

DK 620.186 : 669.14 : 669.14.018.23

## Vergleichende Messungen mit verschiedenen Bildanalysatoren in der quantitativen Gefügeanalyse

Von W. Bartholome, M. Fröhlike und H. J. Köstler, Neunkirchen/Saar

Mitteilung aus der Versuchsanstalt der Neunkircher Eisenwerke AG, vorm. Gebrüder Stumm

Bestimmung der Mangansulfidverteilung und des oxidischen Reinheitsgrades in Automatenstählen, der mittleren Korngröße und des Ferrit-Perlit-Verhältnisses in Kohlenstoffstählen sowie der Freiflächenverschleißmarke an Drehstählen mittels der quantitativen Gefügeanalyse; Vergleichsmessungen mit 4 verschiedenen Geräten.

Determination of distribution of manganese sulphides and the oxide degree of purity in free cutting steel, of the average grain size and the ferrite-perlite-relation in carbon steel as well as the wear of top face on turning tools by means of the quantitative structure analysis; comparing measurement with four different instruments.

Détermination de la distribution du sulfure de manganèse et de la propreté en oxydes des aciers de décolletage, de la grosseur de grain moyenne et du rapport ferrite-perlite dans les aciers au carbone, ainsi que de l'usure des surfaces libres d'outils de tour, au moyen de l'analyse de structure quantitative; mesures comparatives effectuées avec quatre appareils différents.

Seit ihrer Einführung wurde die quantitative elektronische Bildanalyse bevorzugt bei der Untersuchung technischer Werkstoffe angewendet (1). Unter diesen waren es vorwiegend die Eisenwerkstoffe, bei denen die bisher eher qualitative, oftmals subjektive Beurteilung der Art, Form, Größe und Häufigkeit von Gefügekomponenten durch eine quantitative, statistisch gesicherte Analyse ersetzt werden sollte (2) bis (20).

Der Entwicklungsstand der heute angebotenen Geräte gestattet ihre Anwendung in der Grundlagenforschung. Um jedoch ihre Vorteile auch in der routinemäßigen Qualitätskontrolle von Eisenwerkstoffen hinsichtlich ihrer Gefügeparameter nutzen zu können, sind noch wesentliche Voraussetzungen zu erfüllen. Dabei muß der Tatsache Rechnung getragen werden, daß immer nur Gefügebilder analysiert werden. Da die Aufnahme des Gefüges lichtoptisch erfolgt, kann schon hier auf Grund systematischer Fehler keine vollständige Identität zwischen Objekt und Bild erwartet werden (21), (22). Ähnlich führen systematische Mängel bei der Umsetzung lichtoptischer in elektronische Signale zu Fehlanalysen.

Den Schwächen bei der genauen Erkennung der zu messenden Objekte und der Erzielung gut reproduzierbarer Analyseergebnisse zu begegnen, sollten die Gerätehersteller mehr Gewicht als der Erhöhung der Ausgabegeschwindigkeit von Meßergebnissen beilegen. Darüber hinaus sollte die Schaffung von Standards, z. B. für Grautonstufen oder für die Korrektur von Bildrandfehlern (23), gefordert werden, damit Geräte verschiedener Herkunft gleichwertige Ergebnisse liefern. Andererseits muß der Anwender bereit sein, bisherige Denkkategorien zu verlassen und der Logik der automatischen Bildanalysatoren zu folgen: Diese Forderung be-

zieht sich sowohl auf die Präparation der zu untersuchenden Objekte und die Verwendung optischer Zusatzeinrichtungen als auch auf das Erkennen der einen Gefügebestandteil charakterisierenden Merkmale, die analoge Programmierung der Analysatoren und die Wiedergabe der Meßergebnisse durch gesicherte mathematische Größen. Auf diese Weise kann dann auch eine Korrelation zwischen Gefügekomponenten und technologischen Kenndaten eines Werkstoffes besser hergestellt werden, als es z. B. mit Bildreihen möglich ist (24), (25).

Die vorliegende Arbeit soll an Hand von vergleichenden Messungen an Schlifflinien, die als Testproben dienen, Auskunft über die Aussagefähigkeit verschiedener Bildanalysatoren bei metallographischen Routineuntersuchungen liefern.

### Aufgabenstellung und Versuchsergebnisse

Untersucht werden sollten:

1. die Größenverteilung von Mangansulfiden in Automatenstählen;
2. der oxidische Reinheitsgrad eines Automatenstahles;
3. die mittlere Korngröße in Stählen mit 0,075 %, 0,11 % und 0,16 % Kohlenstoff;
4. das Ferrit-Perlit-Verhältnis in Stählen mit 0,075 % und 0,43 % Kohlenstoff;
5. die Verschleißmarkengröße an Freiflächen von Drehstählen.

Die sechs derzeitigen Hersteller von Bildanalysatoren wurden unter eingehender Information über Art, Umfang und Ziel der Untersuchung zu Vergleichsmessungen eingeladen. Diese konnten schließlich an vier Geräten, die in dieser Arbeit mit A, B, C und D bezeichnet

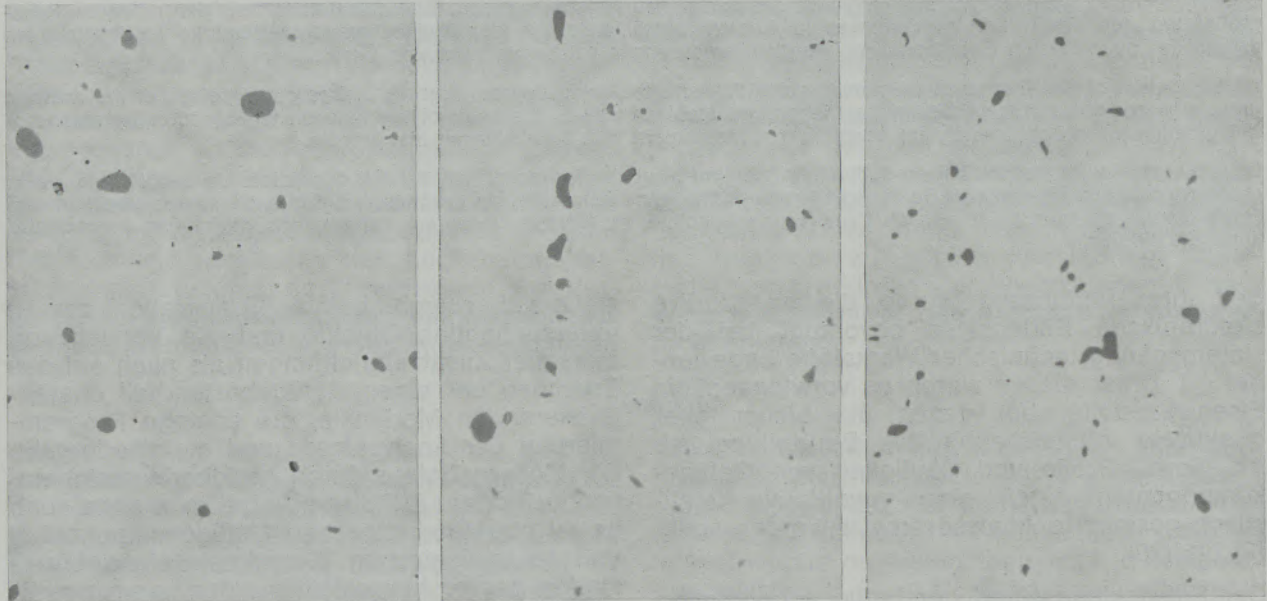
werden, zur Durchführung kommen. Das Leistungsvermögen der Geräte, von denen drei nach dem Fernsehprinzip arbeiten, entsprach dem Stand der Entwicklung im ersten Halbjahr 1971.

### Größenverteilung von Mangansulfiden in Automatenstählen

In früheren Untersuchungen wurde ein neuer Weg zur Ermittlung der Mangansulfidverteilung

in Automatenstählen gezeigt (26), (27). Mit Hilfe eines quantitativen Bildanalysators wurden dabei Anzahl und Größe der sulfidischen Einschlüsse im Querschliff erfaßt. Diese Untersuchungen sollten jetzt mit den bereitgestellten Geräten an den Stahlqualitäten 9 S Mn Pb 28 und 9 S Mn Pb 28 + Te wiederholt werden. An Testproben standen ungeätzte Querschliffe aus der Rand-, Übergangs- und Kernzone von Knüppeln  $\varnothing$  85 mm sowie von Stäben  $\varnothing$  19 mm und Draht  $\varnothing$  6,5 mm zur Verfügung. Die Abb. 1 bis 4

Knüppel  $\square$  85



Rand

Übergang

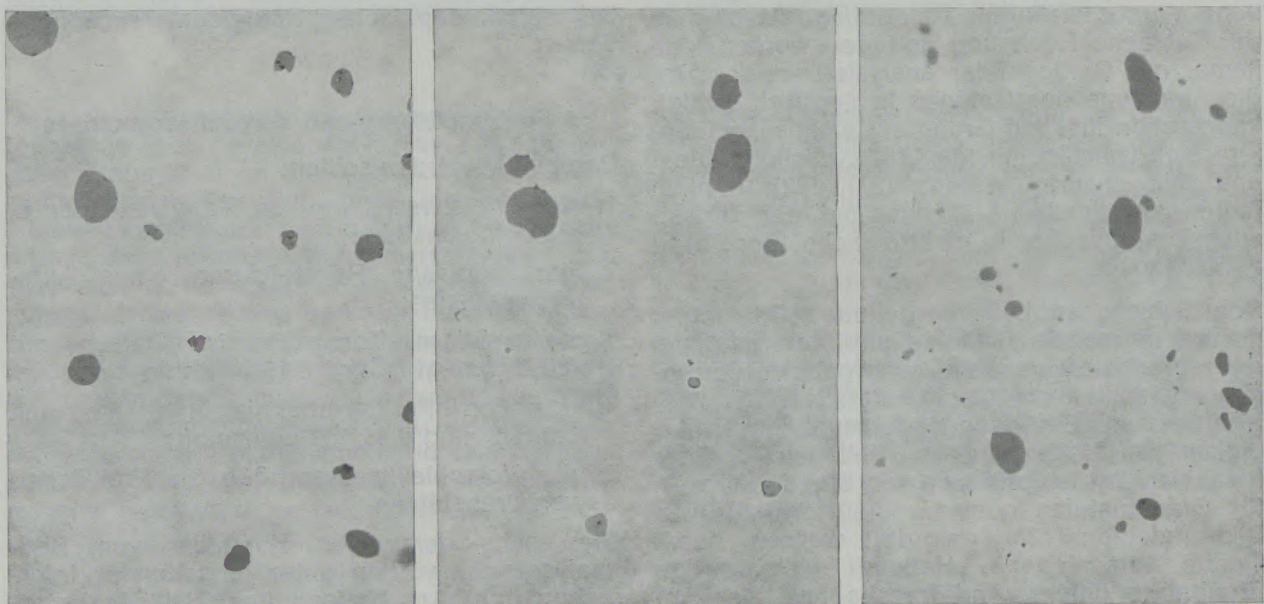
Kern

Abb. 1

ungeätzt,  $V = 500\text{mal}$

Mn-Sulfide im Querschliff, 9 SMnPb 28

Knüppel  $\square$  85



Rand

Übergang

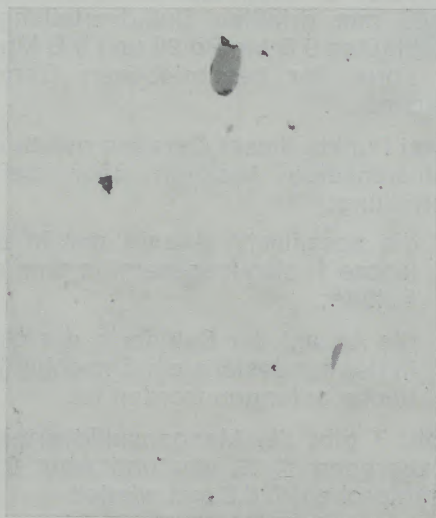
Kern

Abb. 2

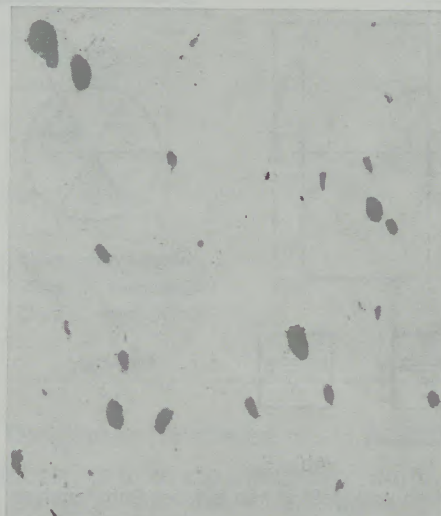
ungeätzt,  $V = 500\text{mal}$

Mn-Sulfide im Querschliff, 9 SMnPb 28 + Te

9 SMnPb 28



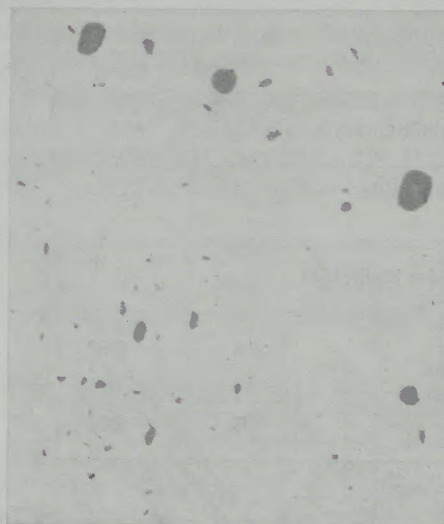
9 SMnPb 28 + Te

Stabproben  $\phi$  19 mm

ungeätzt, V = 500mal

Abb. 3

Mn-Sulfide im Querschliff

Draht  $\phi$  6,5 mm

9 SMnPb 28

9 SMnPb 28 + Te

Abb. 4

Mn-Sulfide im Querschliff

ungeätzt, V = 500mal

zeigen die MnS-Größe und -Verteilung in diesen Proben. Die Messungen wurden nach dem in Abb. 5 gezeigten Schema durchgeführt. Die Anzahl der untersuchten Meßfelder je Schliff und ihr jeweiliger Abstand sind in Tabelle 1 angeführt. Die optischen Daten der eingesetzten Geräte sind in der Tabelle 2 zusammengestellt. Da nur die Analysatoren A und B logische Ergebnisse lieferten, wurde hier auf die Wiedergabe von Daten der beiden anderen Geräte verzichtet.

Die Anzahl der im Querschliff nahezu kreisförmigen Mangansulfide wurde entsprechend der in Tabelle 3 wiedergegebenen Größenklasseneinteilung erfaßt. Die dabei erzielten Meßergebnisse zeigen an, wie viele Mangansulfide (N) in

einem Meßfeld von  $1 \text{ mm}^2$  einen größeren Durchmesser haben, als der Klassengrenzwert (d) vorgibt. Eingetragen in ein Koordinatensystem mit numerischer Abszissen- und logarithmischer Ordinatenenteilung bilden sie eine eindeutig bestimmte, als Mangansulfid-Kennlinie bezeichnete Gerade der Gleichung

$$\lg N = -m \cdot d + b. \quad [1]$$

Darin bedeuten:

- N Anzahl der Mangansulfide (Ordinatenwert) in einem Meßfeld der Größe  $1 \text{ mm}^2$ ;
- m Steigung der Geraden;
- d Grenze der Größenklasse (Abszissenwert);
- b Ordinatenabschnitt der Geraden.

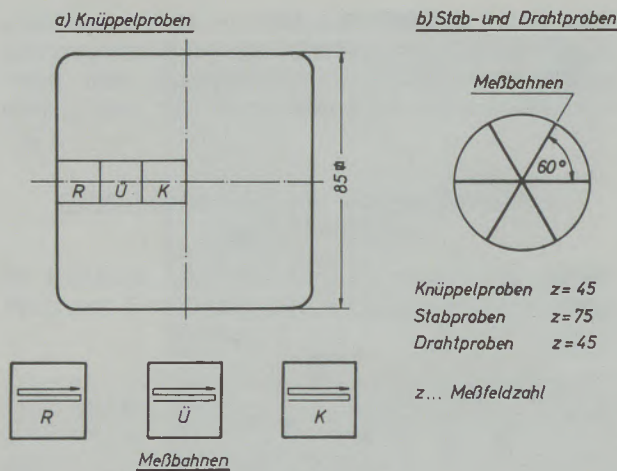


Abb. 5

Lage der Proben und Meßbahnen bei der Sulfidanalyse

In Abb. 6 sind die in den Knüppelproben  $\varnothing$  85 mm erfaßten Sulfidverteilungen für die Stahlgüten 9 S Mn Pb 28 und 9 S Mn Pb 28 + Te in Form der beschriebenen Geraden eingezeichnet.

Zwei Punkte dieser Geraden geben eine genaue zahlenmäßige Auskunft über die Einschlußverteilung:

1. die spezifische Anzahl der in der Größenklasse 1, also insgesamt je mm<sup>2</sup> gemessenen Sulfide;
2. die Anzahl der Sulfide in der Größenklasse, in der mindestens ein Einschluß je mm<sup>2</sup> Meßfläche gefunden worden ist.

Abb. 7 gibt die Mangansulfidverteilung in den Stabproben  $\varnothing$  19 mm und Abb. 8 die in den Drahtproben  $\varnothing$  6,5 mm wieder.

**Tabelle 1**  
Probenschema

	Knüppelproben $\varnothing$ 85 mm			Stabproben $\varnothing$ 19 mm	Drahtproben $\varnothing$ 6,5 mm
	Rand	Übergang	Kern		
Anzahl der Meßbahnen	3	3	3	3	3
Anzahl der Meßfelder je Meßbahn	15	15	15	25	15
Gesamtzahl der Meßfelder	45	45	45	75	45
Mittenabstand der Meßfelder (mm)	A	0,62	0,62	0,62	0,31
	B	0,60	0,60	0,60	0,30

**Tabelle 2**  
Optische Daten

	Gerät A	Gerät B
Objektiv	32 × / 0,50	32 × / 0,50
Okular	5 ×	8 ×
Rasterpunkt	0,486 $\mu$ m	0,50 $\mu$ m in Zeilenrichtung
Meßfeldgröße am Objekt	620 RP × 620 RP 300 $\mu$ m × 300 $\mu$ m	400 RP in Zeilenrichtung 200 $\mu$ m × 200 $\mu$ m
Meßfeldgröße am Monitor	ca. 177 mm × 177 mm	ca. 285 mm × 285 mm
Abbildung des Meßfeldes am Monitor	ca. 580fache lineare Vergrößerung	ca. 1425fache lineare Vergrößerung

**Tabelle 3**  
Größenklassen

Klasse Nr. D		1	2	3	4	5	6	7	8
Klassengrenze d in $\mu\text{m}$	Gerät A	0,486	0,972	1,944	3,888	5,836	7,776	9,720	11,664
	Gerät B	0,5	1,0	2,0	4,0	6,0	8,0	10,0	12,0
Anzahl der Rasterpunkte		1	2	4	8	12	16	20	24

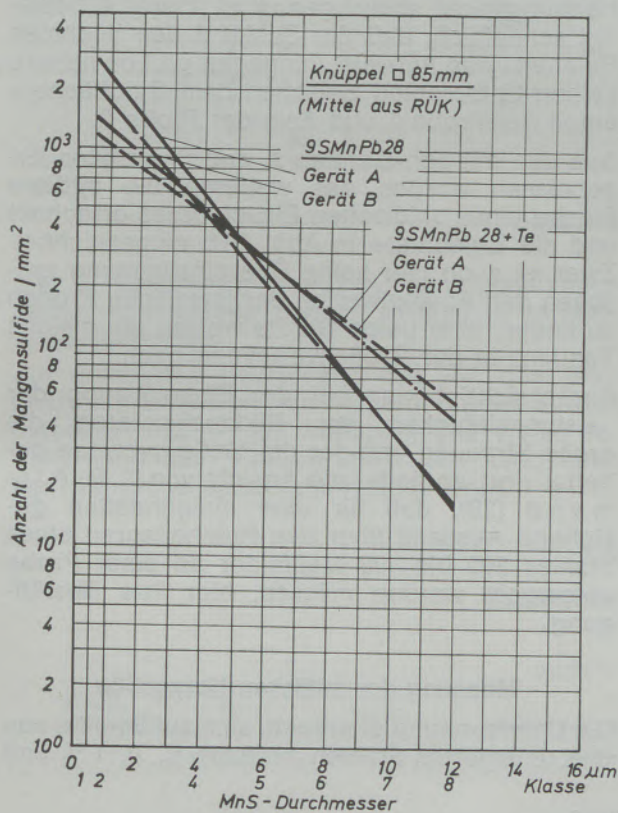


Abb. 6

MnS-Kennlinien

Die zahlenmäßigen Ergebnisse stehen in Tabelle 4.

Ein Vergleich der von den Geräten A und B gelieferten Werte macht deutlich, daß mit beiden prinzipiell die durch den Te-Gehalt und die Warmverformung beeinflusste Mangansulfidausbildung in Automatenstählen erfaßt werden kann und nur relativ kleine Unterschiede zwischen den Meßergebnissen bestehen. Eine exakte Übereinstimmung war nicht zu erwarten, da dieser das Nachpolieren der Proben, Unterschiede in der Grauwerteinstellung und sicherlich auch Bildrandfehler im Wege standen.

### Oxidischer Reinheitsgrad in Automatenstählen

Neben den Mangansulfiden enthält der halbberuhigte Automatenstahl auch oxidische Einschlüsse, deren Anzahl, Größe und Verteilung seinen „oxidischen Reinheitsgrad“ ausmachen. Die Oxide liegen im gewalzten Stahl meist in unmittelbarer Nähe der zeilenförmig angeordneten Mangansulfide. Häufig bilden beide Arten aber auch Mischeinschlüsse, so daß bei diesen Stählen eine eindeutige Zuordnung der Oxide zu einem Einschlußtyp schlecht möglich ist.

Aus diesem Grunde wurden nur die Anzahl der Oxide je  $\text{mm}^2$  Schlieffläche und der prozentuale Oxidflächenanteil ermittelt. Als Proben wurden drei Längsschliffe aus Versuchsmaterial

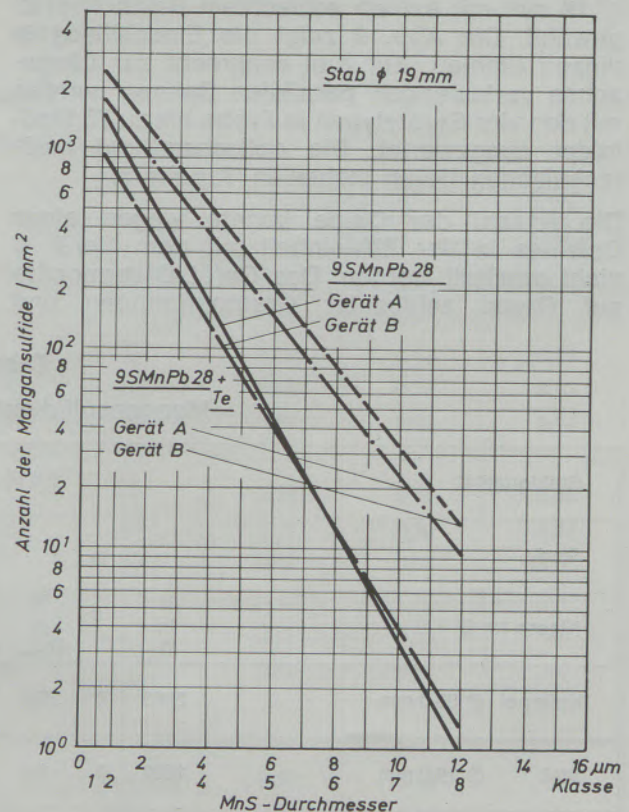


Abb. 7

MnS-Kennlinien

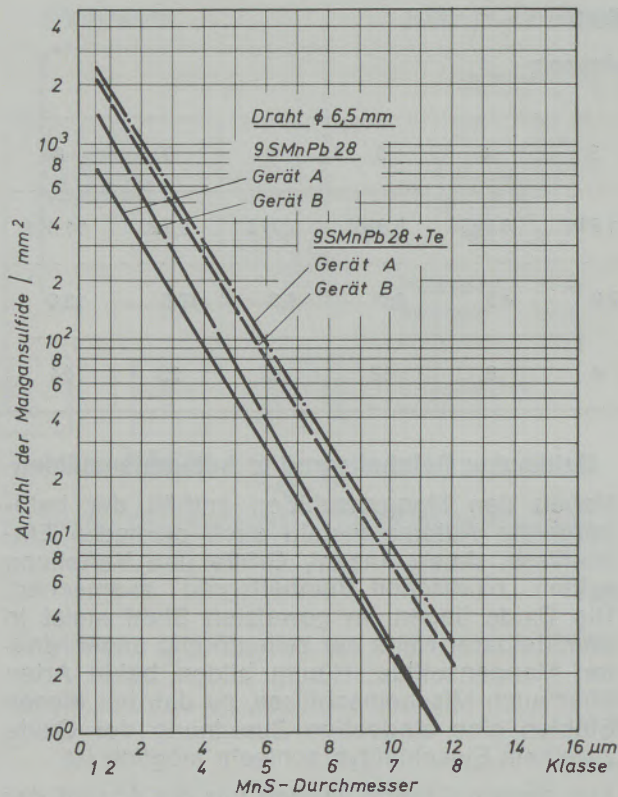


Abb. 8  
MnS-Kennlinien

Ø 19 mm mit extrem schlechtem Reinheitsgrad gewählt. Die Abb. 9 zeigt die Einschlüsse in diesen Stählen. Auf drei senkrecht zur Längsachse verlaufenden parallelen Bahnen wurden mit den vier Gerätetypen je Probe bis zu 75 Meßfelder ausgewertet. Die optischen und meßtechnischen Daten stehen in Tabelle 5.

Die Anzahl der Oxide konnte wegen eines Defektes in der Zählleinheit mit dem Gerät C nicht ermittelt werden. Das Gerät D vermochte auf Grund schlechter Grauton-trennung und

Schwächen in der Elektronik, die auch schon bei der Sulfidbestimmung zu unlogischen Ergebnissen führten, große und komplexe Einschlüsse nicht korrekt zu zählen.

In Abb. 10 a wurden die prozentualen Oxidflächenanteile miteinander verglichen. Eine absolute Übereinstimmung der Ergebnisse liegt nicht vor. Die Geräte B und D zeigen eine relative Übereinstimmung darin, daß der oxidische Reinheitsgrad bei Schliff 2 der schlechteste, bei Schliff 3 der beste ist. Das Gerät C hätte diese Tendenz u. U. bestätigen können, doch mußte infolge eines weiteren apparativen Fehlers die Analyse der Probe 3 ausfallen. Die prozentualen Flächenanteile bei den Schliffen 1 und 2 aber lassen vermuten, daß auch hier die Grauton-trennung nicht scharf genug ist. Gerät A bestätigt schließlich, daß der Schliff 3 den höchsten Reinheitsgrad aufweist, hingegen gibt es nahezu keinen Unterschied zwischen dem Oxidflächenanteil der Probe 1 und dem der Probe 2.

Aus den mit den Geräten A und B erzielten Ergebnissen wurden des weiteren die mittlere Fläche eines oxidischen Einschlusses errechnet und die Ergebnisse in Abb. 10 b eingezeichnet. Zwar ist auch hier keine Übereinstimmung zwischen den Absolutwerten der jeweiligen Proben zu finden, aber beide Geräte weisen die gleiche Tendenz in der Größenverteilung nach.

Berücksichtigt man bei der Einschätzung der Leistungsfähigkeit der Bildanalysatoren die große Streuung, mit der die Meßergebnisse behaftet sind, so findet die Ansicht von T. R. Allmand (28), daß für eine einigermaßen gesicherte Aussage über den Reinheitsgrad eines Stahles 300 bis 400 Meßfelder an einer Probe untersucht werden müssen, hier ihre Bestätigung.

**Messung der mittleren Korngröße**

Die Untersuchung erstreckte sich auf Schläffe aus drei unlegierten Stählen mit 0,075 %, 0,11 % und

**Tabelle 4**  
Mangansulfidverteilungskennwerte

Stahlqualität	9 S Mn Pb 28						9 S Mn Pb 28 + Te					
	A		B		A		B					
Gerät	N in D <sub>1</sub>	D <sub>max.</sub>	N in D <sub>max.</sub>	N in D <sub>1</sub>	D <sub>max.</sub>	N in D <sub>max.</sub>	N in D <sub>1</sub>	D <sub>max.</sub>	N in D <sub>max.</sub>	N in D <sub>1</sub>	D <sub>max.</sub>	N in D <sub>max.</sub>
Knüppel Ø 85,0 mm	2800	8	15,5	2000	8	16,5	1450	8	53	1160	8	45
Stab Ø 19,0 mm	1500	8	1,0	950	8	1,3	1800	8	8,2	2350	8	15,5
Draht Ø 6,5 mm	770	7	2,5	1430	7	2,7	2400	8	2,8	2200	8	2,1

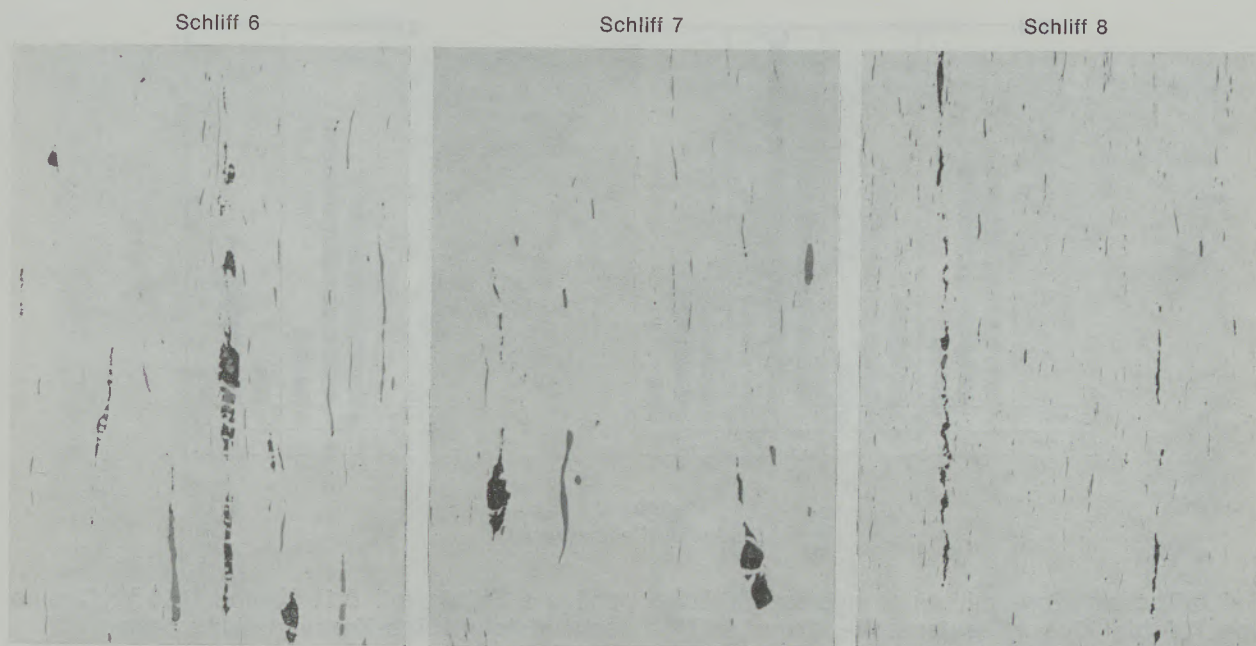


Abb. 9  
Oxidischer Reinheitsgrad

ungeätzt, V = 200mal

0,16 % Kohlenstoff. Auf zwei senkrecht zueinander verlaufenden Bahnen wurden je 24 Meßfelder analysiert.

Zur genaueren Beurteilung der von den Bildanalysatoren gelieferten Meßergebnisse wurden dieselben Proben auf herkömmliche Weise sowohl nach dem Kreisverfahren als auch nach dem Durchmesserverfahren untersucht.

Die nach dem Kreisverfahren erfaßte mittlere Kornfläche diente als Vergleichswert. Eine gute Übereinstimmung zwischen diesem und der nach dem Durchmesserverfahren ermittelten mittleren Sehnenlänge ist durch die Gleichung

$$F_m = 1,5 \cdot d_m^2 \quad [2]$$

gegeben.

Tabelle 5  
Oxidischer Reinheitsgrad

Gerät	Schliff/ Bild	lin. Vergr.	Meßfeld		Anzahl Oxide je mm <sup>2</sup>	Oxidflächenant. (%)		mittl. Oxid- größe (µm <sup>2</sup> )
			Größe (µm)	Anzahl		$\bar{x}$	$\pm \sigma$	
A	6/9	12,5 × 5	400 × 400	36	50	0,19	0,17	0,38
	7/9				34	0,18	0,13	0,53
	8/9				37	0,05	0,03	0,14
B	6/9	32 × 8	200 × 200	75	106	0,08	0,19	0,08
	7/9				59	0,14	0,30	0,24
	8/9				93	0,03	0,04	0,03
C	6/9	40 × 10	200 × 400	45	Zähler defekt	0,18	0,23	—
	7/9					0,53	0,31	—
	8/9					—	—	—
D	6/9	40 × 5	200 × 200	75	Zählung nicht möglich	0,06	0,12	—
	7/9					0,09	0,14	—
	8/9					0,02	0,06	—

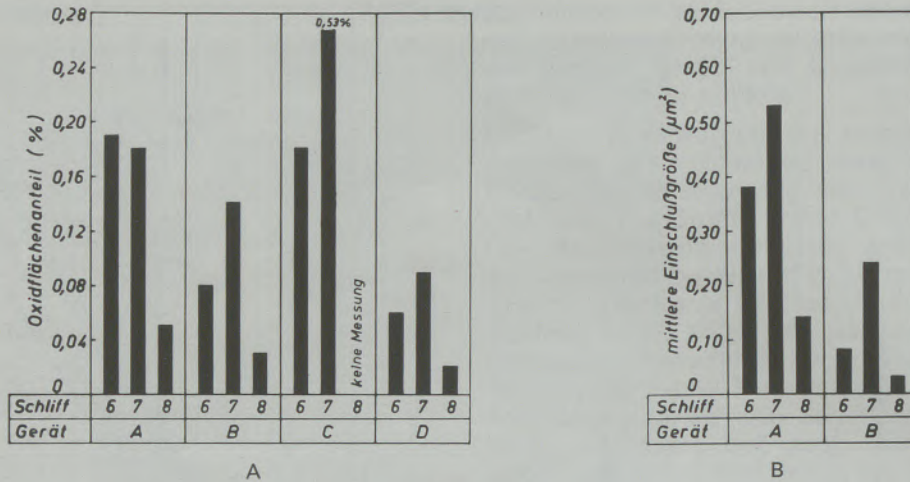


Abb. 10  
Oxidischer Reinheitsgrad

Bei größerem Korn mit einer mittleren Fläche von 700 bis 900 µm<sup>2</sup>, entsprechend der ASTM-Korngrößen 8-7, weicht allerdings die aus der mittleren Sehnenlänge nach Gleichung [2] errechnete mittlere Kornfläche von dem nach dem Kreisverfahren bestimmten Flächenwert um etwa 20 % ab. Offensichtlich ist bei einer Kornzahl von etwa 150 noch keine gute Übereinstimmung zwischen den Meßlinienabschnitten und den wahren mittleren Korndurchmessern gegeben.

Wie aus Abb. 11 ersichtlich, war in der ersten der drei untersuchten Proben die Gefügeausbildung zwischen Rand und Kern so unterschiedlich, daß diese Zonen getrennt ausgemessen werden mußten. Hingegen zeigt Abb. 12,

daß die Stähle mit 0,11 % und 0,16 % C eine sehr gleichmäßige Kornverteilung hatten.

Die Ergebnisse aus den Messungen nach dem Kreis- und Durchmesserverfahren und mit den vier Geräten stehen in Tabelle 6.

Die Untersuchungen an den Gerätetypen A und B konnten bei zwei verschiedenen Vergrößerungen vorgenommen werden. Demgegenüber waren mit den wesentlich langsamer arbeitenden Geräten C und D nur Messungen an Schliff 1 mit einer Vergrößerung möglich.

Mit den Geräten A, C und D wurde, wie beim Durchmesserverfahren, die mittlere lineare Korngröße erfaßt. Hieraus wurde nach Gleichung [2] die mittlere Kornfläche errechnet. Das Gerät B

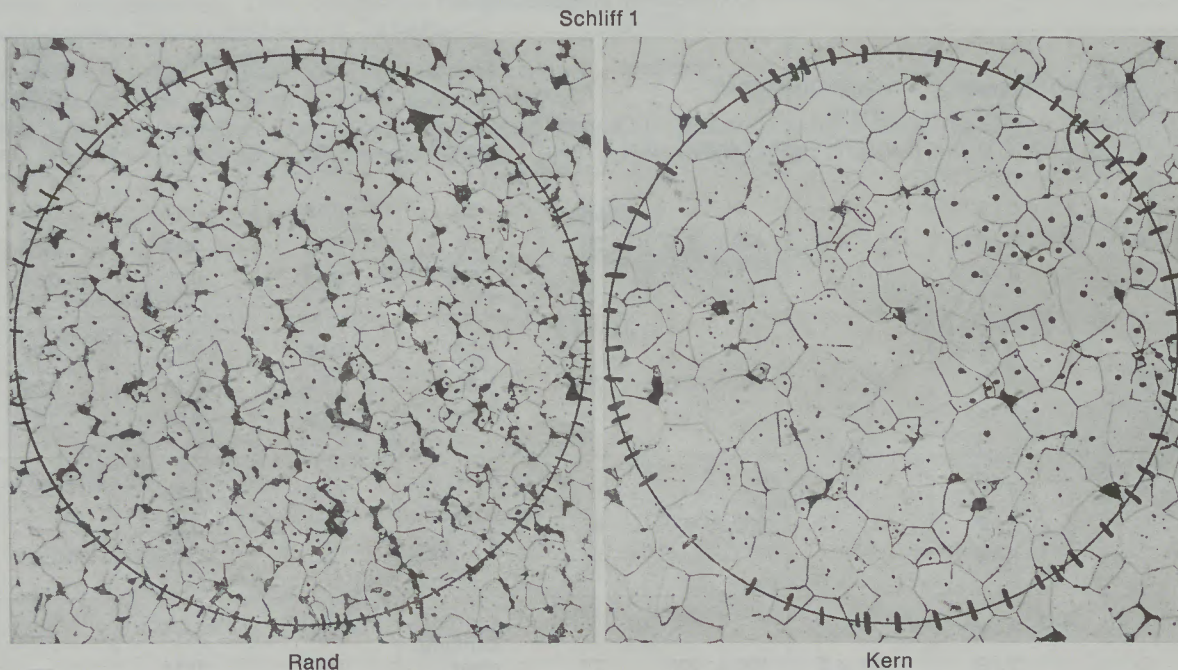


Abb. 11  
Korngrößenbestimmung im Querschliff

HNO<sub>3</sub>, V = 200mal



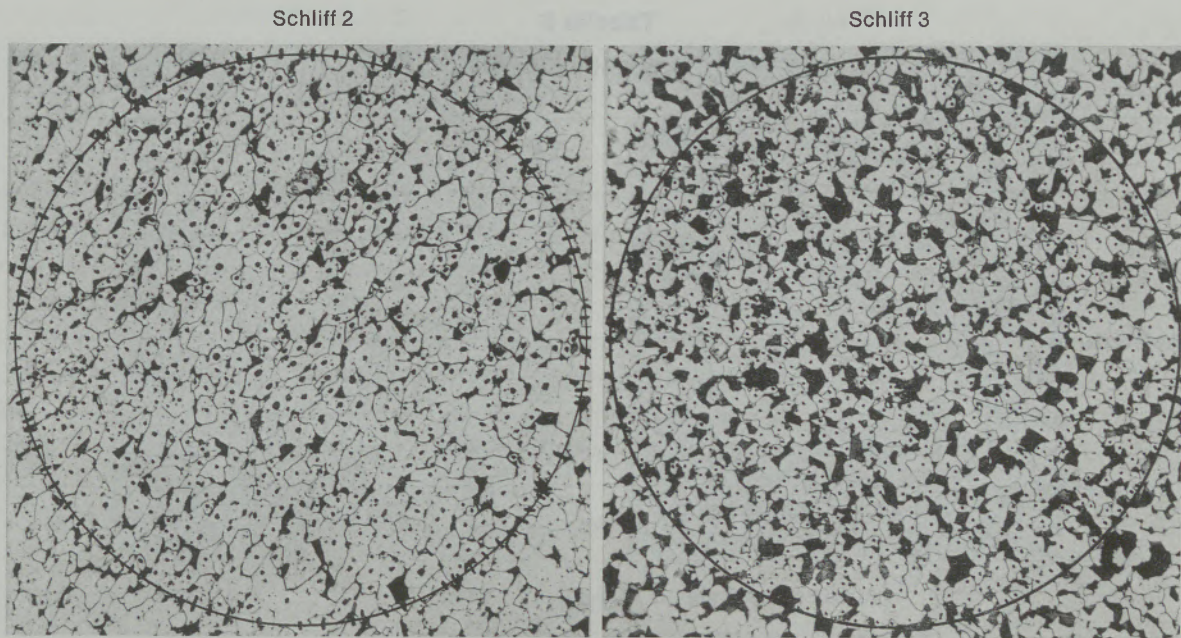


Abb. 12 HNO<sub>3</sub>, V = 200mal  
Korngrößenbestimmung im Querschliff

lieferte die mittlere Kornfläche direkt durch Division der Meßfeldfläche durch eine die Kornzahl charakterisierende Kenngröße.

In Abb. 13 werden die Ergebnisse aus der automatischen Bildanalyse den auf herkömmliche Weise erzielten Vergleichswerten gegenüber-

gestellt. Dabei zeigt sich, daß die vom Gerät B bei 256facher Vergrößerung gelieferten Meßgrößen die beste Übereinstimmung erreichen. Ähnlich gut liegen die Ergebnisse des Gerätes A bei 160facher Vergrößerung.

Die bei Schliff 1 von den Geräten C und D er-

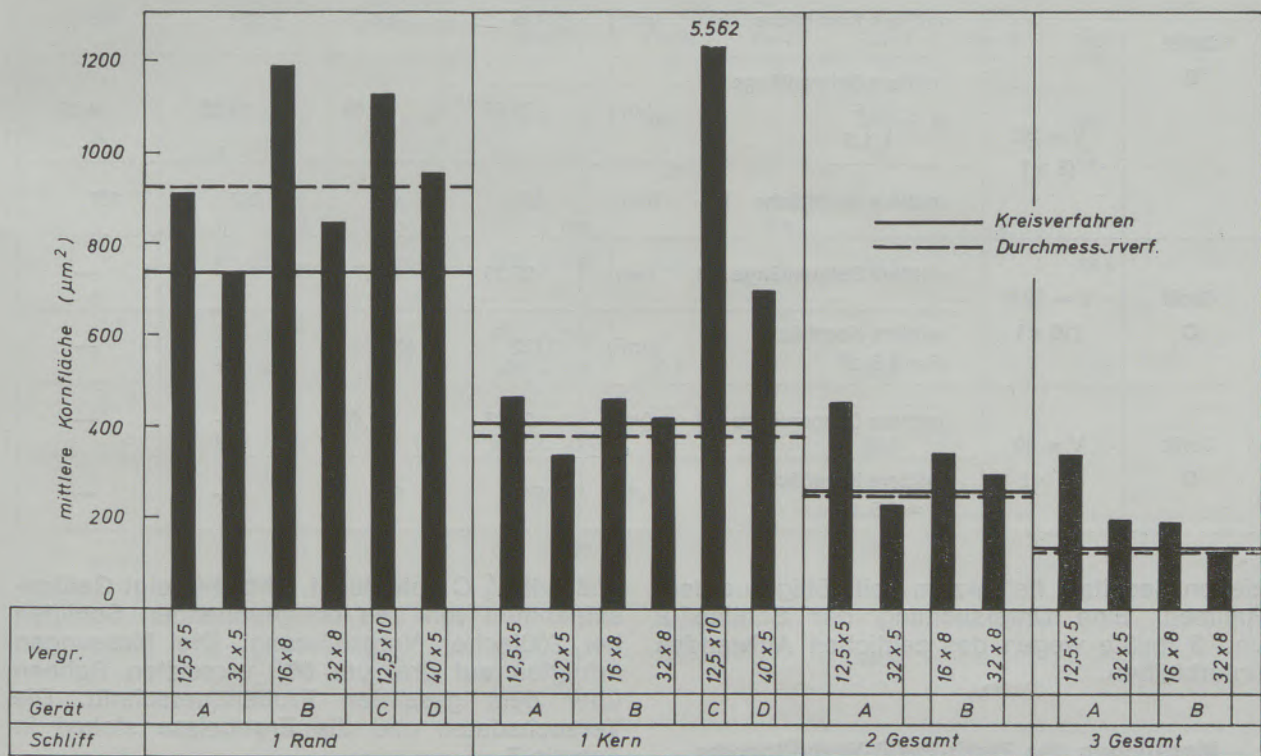


Abb. 13  
Korngrößenmessung an Stahlproben mit 0,075 %, 0,11 % und 0,16 % C

**Tabelle 6**  
Korngrößenbestimmung

Schliff		1		2	3	
		Rand	Kern	Gesamt	Gesamt	
Kreisverfahren	Kornzahl	533	1106	1789	3309	
	mittlere Kornfläche F ( $\mu\text{m}^2$ )	731	399	248	132	
Durchmesserverfahren	mittlere Sehnenlänge d ( $\mu\text{m}$ )	24,63	15,69	12,74	9,06	
	mittlere Kornfläche F = 1,5 d <sup>2</sup> ( $\mu\text{m}^2$ )	918	371	245	124	
Gerät A	V = 12,5 (5 ×)	mittlere Sehnenlänge d ( $\mu\text{m}$ )	24,64	17,42	17,31	14,86
		mittlere Kornfläche F = 1,5 d <sup>2</sup> ( $\mu\text{m}^2$ )	911	455	450	331
	V = 32 (5 ×)	mittlere Sehnenlänge d ( $\mu\text{m}$ )	22,01	14,72	12,43	11,18
		mittlere Kornfläche F = 1,5 d <sup>2</sup> ( $\mu\text{m}^2$ )	727	325	232	188
Gerät B	V = 16 (8 ×)	mittlere Sehnenlänge d = $\sqrt{\frac{F}{1,5}}$ ( $\mu\text{m}$ )	28,11	17,44	14,92	11,05
		mittlere Kornfläche F ( $\mu\text{m}^2$ )	1185	456	334	183
	V = 32 (8 ×)	mittlere Sehnenlänge d = $\sqrt{\frac{F}{1,5}}$ ( $\mu\text{m}$ )	23,65	16,69	13,83	9,20
		mittlere Kornfläche F ( $\mu\text{m}^2$ )	839	418	287	127
Gerät C	V = 12,5 (10 ×)	mittlere Sehnenlänge d ( $\mu\text{m}$ )	27,35	60,7	—	—
		mittlere Kornfläche F = 1,5 d <sup>2</sup> ( $\mu\text{m}^2$ )	1122	5526	—	—
Gerät D	V = 40 (5 ×)	mittlere Sehnenlänge d ( $\mu\text{m}$ )	25,07	21,42	—	—
		mittlere Kornfläche F = 1,5 d <sup>2</sup> ( $\mu\text{m}^2$ )	943	688	—	—

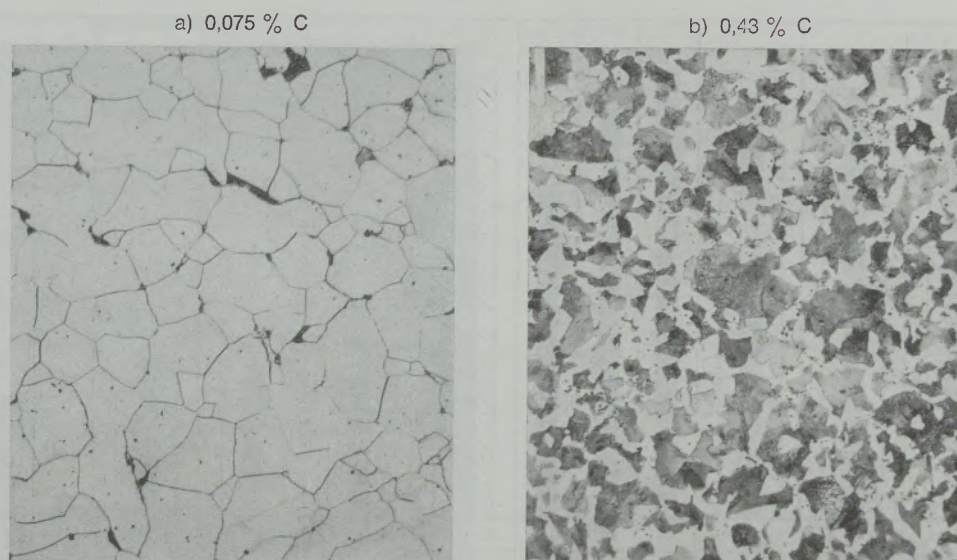
zielten Resultate fielen zum Teil völlig aus dem Rahmen. Eine Untersuchung der Schliffe 2 und 3 mußte wegen des zeitlichen Aufwandes unterbleiben.

#### Messungen des Ferrit-Perlit-Verhältnisses

Das Ferrit-Perlit-Verhältnis wurde an zwei Proben  $\phi$  19 mm aus unlegiertem Stahl mit 0,075 %

und 0,43 % C untersucht. Abb. 14 zeigt Gefügeaufnahmen von den entsprechenden Schliffen bei 200facher Vergrößerung. Die Messungen erfolgten auf drei um 60° versetzten Bahnen über dem gesamten Probenquerschnitt. Die Versuchsdaten und die Ergebnisse stehen in Tabelle 7.

Bei der Versuchsdurchführung wurde entweder der Ferritanteil (helle Phase) oder der Perlit-



HNO<sub>3</sub>, V = 200mal

Abb. 14

Ferrit/Perlit-Verhältnisse im Querschliff

Tabelle 7

Ferrit-Perlit-Verhältnis

Gerät	Schliff-Nr. % C	lin. Ver- größerung	Meßfeld- größe (µm <sup>2</sup> )	Rand		Mitte		Rand	
				Ferrit %	Perlit %	Ferrit %	Perlit %	Ferrit %	Perlit %
A	1 — 0,075	32 × 5	200 × 200	99		97		99	
	4 — 0,43	32 × 5	200 × 200	23		34		23	
B	1 — 0,075	16 × 8	400 × 400		0,9		5,6		1,3
	4 — 0,43	16 × 8	400 × 400	23,9		33,4		28,4	
	1 — 0,075	32 × 8	200 × 200		1,6		6,0		1,5
	4 — 0,43	32 × 8	200 × 200	30,7		34,9		27,9	
C	1 — 0,075	4 × 10	500 × 1000			98,6			
	4 — 0,43	—	—						
	1 — 0,075	12,5 × 10	500 × 200			95,3			
	4 — 0,43	12,5 × 10	500 × 200				95		
	1 — 0,075	20 × 10	500 × 20			85,2			
	4 — 0,43	20 × 10	500 × 20				74		
D	1 — 0,075	40 × 5	180 × 180		1,0		4,3		1,2
	4 — 0,43	40 × 5	180 × 180	28,7		33,6		29,3	

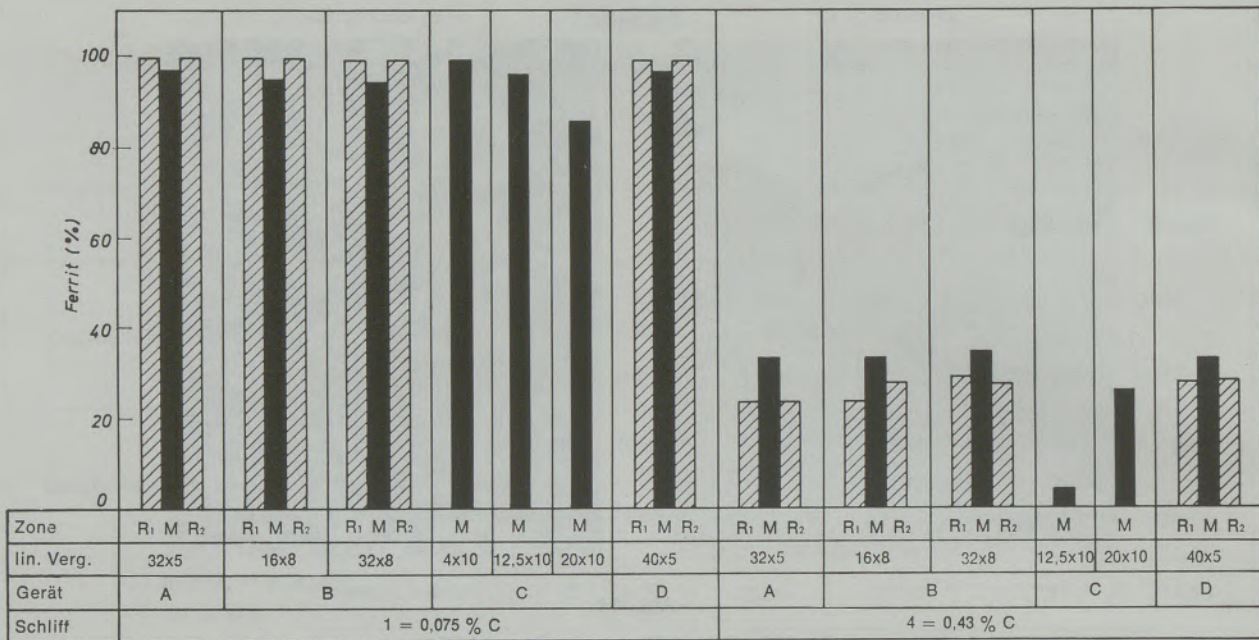


Abb. 15

Ferritanteil in Stählen mit 0,075 % und 0,43 % C

anteil (dunkle Phase) erfaßt. Zum besseren Vergleich wurden alle Meßergebnisse auf Ferrit umgerechnet und in Abb. 15 graphisch dargestellt.

Diese Analyse, die besonders bei der Bestimmung der Entkohlungstiefe wärmebehandelter und der Aufkohlungstiefe zementierter Stähle Anwendung finden sollte, kann mit den Geräten A, B und D mit guter Aussagesicherheit durchgeführt werden. Das Gerät C lieferte besonders bei Schliff 4 Ergebnisse, die von denen der übrigen Bildanalysatoren erheblich abweichen. Hinzu kommt eine starke Beeinflussung durch die Vergrößerung. Wegen der niedrigen Arbeitsgeschwindigkeit wurde die Randzone beider Schlitze mit diesem Gerät nicht untersucht.

#### Messungen der Verschleißfläche an Drehmeißeln

Als Maß für die Zerspanbarkeit eines Werkstoffes wird unter anderem auch die mittlere Breite der Verschleißmarke auf der Freifläche des Drehmeißels verwendet (Verschleißmarkenbreite). Mit einem elektronischen Bildanalysator läßt sich jedoch die Größe der Verschleißfläche bestimmen, die einen für den Verschleiß repräsentativeren Wert darstellt, da die Verschleißmarkenbreite als Mittelwert aus den unterschiedlichsten Größen errechnet wird.

Zur Ermittlung der Verschleißfläche wurde dieser ein Rechteck überlagert, dessen eine Seite bei allen Messungen 2,0 mm lang war und parallel zur Schneidkante lag. Die Untersuchung fand an den in Abb. 16 gezeigten Mei-

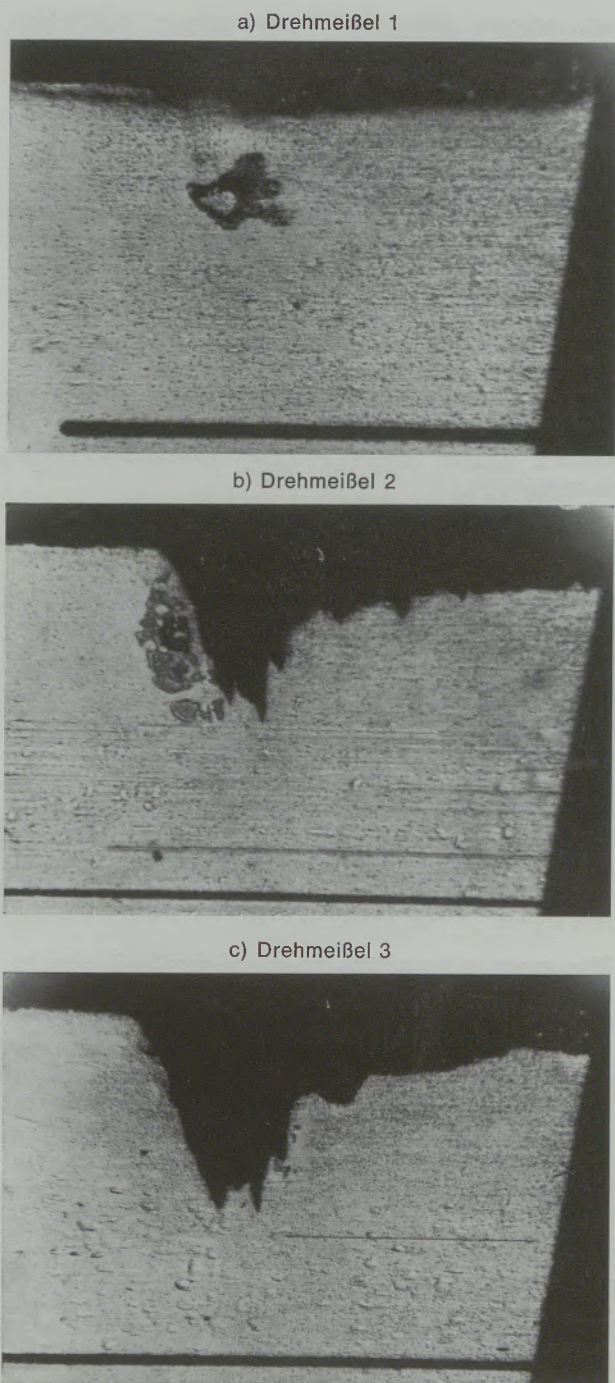
ßeln bei einer 15- bis 20fachen Vergrößerung statt. Tabelle 8 und Abb. 17 geben die Versuchsdaten und Meßergebnisse wieder.

Die von den Geräten A, B und D erbrachten Resultate zeigen eine nahezu völlige Übereinstimmung. Mit dem Bildanalysator C war diese Messung prinzipiell nicht durchführbar.

Tabelle 8

Verschleißmarkenfläche an Drehmeißeln

Gerät	Vergrößerung	Meißel	Bild	Verschleißfläche (µm <sup>2</sup> )
A	3,2 × 5	1	16 a)	120 759
		2	b)	500 961
		3	c)	652 844
B	3,2 × 6,3	1	16 a)	128 000
		2	b)	513 437
		3	c)	645 418
C	—	1	a)	—
		2	b)	—
		3	c)	—
D	4,0 × 5	1	a)	127 930
		2	b)	468 164
		3	c)	639 690



a) Drehmeißel 1

b) Drehmeißel 2

c) Drehmeißel 3

Abb. 16 V = 50mal

Freiflächenverschleiß an Drehmeißeln

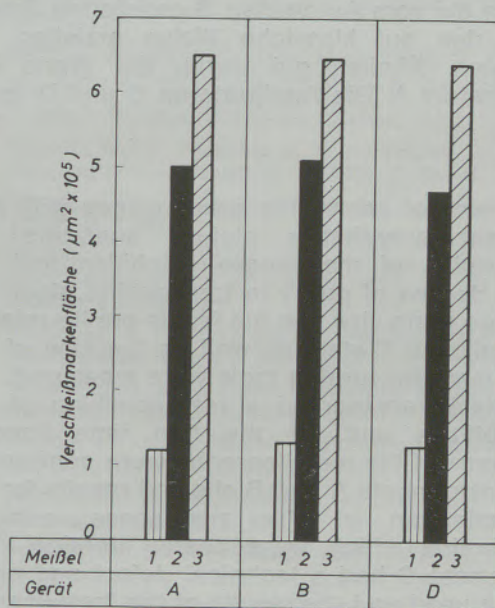


Abb. 17

Freiflächenverschleiß an Drehmeißeln

**Zusammenfassung**

Bei vergleichenden Untersuchungen mit vier verschiedenen quantitativen Bildanalysatoren wurden die Mangansulfidverteilung und der oxidische Reinheitsgrad in Automatenstählen, die mittlere Korngröße und das Ferrit-Perlit-Verhältnis in unlegierten C-Stählen sowie die Größe von Verschleißmarken an Drehstählen gemessen.

Die Aufgaben stellten eine echte Prüfung und teilweise auch eine erstmalige Konfrontation

mit klar definierten Problemen aus der Metallographie dar.

Die mit A und B bezeichneten Geräte lieferten bei der Ermittlung der Mangansulfidverteilung Ergebnisse, die nahezu identisch waren. Das mit C benannte Gerät fiel bei der Prüfung wegen technischer Defekte aus, die Ergebnisse des Gerätes D mußten als nicht richtig angesehen werden. Der Grund hierzu dürfte in der mangelhaften elektronischen Ausrüstung liegen.

Diese führte auch bei Untersuchung des oxidischen Reinheitsgrades dazu, daß große Einschlüsse nicht richtig gezählt und komplexe Teilchen nicht eindeutig differenziert wurden. In diesem Aufgabenbereich wiesen die Geräte A, B und D aber ohnehin nur eine relative Übereinstimmung auf, was mit Sicherheit auf die sehr ungleichmäßige Verteilung von Oxiden im Stahl zurückzuführen ist. Über den Analysator D kann auch für diesen Bereich infolge eines technischen Defektes keine endgültige Aussage gemacht werden.

Bei der Erfassung der mittleren Korngrößen kamen die vom Automaten B gelieferten Ergebnisse den auf klassische Weise erzielten am nächsten. Ähnlich gut waren die Werte des Analysators A. Die Analysatoren C und D konn-

ten wegen des hier notwendigen zeitlichen Aufwandes nur bei einem Schliff eingesetzt werden. Die Ergebnisse lagen nicht im Rahmen der übrigen Werte.

Die Messung des Ferritanteiles an einem ferritisch-perlitischen Gefüge zeigte sehr gut übereinstimmende Ergebnisse der Geräte A, B und D. Die vom Gerät C gelieferten Werte waren auch hier wegen des Zeitaufwandes unvollständig und nicht zuzuordnen.

Eine gleich gute Übereinstimmung kann zwischen den von den Analysatoren A, B und D ermittelten Flächen der Verschleißmarken an Drehmeißeln festgestellt werden. Das Gerät C konnte diese Untersuchung prinzipiell nicht durchführen.

### Summary

By means of comparing examinations with four different quantitative picture analyzers the distribution of manganese sulphides and the oxide degree of purity in free cutting steel, the average grain size and the ferrite-perlite-relation in unalloyed C-steel as well as the size of the wear mark for turning tools were measured.

This task represented a real checking of the possibilities and for the first time specific problems of the metallography were confronted. The instruments A and B showed results for the determination of the manganese sulphide distribution which were nearly identical. The instrument C had a technical defect and could not be used and the results of the instrument D had to be considered as not reliable. The reason was ascribed to insufficient separation of gray shade. This inability led also to the fact that with the determination of the oxide degree of purity and greater complex inclusions could not be differentiated clearly. For this task the instruments A, B and D showed only a relative concurrence which can be explained with cer-

tainty by the extremely unequal distribution of oxides in steel. Instrument D could not furnish correct results in this regard due to the technical defect.

Concerning the determination of the average grain sizes the results of instrument B were similar with those obtained by the original method. The values of analyzer A were as good. Analyzers C and D could only be used for one metallographic specimen due to the lot of time needed. The results obtained were not within the frame of the other values.

The measuring of the share of ferrite in ferrite-perlite-structure showed very well agreeing results for all instruments, A, B and D. Also in this regard the values of instrument C were not complete and not valid again due to lack of time. Analyzers A, B and D were agreeing on the determined areas of wear for turning tools. Instrument C was unable to carry out the examination on principle.

### Résumé

Au cours d'essais comparatifs effectués avec quatre appareils différents d'analyse quantitative de structure, on a étudié la distribution du sulfure de manganèse et la propreté en oxydes des aciers de décolletage, la grosseur de grain moyenne et le rapport ferrite-perlite d'aciers non alliés au carbone, ainsi que la grosseur des marques d'usure sur des outils de tour.

Il s'agit d'effectuer une vérification véritable et aussi d'aborder pour la première fois des problèmes posés par la métallographie.

Les installations désignées par A et B, ont donné des résultats presque identiques pour la détermination de la distribution du sulfure de manganèse. L'installation C a été abandonnée au cours des essais, en raison de défauts techniques, alors que les résultats de l'installation D

ont dû être considérés comme inexacts. On pense qu'il s'agissait d'une séparation défectueuse du ton gris.

Il en a résulté, qu'au cours de l'étude de la propreté en oxydes, il n'a pas été possible de différencier clairement les inclusions grandes et complexes. Dans ce domaine, les appareils A, B et D présentaient, même sans cela, une corrélation seulement relative, ce qui doit sûrement être attribué à une distribution très irrégulière des oxydes dans l'acier. En raison de défauts techniques on ne peut pas non plus considérer comme définitifs les données obtenues avec l'installation D, également dans cette partie de l'étude.

Lors de la détermination de la grosseur de grain moyenne, les résultats obtenus avec l'installation

B se sont le plus rapprochés de ceux obtenus de la manière classique. Les données obtenues avec l'analyseur A étaient également bonnes. Les analyseurs C et D n'ont pu être utilisés que pour une seule coupe en raison du temps très long nécessaire pour l'analyse. Les résultats obtenus n'étaient pas dans le cadre des autres données.

La mesure de la proportion de ferrite dans une structure ferrito-perlitique a donné des résultats

présentant une très bonne corrélation, d'après les installations A, B et D. Les données obtenues avec l'appareil C étaient, dans ce cas aussi, incomplètes et inutilisables en raison du temps nécessaire pour la détermination.

On peut obtenir une bonne corrélation entre les surfaces d'usure des outils de tour mesurées avec les analyseurs A, B et D. Une telle mesure ne peut être effectuée, en principe, par l'appareil C.

#### Literaturverzeichnis

1. Ondracek, G.; Bericht über quantitative elektronische Bildanalyse; Technische Akademie Eßlingen (Jänner 1971).
2. Martensson, H.; Fagersta Forum Nr. 4 (1965).
3. Langhoff, R. R., u. A. R. Johnson; Procs. of ASTM 69<sup>th</sup> A. M. (Juni 1966).
4. Schreiber, D., u. D. Radtke; Stahl und Eisen 86 (1966), S. 89-99.
5. Allmand, T. R.; GKN conf. report Nr. 872 (Nov. 1966).
6. Rose, A., H. A. Mathesius u. H. P. Hougardy; Arch. Eisenhüttenwes. 38 (1967), S. 460-463.
7. Allmand, T. R.; GKN conf. report 957 (Sept. 1967).
8. Dudek, M. B.; Radex-Rundschau (1967), Heft Nr. 3/4, S. 790/794.
9. Harvey, R. F.; Cutting Tool Engineering (März 1968), S. 14-16.
10. Allmand, T. R., u. J. R. Blank; Iron and Steel Institute Pub. 112, Automatic Cleanness Assessment of Steel (1968).
11. Allmand, T. R.; The Microscope 16 (1968), S. 163-170.
12. Blank, J. R.; The Microscope 16 (1968), S. 189-197.
13. Roche, R.; The Microscope 16 (1968), S. 151-161.
14. Jamieson, R. M., C. E. Ohennasian u. R. J. Masygan; Iron and Steel Inst. (Mai 1968), S. 498-499.
15. Lindon, P. H.; The Microscope 16 (1968), S. 137-150.
16. Ondracek, G., u. A. Jesse; The Microscope 16 (1968), S. 115-121.
17. Ratz, G. A.; Metal Progress (Aug. 1968), S. 153-156.
18. Hofer, F.; The Microscope 16 (1968), S. 171-180.
19. Grethen, Philippe; CNRM Nr. 17 (Dez. 1968), S. 53-62.
20. Brandis, H., K. Wiebking u. F. Berentzen; Praktische Metallographie, Sonderheft 1 (1970), S. 68-71.
21. Exner, H. E.; Praktische Metallographie, Sonderheft 1 (1970), S. 1-20.
22. Schäfer, A.; anlässlich der Tagung „Quantitative Metallographie“ am 27. Jänner 1971 an der Techn. Akademie in Eßlingen.
23. Welboren, A. P., u. O. Meijer; Praktische Metallographie 9 (1972), Heft 1, S. 32-38.
24. Schreiber, D., u. H. Ziehm; Praktische Metallographie, Sonderheft 1 (1970), S. 87-97.
25. Barteld, K., u. A. Stanz; Arch. Eisenhüttenwes. 42 (1971), S. 581-597.
26. Bartholome, W., M. Fröhlke u. H. J. Köstler; Radex-Rundschau 4 (1971), S. 526.
27. Fröhlke, M.; The Microscope (1971), Vol. 19, S. 403-414.
28. Allmand, T. R.; Inter/Micro 71, London, 20.-24. Sept. 1971.