

Die meisten der bisher gebräuchlichsten Verfahren, z. B. das Flächenmeß-, Kreis-, Durchmesserverfahren, haben mit Ausnahme der Richtreihen den Nachteil eines erheblichen Zeitaufwandes. Zur Korngrößenmessung ist in den meisten Fällen eine mikrofotografische Aufnahme notwendig. Selbst bei Mattscheiben- und Projektionsbildern ergeben sich Schwierigkeiten und Nachteile (Ausleuchtung, Scharfzeichnung etc.), die beim Arbeiten mit der ELTINOR nicht akut sind. Auch bei den Verfahren, die auf subjektiver Beobachtung beruhen, ist die Kontinuität der Meßarbeit bei Reihenuntersuchungen infolge der erforderlichen Notizen beim Registrieren nicht gewährleistet. Für die Benutzung eines Punktzählgerätes sprechen zwei wesentliche Faktoren:

- a) Schnelligkeit der Messung
- b) Geringe und kontrollierte Meßunsicherheiten

Die Probleme der Meßunsicherheiten bei Verwendung des Punktzählers wurden bereits auf Seite ausführlich behandelt. Vergleiche zwischen ELTINOR-Messungen (Ausschnittverfahren) und den Ergebnissen des Durchmesserverfahrens an gleichen Gefügestellen unter sorgfältiger Einhaltung der angegebenen Verfahrensbedingungen ergaben, daß die Ergebnisse aller Messungen innerhalb der für sechs Meßbahnen berechneten $3\sigma_D$ -Toleranzen

Tabelle 5. Kornlängen von Einsatzstahl C 10 und Armco-Eisen, gemessen mit ELTINOR (Ausschnittverfahren) und Durchmesserverfahren

Meßstelle Nr.	Ausschnitt- verfahren (ELTINOR) [μ m]	Durchmesser- verfahren [μ m]	Werkstoff
1	23,5	23,8	Armco - Eisen
2	24,2	26,7	
3	25,3	23,3	
1	14,5	14,3	C 10
2	14,7	14,7	
3	15,8	16,1	

lagen (Tabelle 5). Für diesen Vergleich wurden von uns nur sechs Meßbahnen verwendet, da beim herkömmlichen Durchmesserverfahren bisher kaum mehr als sechs Meßlinien üblich waren.

Durchmesser- und Ausschnittverfahren beruhen grundsätzlich auf dem gleichen Prinzip und können verglichen werden. Die aus Tabelle 5 ersichtliche gute Übereinstimmung der Resultate erklärt sich vor allen Dingen daraus, daß durch Einhaltung konstanter Abbildungsmaßstäbe immer die gleichen Körner im Ausschnitt betrachtet worden sind. Es lagen immer etwa 200 Körner im Ausschnitt. Die Nichteinhaltung dieser Forderung und die unterschiedlichen Auffassungen über Meßbahnzahl im Ausschnitt und Ausschnitthäufigkeit führten in der Praxis oft zu sehr voneinander abweichenden Mittelwertsangaben. Die Mittelwerte lagen noch weit außerhalb der Toleranzen eines $3\sigma_D$ von 30 %. Außerdem wirkte sich das Fehlen einheitlicher Richtlinien über Ausschnitthäufigkeit und -verteilung in solchen Abweichungen aus.

Es ist uns ein Fall bekannt, in dem über zehn Institutionen mit der Korngrößenmessung eines bestimmten Probenmaterials unabhängig voneinander beauftragt wurden. Als Ergebnis lagen ebenso viele stark voneinander abweichende Angaben vor.

Außer den genannten Mängeln seien die Unsicherheiten erwähnt, die der Projektion oder der fotografischen Wiedergabe eines Probengefüges bei einigen herkömmlichen Verfahren anhaften; ganz abgesehen von dem stark anwachsenden Zeitaufwand für den Fall, daß mehrere Mittelwerte an einer Probe bestimmt werden müssen. Mit der ELTINOR benötigt man pro Ausschnitt mit elf Meßbahnen nur etwa fünf Minuten, um zum Ergebnis zu gelangen. Besonders günstig wirkt sich die automatische Registrierung aus.

Der Nachteil von Notierungen und Zwischenablesungen, wie sie z. B. bei Verwendung von Tisch- und Okularschraubenmikrometern und mehrspindeligen Tischschraubenmikrometern notwendig sind, entfällt bei Punktzählgeräten vollkommen auf Grund der automatischen Registrierung. Damit werden die Ergebnisse weitgehend von subjektiven Fehlern befreit.

ANWENDUNGSMÖGLICHKEITEN

Da die Experimente ausschließlich an Metallschliffen erfolgten, sollen die metallkundlichen und verwandten Anwendungsmöglichkeiten an erster Stelle behandelt werden.

Zwar sind die Anforderungen bei Messungen für größere Bereiche, z. B. zur Beurteilung von metallischen Schmelzprodukten oder von Metallen nach einer Wärmebehandlung, nicht so hoch. Es interessieren Abstufungen von etwa 50 [μm] (= 7–8 [μm^2] Kornlänge). Die Aussagen über die Repräsentationsfähigkeit der Ausschnitte für den Probenquerschnitt haben hier besondere Gültigkeit. Damit eröffnen sich für metallurgische und metallverarbeitende Betriebe praktische und zeitsparende Arbeitstechniken für entsprechende Reihenuntersuchungen an Metallschliffen.

Für besondere metallogische Untersuchungen an einzelnen Stellen oder eng begrenzten Ausschnitten eines Schliffes ist ein Meßverfahren mit möglichst geringen Ungenauigkeiten erforderlich. Zum Beispiel ist es wichtig, die Ausgangskorngrößen nach dem Normalisierungsglühen und vor dem kritischen Recken für Einkristallzüchtungen nach der Rekristallisationsmethode exakt feststellen zu können. Gerade dieser Ausgangskorngröße kommt neben anderen Besonderheiten große Bedeutung zu. Aber auch die Korngröße in dünnen Schichten, wie sie bei der Oberflächenbehandlung von Metallen entstehen, verdient in höherem Maße Beachtung.

Ergänzend soll an dieser Stelle nochmals die Kenntnis der Austenitkorngröße erwähnt werden, die auf diesem Wege nach entsprechender Vorbehandlung bequem ermittelt werden kann.

Keramik und Pulvermetallurgie sollen bei der Aufzählung der Anwendungsgebiete nicht vergessen werden; denn gerade hier ist die Kenntnis der Korngröße von entscheidender Bedeutung. Untersuchungen müssen an Rohmaterial und Fertigprodukt betrieben werden. Zur Verwendung von Pulverpräparaten allgemein sei der Hinweis gestattet, daß deren Herstellung großer Sorgfalt bedarf, um für die Korngrößenmessung brauchbare Objekte zu erhalten.

Für die Brikettierung, die den meisten Kohleveredlungen voranschreitet, ist ebenfalls die Korngrößenmessung ein Bedürfnis für die Behandlung technologischer Fragen. Man bedient sich hier aber oft der Siebanalyse und geht vielfach erst dann zur Mikroskopie über, wenn die Bestandteile mit dem Sieb nicht mehr erfaßt werden können. Bei längeren Siebzeiten verfälschen jedoch die Formen des Xylites das Ergebnis in unkontrollierbarem Maß, da sich die Stücke mit ihrem größten Durchmesser senkrecht zur Siebebene stellen und so die Siebmaschen passieren können. Die Struktur der Braunkohle, die Ausbildung ihrer Mazeralien und die an sich schwierige Mikroskopie der Braunkohle erschweren eine derartige mikroskopische Korngrößen-

bestimmung. Die xylitischen Bestandteile bringen infolge ihrer länglichen Formen die bekannten Schwierigkeiten mit sich, währenddessen sich Dopplerit in diesem Sinne günstiger anläßt. Das betrifft Prüfungen an Kohlen-, Brikettschliffen und Pulverpräparaten.

Es können die geschilderten Korngrößenmeßverfahren mit einem Punktzähler leichter zur Untersuchung metallurgischer Brikettierungsprodukte, z. B. Agglomerate etc., angewandt werden.

Wenn auch in der Erz- und Nichterzaufbereitung im wesentlichen mit Siebverfahren gearbeitet wird, interessiert darüber hinaus die mikroskopische Korngrößenbestimmung an Erzschliffen und Pulverpräparaten ebenfalls. Vor allen Dingen ist es doch auch bedeutsam, vor dem Zerkleinerungsprozeß Auskunft über die Beschaffenheit der Erze und Gangarten — sowohl bezüglich der Korngröße als auch der Mengenanteile — zu erhalten. Das Punktzählgerät gestattet es, die Korngrößenmessung und die Mengenanteilbestimmung in einem Arbeitsgang bequem nebeneinander auszuführen. Das bedeutet natürlich eine erhebliche Beschleunigung derartiger Untersuchungen. Hinzu kommt die Tatsache, die nun allerdings nicht allein auf die Verwendung von Punktzählgeräten beschränkt ist, daß mit kontrollierten Ungenauigkeiten gearbeitet wird.

Mineralogen, Petrographen und Lagerstättenkundler werden sich ebenfalls — wenn auch nicht so hervortretend — neben der Mengenanteilbestimmung für die Korngrößenermittlung mit Hilfe dieses Gerätes interessieren. Sie benutzen es ja ohnehin häufig für ihre Zwecke.

In neuerer Zeit interessieren bei der Erforschung der zur Silikose, Asbestose etc. führenden Ursachen neben den üblichen Staubmessungen auch die Bestimmung der Korngröße und deren mengenmäßige Verteilung. Besonders gefährlich ist der Feinstaub einer ganz bestimmten, bekannten Korngrößenklasse. Der Einsatz eines Punktzählers erweist sich diesbezüglich als sehr angebracht, da durch den Okularaufsatz sehr kleine relative Schritte erzeugt werden können. Die Meßmethode wird so auch den Anforderungen der Staubmessung gerecht. Üblicherweise arbeitet man auf diesem Gebiet z. Z. mit Schätzungen unter dem Mikroskop und mit ungenaueren Verfahren zur Größenbestimmung. Die Mengenanteilbestimmung für die einzelnen Korngrößenklassen ist ganz einfach dadurch möglich, daß mit Hilfe kleinerer Schrittgrößen die verschiedenen Korngrößenklassen auf Grund der bestehenden Kennzahlen ausgesondert und dann getrennt Korngrößenmittelwerte und Mengenanteile der einzelnen Klassen in einem Arbeitsgang bestimmt werden.

Im Bereich histologischer Untersuchungen ist es ein häufig vorkommendes Anliegen, Größenbestimmungen von normalen und pathologischen Zellen und Blutkörperchen vorzunehmen. Auch für solche den oben genannten Anwendungsgebieten fernliegende Disziplinen ist ein Punktzähler ein brauchbares Hilfsmittel für mikroskopische Arbeiten.

ZUSAMMENFASSUNG

An mikroskopischen Präparaten kann man auf zwei prinzipiell unterschiedlichen Wegen eine mittlere Korngröße bestimmen:

- a) durch direkte Messungen,
- b) über Vergleiche mit Richtreihen und ähnlichen Vorlagen, die z. T. genormt sind.

Den meisten der herkömmlichen Meßverfahren haftet der Mangel eines mehr oder weniger großen Arbeits- und Zeitaufwandes an.

Korngrößenmessungen lassen sich aber auch unter Verwendung von Elementen der G l a g o l e w s c h e n Punktmethode durchführen.

An Beispielen aus der Metallographie wird gezeigt, wie sich das elektrische Punktzählgerät ELTINOR zu Korngrößenmessungen an mikroskopischen Objekten einsetzen läßt.

Der für elektrische Punktzählgeräte neuartige Okularaufsatz ermöglicht es, durch Besonderheiten der optischen Verhältnisse sehr kleine sogenannte relative Schritte auszuführen.

Zur Messung von Korngrößen sind die beiden Varianten Ausschnitt- und Querschnittverfahren gegeben.

Beim Ausschnittverfahren ergibt sich ein Zusammenhang zwischen dem Kornlängenmittelwert und der Meßbahnzahl im Ausschnitt. Es werden Angaben über die größte zu erwartende Unsicherheit des Ausschnittmittelwertes und über die Bedingungen gemacht, unter denen der Mittelwert eines Ausschnittes für größere Probenbereiche repräsentant sein kann. Das gilt auch für ähnliche Verfahren, die ohne Punktzählgerät auskommen.

Das Querschnittverfahren dient orientierenden Übersichtsmessungen.

Mit Punktzählgeräten können Mengenanteil- und Korngrößenbestimmungen ohne zeitlichen Mehraufwand in einem Arbeitsgang nebeneinander erfolgen.

Durch die Kombination von ROW- und ZEISS-Optiken ergeben sich einige optische Probleme, deren Klärung von beiden Werken vorgesehen werden sollte.

Im vorgenannten Sinne sind für Punktzählgeräte breite Anwendungsmöglichkeiten vorhanden.

Es muß noch erwähnt werden, daß uns das elektrische Punktzählgerät ELTINOR wegen der großen Nachfrage vieler Interessenten nur für insgesamt 14 Tage leihweise zur Verfügung stand. Dadurch war nur eine begrenzte Anzahl von Experimenten möglich.

Abschließend soll den Herren Dr.-Ing. H. T r u m p h o l d, Karl-Marx-Stadt, und Dipl.-Ing. B. S c h n e i d e r, Dresden, sowie den zuständigen Herren des VEB ROW, Rathenow, für wertvolle Hinweise und Beratung herzlichst gedankt werden.

LITERATUR

- [1] BONNKE, H., SCHEPLITZ, H.-G.: Feingerätetechnik, Januar 1958 (Sonderdruck S. 1-6).
- [2] BURRI, C.: Das Polarisationsmikroskop, Basel 1950.
- [3] HOFSTATTER, P. R.: Einführung in die quantitativen Methoden der Psychologie, München 1953.
- [4] IVERS, E. J.: Siebnormung, SVT Band 2-3, Verlag Technik, Berlin.
- [5] KASTNER, F.: Einführung in den Gebrauch des Polarisationsmikroskopes, Leipzig 1953.
- [6] KIRCHBERG, H.: Aufbereitung bergbaulicher Rohstoffe I, Jena 1953.
- [7] KLEMM, H.: Das Flachscliffverfahren in der Metallographie, Wiss. Berichte (Folge I: Metallurgie und Gießereiwesen) H. 66, Verlag Technik, Berlin 1953.
- [8] LAMPRECHT, J.: Geologie Bd. 3 (1954) Nr. 8, S. 1085-1094.
- [9] MÜLLER, H.: Mikroskopische Korngrößenmessung, Metallkundliche Berichte Bd. 1, Verlag Technik, Berlin 1951.
- [10] SCHOTTKY, H.: Praktische Metallprüfung, Braunschweig 1953.
- [11] SCHUMANN, H.: Metallographie, Leipzig 1955.
- [12] VEB CARL ZEISS: Technische Feinmeßgeräte, Jena 1954.
- [13] ZAUMSEIL, G.: Feingerätetechnik, Bd. 3 (1954) Nr. 1, S. 19-26.
- [14] N. N.: GeoTimes, Bd. 2, H. 10, April 1958.

FREIBERGER FORSCHUNGSHEFTE

Schriftenreihe für alle Gebiete der Montanwissenschaften

Reihe B Metallurgie

B 24-III Gießereiwesen

3. Gießertagung – Vorträge der Tagung der Gießereifachleute in Leipzig vom 13. bis 15. Mai 1957, 3. Teil

Format 17 × 24 cm – 112 Seiten – 53 Bilder – 24 Tabellen – DM 7,-
Erschienen Juli 1958

SPASSKIJ: Der Einfluß artfremder Einschlüsse auf das Gefüge und die Eigenschaften der Gußstücke – NECHENDSI: Stahlguß mit besonderen Eigenschaften – WASTSCHENKO/TODOROW/SHISHTSCHENKO: Die Schwindung von magnesiumbehandeltem Gußeisen – SCHESTOPAL: Technische Direktiven des sechsten Fünfjahrplanes für Gießereibetriebe.

B 25 Eisenhüttenwesen

Vorträge des IX. Berg- und Hüttenmännischen Tages, 13. bis 15. Juni 1957 in Freiberg

Format 17 × 24 cm – 76 Seiten – 38 Bilder – 11 Tabellen – DM 7,-
Erschienen Mai 1958

POCHWISNEW: Die Beziehungen zwischen der indirekten Reduktion und dem Koksverbrauch in Hochöfen älterer und neuerer Bauart – BARDIN/CHODAK/ZYLJEW: Form und Ausmaße der Verbrennungszone im Hochofen – VON STRUVE: Zur Frage der Pelletisierung von Eisenerzen und anderen eisenhaltigen Rohstoffen – GROHMANN: Anwendung von sauerstoffangereichertem Gebläsewind bei der Erzeugung von Spiegeleisen im Niederschachtofen – NANDORI: Das „Spiel“ des flüssigen Gußeisens.

B 26 Eisenhüttenwesen

Vorträge des IX. Berg- und Hüttenmännischen Tages, 13. bis 15. Juni 1957 in Freiberg

Format 17 × 24 cm – 64 Seiten – 27 Bilder – 23 Tabellen – DM 7,-
Erschienen April 1958

SCHWARZMANN: Thermodynamische Untersuchungen der Entphosphorung und der Entschwefelung des Eisens – LUDEMANN: Die Verarbeitung hochphosphor- und hochschwefelhaltiger Einsatzstoffe im basischen Lichtbogenofen unter Verwendung von reinem Sauerstoff – MALKIEWICZ/FORYST: Erfahrungen mit der Rückstandsanalyse und ihrer Anwendung bei kohlenstoffarmem, mit Sonderdesoxydationsmitteln behandeltem Stahl – SICHA: Tschechoslowakische Untersuchungen über die Isolierung von nichtmetallischen Einschlüssen und Karbiden in Stählen.

1959

A K A D E M I E - V E R L A G · B E R L I N

FREIBERGER FORSCHUNGSHEFTE

Schriftenreihe für alle Gebiete der Montanwissenschaften

Reihe B Metallurgie

B 27 Metallformung

Vorträge des IX. Berg- und Hüttenmännischen Tages, 13. bis 15. Juni 1957
in Freiberg

Format 17 × 24 cm – 140 Seiten – 116 Bilder – 7 Tabellen – DM 13,-
Erschienen Mai 1958

WUSATOWSKI: Ein Versuch zur Bestimmung der richtigen Größe der Formänderungsfestigkeit bei dreiachsiger plastischer Verformung – GÄRTNER: Versuche zur Übertragung des Kegelstauchverfahrens auf das Warmstauchen von Metallen – GELEJI: Eine neue Walztheorie – WUSATOWSKI/SZALAJDA: Der Fließscheidenwinkel und die Voreilung beim Walzen mit Breitung – KONCEWICZ: Spezialrechenzieher für Ekelundsche Formeln – RYTEL: Der mittlere Streckungsgrad bei irregulären Kalibrierungen.

B 28 Metallhüttenwesen

Vorträge des IX. Berg- und Hüttenmännischen Tages, 13. bis 15. Juni 1957
in Freiberg

Format 17 × 24 cm – 50 Seiten – 24 Bilder – 2 Tabellen – DM 6,-
Erschienen Mai 1958

SELIGER: Weiterentwicklung magnesiumhaltiger Bleilagermetalle – KNESCHKE/JÄCKEL: Zur Auswertung von Probenahmen – ERDMANN-JESNITZER/HADAMOVSKY: Beitrag zur Wirkung der Spurenelemente in leichtoxydierbaren Metallschmelzen und zur Kinetik ihrer Anreicherung an Schmelzoberflächen (Auszug) – BARTHEL: Das Oxydationsmaximum des Antimons bei der trockenen Bleiraffination (Auszug) – HEIN: Beiträge zur Cadmiumzementation aus technischen Zinklaugen (Auszug) – JAKOBY: Die Bedeutung der Aufbereitung von Dolomit bei der silikothermischen Magnesiumgewinnung.

B 29 Metallhüttenwesen

JOACHIM BARTHEL: Das Oxydationsmaximum des Antimons bei der trockenen Bleiraffination

GERHARD FISCHER: Die heterogenen Gleichgewichte im System Zink-Schwefel-Sauerstoff und deren Bedeutung für das Schwebeschmelzen nach A. LANGE und J. BARTHEL

KLAUS HEIN: Beiträge zur Cadmiumzementation aus technischen Zinksulfatlösungen

Format 17 × 24 cm – 216 Seiten – 123 Bilder – 43 Tabellen – DM 17,-

1959

A K A D E M I E - V E R L A G · B E R L I N

FREIBERGER FORSCHUNGSHEFTE

Schriftenreihe für alle Gebiete der Montanwissenschaften

Reihe B Metallurgie

B 30-I Gießereiwesen

4. Gießertagung

Vorträge der Tagung der Gießereifachleute in Leipzig vom 19. bis 20. Mai 1958, 1. Teil

Format 17 × 24 cm – 287 Seiten – 336 Bilder – 25 Tabellen – DM 19,-
Erschienen Mai 1958

CZIKEL/STURM: Untersuchungen an 30-mm-Kokillengußprobestäben im Hinblick auf die mechanische Prüfung von Kokillengrauguß – WESNER: Erfahrungen beim Vergießen von Stahlformguß in Kokillen – SCHARF: Erfahrungen mit den Neuerermethoden CO₂-Formverfahren, Kehlverfahren und Schmelzen im Kupolofen mit Kalzium-Karbidzusatz – WOYKOSS: Wirtschaftliche Betrachtungen der Serienprodukte von Kleinteilen aus Stahlguß in Formmaske – GERTZ: Das induktive Schmelzen von Gußeisen in der Perspektive der Gießereiindustrie der Deutschen Demokratischen Republik – CZIKEL/QUAPPE: Versuche über die thermische Regenerierbarkeit von organisch gebundenen Altsanden – FEICKE/ARAND: Über die Erhöhung der Haltbarkeit von Dauerformen aus Gußeisen – FEICKE/LANGE: Die Herstellung von Fahrzeugguß aus Kaltwind-Kupolofeneisen mit Kugelgraphit nach dem Tauchverfahren mit flüssigem Magnesium – CZIKEL: Die Kugellunkerprobe – HEVENESI/SZEKERES: Herstellung und Eigenschaften des harzhüllten Sandes – SOLTI: Die Serienherstellung von großen Kurbelgehäusen für Dieselmotoren aus Leichtmetall – NAUMANN: Wege zur Erhöhung der Gußgenauigkeit.

B 30-II Gießereiwesen

4. Gießertagung

Vorträge der Tagung der Gießereifachleute in Leipzig vom 19. bis 20. Mai 1958, 2. Teil

Format 17 × 24 cm – 132 Seiten – 68 Bilder – 22 Tabellen – DM 9,-

BERG: Das Gußstück als Maschinenbauteil – CZIKEL/KÖCHLING: Über das Lunkerverhalten von grauem Gußeisen – CZIKEL/SCHUMANN: Über Zusammenhänge zwischen Zähigkeit und Oberflächenspannung von Kernölen und dem Arbeitsaufwand bei der Aufbereitung von Kernformstoffen – IWANOW: Grundlegende Probleme des gießereitechnischen Fortschrittes – NICKELL: Untersuchungen über Fehler, die im Zusammenhang mit dem Bildungsmechanismus eines Gußkörpers stehen – PASKATSCHEEW: Wirtschaftliche Methoden im Modellbau für Kleinseriengußproduktion – RACZKA: Erzeugung von Chromdiffusionsüberzügen auf Temperguß – SOCHOR: Tschechoslowakische Erfahrungen mit den in Kupolofenabzugsschächten eingebauten Winderhitzern.

1959

A K A D E M I E - V E R L A G · B E R L I N

FREIBERGER FORSCHUNGSHEFTE

Schriftenreihe für alle Gebiete der Montanwissenschaften

Reihe B Metallurgie

B 32 Eisenhüttenwesen

Format 17 × 24 cm – 116 Seiten – 25 Bilder – 6 Tabellen – DM 8,-

KURT WALTER: Die Planung und Organisation der Automatisierung in der Grundstoffindustrie unter besonderer Berücksichtigung der Automatisierungsaufgaben im VEB Eisenwerke West, Calbe (Saale)

WERNER SCHILLING: Die Möglichkeiten zur Überwindung der Disproportion zwischen dem Möllerangebot und der Produktionskapazität der Niederschachtöfen (unter Berücksichtigung der technologischen Veränderungen an den Öfen)

B 33 Metallhüttenwesen

LUDWIG MÜLLER: Beiträge zur destillativen Trennung von Metallen unter vermindertem Druck

Format 17 × 24 cm – 159 Seiten – 46 Bilder – 88 Tabellen – DM 13,50

Durch theoretische und experimentelle Untersuchungen wird die Brennbarkeit der Metalle Sn-Zn, Pb-Zn, Sn-Bi und Pb-Sb durch Verdampfung der leichter flüchtigen Komponente unter vermindertem Druck ermittelt. Gleichfalls mit untersucht wird der Einfluß der Verdampfungsrichtung auf das Trennergebnis. Zur Kennzeichnung der Wirksamkeit des angelegten verminderten Druckes auf den Verlauf des Destillationsprozesses und als Anhalt zur Klärung der Frage einer Mitverdampfung oder Konvektion des schwerer flüchtigen Bestandteils wird der Wirkungsgrad eingeführt, wobei als Vergleichswert die ideale Destillationsgeschwindigkeit dient, die sich bei Verdampfung im absoluten Vakuum einstellt.

B 46 Metallformung

KARLHEINZ WEBER: Berechnungsunterlagen zur Ermittlung von Walzkraft und Drehmoment beim Warmwalzen (nach R. B. SIMS)

Format 17 × 24 cm – 116 Seiten – 76 Bilder – 1 Tabelle – DM ca. 5,-

Die Kenntnis der Vorgänge im Walzspalt bildet die Grundlage für die Ermittlung von Walzkraft, Drehmoment und Walzarbeit. Trotz der Vielzahl der inzwischen geschaffenen Berechnungsmöglichkeiten zur Ermittlung von Walzkraft und Drehmoment beim Warmwalzen bestehen noch erhebliche Schwierigkeiten bei der Handhabung der entsprechenden Gleichungen und Unklarheiten über die Gültigkeit ihrer praktischen Anwendung. Besonders der Betriebsmann verlangt Formeln, die einfach zu handhaben sind. Der Grund, daß wertvolle Gedanken bis heute nur beschränkt Eingang in die theoretischen und praktischen Untersuchungsverfahren gefunden haben, dürfte in langwieriger mathematischer Rechenarbeit zu suchen sein.

Mit dem hier beschriebenen Rechnerverfahren und den Berechnungsunterlagen dürfte die Forderung, in den Walzwerken ohne zeitraubende Berechnungen zum Ziel zu gelangen, ihre Erfüllung finden.

1959

A K A D E M I E - V E R L A G · B E R L I N

Deutsches
Brennstoffinstitut
Freiberg/Sa.

FREIBERGER FORSCHUNGSHEFTE

Schriftenreihe für alle Gebiete der Montanwissenschaften

Reihe B Metallurgie

B 31

Fünf Jahre Zentralinstitut für Gießereitechnik Leipzig

Format 17 × 24 cm – 388 Seiten – 350 Bilder – 45 Tabellen – brosch.
DM 26,-, Ganzleinen DM 28,-

NAUMANN: Fünf Jahre Institutsgeschehen – BIENIA: Untersuchung einiger Eisen-
gußlegierungen auf das Verhalten gegenüber Kavitation mit dem Tropfenschlag-
gerät – FEICKE/ARAND: Beitrag zur Form und Gießtechnik gegossener Kurbel-
wellen – FEICKE/RACK: Verschleißfeste Gußteile mit homogenem Zwischen-
stufengefüge – GERTZ: Über die Bedeutung der Form des Ein- und Auslaufes in
Gießsystemen für Gußeisen. (Ein Beitrag zur Frage der Gieß- und Anschnitt-
Technik) – JÄHNIG: Das Einbringen von Magnesium in Gußeisenschmelzen nach
einem im Zentralinstitut für Gießereitechnik entwickelten Verfahren – KEILITZ:
Über die Herstellung von hochsiliziumhaltigen Überzügen auf Eisenwerkstoffe
durch Gasdiffusion – KOLB: Die Herstellung von nickelfreiem unmagnetischem
Gußeisen – GERSTMANN: Naßregenerierung von CO₂-Altsanden – HACH:
Fünf Jahre ZIO – fünf Jahre Entwicklung von Gießereimaschinen und -einrich-
tungen – BAHR: Die Entwicklung von Druckguß- und Kokillengußmaschinen –
MÜLLER/PETTINGER: Beitrag zur Technologie des Schleudergusses von Cu-
Legierungen – MORITZ: Herstellung und Prüfung von Eich-(Leit-)elektroden für
die spektrochemische Analyse von Al-Legierungen – KRAUS: Über die gleich-
zeitige gasvolumetrische Kohlenstoff- und titrimetrische Schwefelbestimmung von
Brennstoffen sowie von verschiedenen organischen Substanzen – KRAUS: Die
„Rauchgasrechenscheibe“ als einfaches Meßgerät zur schnellen Überprüfung
von Abgas- und Kupolofengasanalysen.

1959

A K A D E M I E - V E R L A G · B E R L I N