

Analytiker — **Taschenbuch** **Band 1**

Herausgegeben von

H. Kienitz · R. Bock

W. Fresenius

W. Huber · G. Tölg



Springer-Verlag Berlin Heidelberg New York

Analytiker- Taschenbuch

Band 1

Herausgegeben von

H. Kienitz · R. Bock · W. Fresenius
W. Huber · G. Tölg

Mit 81 Abbildungen

Springer-Verlag

Berlin · Heidelberg · New York 1980

Prof. Dr. HERMANN KIENITZ †
Am Kirschberg 12, D-6719 Weisenheim am Berg

Prof. Dr. RUDOLF BOCK
Chemin de Beranges 141
CH-1814 La Tour de Peilz

Prof. Dr. WILHELM FRESERIUS
Institut-Fresenius
Im Maisel, D-6204 Taunusstein

Dr. WALTER HUBER
BASF Aktiengesellschaft
WAA/Analytik - M 320
D-6700 Ludwigshafen

Prof. Dr. GÜNTER TÖLG
Institut für Werkstoffwissenschaften
der Universität Stuttgart und
Max-Planck-Institut für Metallforschung
Katharinenstr. 17, D-7070 Schwäbisch Gmünd

CIP- Kurztitelaufnahme der Deutschen Bibliothek

Analytiker-Taschenbuch Band 1
Berlin, Heidelberg, New York: Springer, 1980

ISBN 3-540-09594-2

Springer-Verlag Berlin Heidelberg New York

ISBN 0-387-09594-2

Springer-Verlag New York Heidelberg Berlin

Das Werk ist urheberrechtlich geschützt. Die dadurch begründeten Rechte, insbesondere die der Übersetzung, des Nachdrucks, der Entnahme von Abbildungen, der Funksendung, der Wiedergabe auf photo-mechanischem oder ähnlichem Weg und der Speicherung in Daten-verarbeitungsanlagen bleiben, auch bei nur auszugsweiser Verwertung, vorbehalten.

Bei Vervielfältigung für gewerbliche Zwecke ist gemäß § 54 UrhG eine Vergütung an den Verlag zu zahlen, deren Höhe mit dem Verlag zu vereinbaren ist.

© Springer-Verlag, Berlin/Heidelberg 1980.

Printed in GDR.

Die Wiedergabe von Gebrauchsnamen, Handelsnamen, Warenbezeichnungen usw. in diesem Buch berechtigt auch ohne besondere Kennzeichnung nicht zu der Annahme, daß solche Namen im Sinne der Warenzeichen- und Markenschutz-Gesetzgebung als frei zu betrachten wären und daher von jedermann benutzt werden dürften.

2152/3020-543210

Vorwort

Die Analytische Chemie ist eine angewandte Wissenschaft, die weit über die Chemie, die Biochemie und Lebensmittelchemie hinaus für die Biologie, die klinische Medizin, die Geowissenschaften, die Umweltforschung und auch für die Physik grundlegende Bedeutung erlangt hat. Eine Fülle neuer analytischer Möglichkeiten erwuchs aus dieser Zusammenarbeit; insbesondere der Physik und der Physikalischen Chemie verdankt die Analytik manches neue Verfahren. Die Automatisierung der chemischen Analytik ist in rascher Entwicklung begriffen. Aus dieser Situation erstand die Forderung nach einem aktuellen, handlichen Taschenbuch, das am Arbeitsplatz präzise Informationen über Prinzip und Anwendbarkeit der analytischen Verfahren bietet.

Das periodisch, etwa alle zwei Jahre erscheinende Werk soll der Entwicklung folgend neue und bewährte Methoden beschreiben. Zahlreiche Tabellen und Zusammenstellungen von Konstanten, Maßsystemen usw. machen das Analytiker-Taschenbuch zu einem wertvollen Nachschlagewerk. Das Taschenbuch hat seine Aufgabe erfüllt, wenn es dem analytisch Arbeitenden ein Hilfsmittel am Arbeitsplatz ist, das ihm täglich auftretende Fragen beantwortet bzw. ihm Hinweise gibt, wo er eine Antwort finden kann.

Ein Sachregister erschließt den Inhalt jedes erscheinenden Bandes, es ist vorgesehen, in späteren Bänden auch den Inhalt der vorausgegangenen Bände registermäßig zu erfassen.

Die Herausgeber danken Frau A. Heinrich, Springer-Verlag, für die Koordinierung von Planung und Produktion.

H. Kienitz
R. Bock
W. Fresenius
W. Huber
G. Tölg

Autoren

- Bock, Rudolf**, Prof. Dr., La Tour de Peilz
- Cammann, Karl**, Prof. Dr., Analytische Chemie, Universität Ulm
- Eichelberger, Wolfgang**, Dr., BASF Aktiengesellschaft, WAA/Analytik —
M 325, Ludwigshafen
- Fresenius, Remigius E.**, Dr., Institut-Fresenius, Taunusstein
- Frimmel, Fritz Hartmann**, Dr., Institut für Wasserchemie und Chemische
Balneologie, Technische Universität München
- Gottschalk, Günter Walter**, Prof. Dr., IFAS, Starnberg
- Günzler, Helmut**, Dr., BASF Aktiengesellschaft, WAA/Analytik — M 325,
Ludwigshafen
- Hofmann, Siegfried**, Dr., Max-Planck-Institut für Metallforschung und
Institut für Werkstoffwissenschaften, Universität Stuttgart
- Kaiser, Rudolf E.**, Dr., Institut für Chromatographie, Bad Dürkheim
- Klockenkämper, Reinhold**, Dr., Institut für Spektrochemie und
Angewandte Spektroskopie, Dortmund
- Knapp, Günter**, Dr., Univ.-Doz., Institut für Allgemeine Chemie, Mikro-
und Radiochemie, Technische Universität Graz
- Kraft, Günther**, Prof. Dr., Kronberg
- Kutter, Horst**, Dr., Kommission der Europäischen Gemeinschaften,
Gemeinsame Forschungsstelle Forschungsanstalt Karlsruhe,
Europäisches Institut für Transurane, Karlsruhe
- Leichnitz, K.**, Drägerwerk AG, Lübeck
- Pauly, Hans Erwin**, Dr., Institut für Organ. Chemie, Biochemie und
Isotopenforschung, Universität Stuttgart
- Pfleiderer, Gerhard**, Prof. Dr., Institut für Organ. Chemie, Biochemie und
Isotopenforschung, Universität Stuttgart
- Schweppe, Helmut**, Dr., BASF Aktiengesellschaft, Ludwigshafen
- Snatzke, Fellksa**, Dr., Lehrstuhl für Strukturchemie, Ruhruniversität
Bochum
- Snatzke, Günther**, Prof. Dr., Lehrstuhl für Strukturchemie, Ruhruniversität
Bochum
- Vyudilik, Walter**, Dr., Institut für Gerichtliche Medizin, Universität
Wien
- Wegscheider, Wolfgang**, Dr. Institut für Allgemeine Chemie, Mikro- und
Radiochemie, Technische Universität Graz

Inhaltsverzeichnis

I. Grundlagen

Probenahme an festen Stoffen (<i>G. Kraft</i>)	3
Lösen und Aufschließen (<i>R. Bock</i>)	19
On-line Datenverarbeitung (<i>W. Eichelberger, H. Günzler</i>)	43
Auswertung quantitativer Analysenergebnisse (<i>G. Gottschalk</i>)	63

II. Methoden

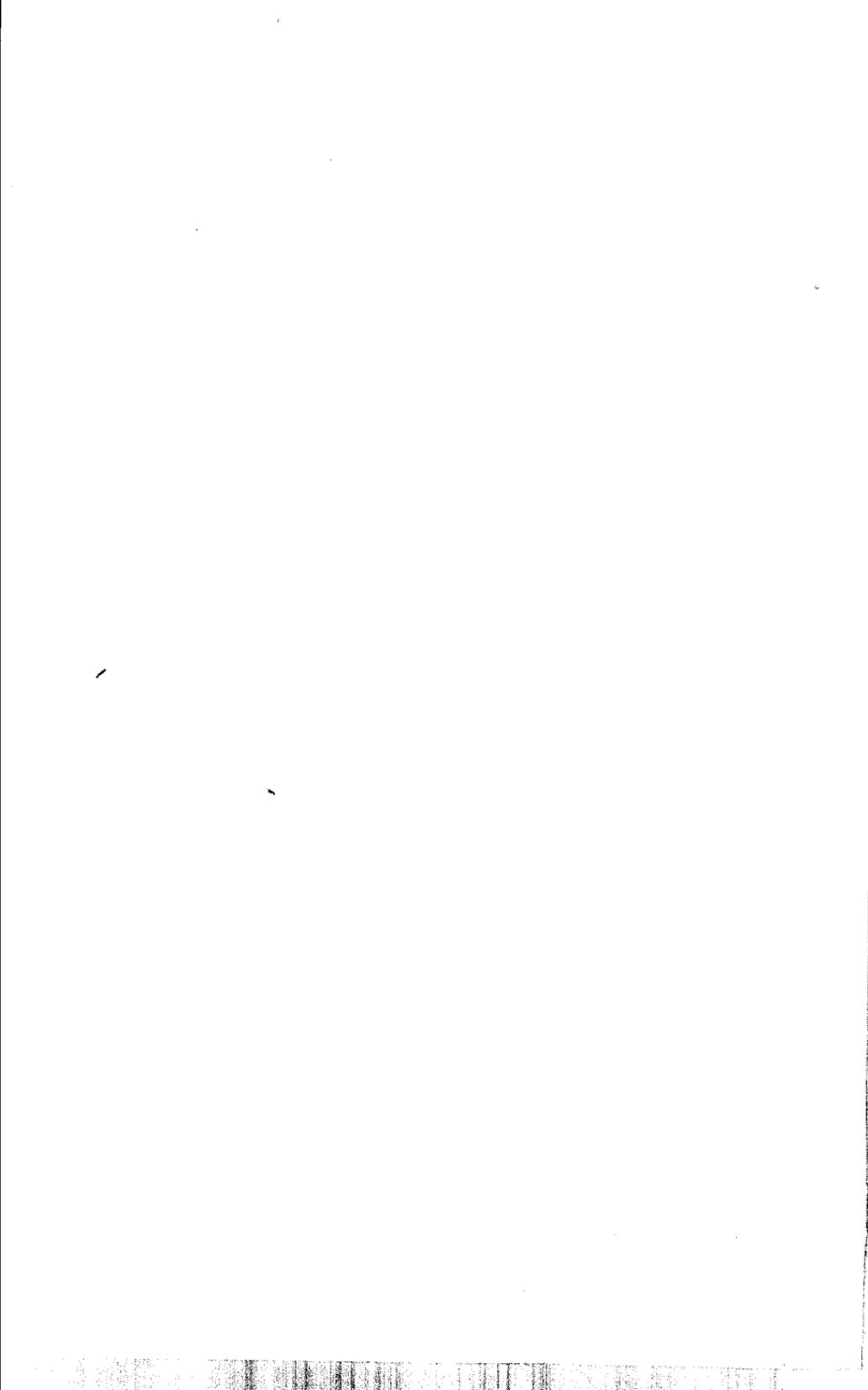
Elektrochemische Analysenverfahren (<i>G. Kraft</i>)	103
Grenzen der Atomabsorptions-Spektroskopie (<i>G. Knapp, W. Wegscheider</i>)	149
Tabellen zur Gas-Chromatographie (<i>R. E. Kaiser</i>)	165
Prüfröhrchen (<i>K. Leichnitz</i>)	205
Chiroptische Methoden (<i>F. Snatzke, G. Snatzke</i>)	217
Fehlerquellen bei ionenselektiven Elektroden (<i>K. Cummann</i>)	245
Röntgenspektralanalyse am Rasterelektronenmikroskop, I. Energiedispersive Spektrometrie (<i>R. Klockenkämper</i>)	269
Methoden der Oberflächenanalyse (<i>S. Hofmann</i>)	287

III. Anwendungen

Anwendungsbereiche der enzymatischen Analyse (<i>G. Pfeleiderer, H. E. Pauly</i>)	317
Mycotoxine, insbesondere Aflatoxine (<i>R. E. Fresenius</i>)	339
Qualitative Untersuchungen von Farbstoffen (<i>H. Schweppe</i>)	353
Nachweis von Rauschgiften und Dopingmitteln im Urin (<i>W. Vycudilik</i>)	381
Quecksilber- und Organoquecksilber-Verbindungen im Wasser (<i>F. H. Frimmel</i>)	391
Analyse von Plutonium (<i>H. Kutter</i>)	403

Sachverzeichnis	427
---------------------------	-----

I. Grundlagen



Probenahme an festen Stoffen

Professor Dr. Günther Kraft
Hans-Thoma-Str. 6, 6242 Kronberg

Aufgabe der Probenahme ist es, einem zu bewertenden Material eine Teilmenge zu entnehmen, die der Gesamtheit hinsichtlich der später zu bestimmenden Größe repräsentativ entspricht.

Unter festen Stoffen sollen sowohl die pulvrigen, körnigen und stückigen als auch die kompakten verstanden werden.

1. Nomenklatur zur Probenahme^[1,4]

1.1. Grundbegriffe

Analysenprobe: ist das Endprodukt der Probenahme und für die anzustellenden Untersuchungen fertig präpariert.

Einzelprobe: ist die Menge Material, die seiner Gesamtmenge bei einem einzigen Probeentnahme-Vorgang entnommen wird.

Endprobe: ist die aus der Summe aller Einzelproben aufgearbeitete Probenmenge, aus der die Analysenprobe entnommen wird.

Probensatz: enthält die bei einer Probenbearbeitung anfallenden, voneinander getrennt zu haltenden Probenanteile (bei Metallschlacken z. B. Metallisches, Feines usw.).

Rohprobe: ist die Summe aller Einzelproben, die gemeinsam weiter aufgearbeitet wird (kann aber auch die für die Entnahme der Einzelproben abgezweigte Teilmenge einer Gesamtmenge bedeuten. Diese Definition ist leider irreführend und sollte nicht bevorzugt werden.).

Zwischenproben: sind die bei der Aufarbeitung der Rohprobe durch „Verjüngen“ anfallenden und weiterzuverarbeitenden Proben.

1.2. Ausführungsformen

Bezeichnungen wie Bohrprobe, Sägeprobe, Schlagprobe, Stecherprobe sprechen für sich selbst.

Probe zur Feuchtigkeitsbestimmung: ist die nach speziellen Richtlinien gezogene Probe zum Zwecke der Feuchtigkeitsbestimmung (bei Erzen oft auch als Nässeprobe bezeichnet).

Schiedsprobe: ist eine von Vertretern des Käufers und Verkäufers gemeinsam gezogene und versiegelte Probe. Bei treuhänderischer Probenahme trägt sie nur das Siegel des beauftragten Probennehmers.

1.3. Probenahmearten

Die Probenahme kann von *Hand* oder *mechanisch* ausgeführt werden, sie kann *kontinuierlich* oder *diskontinuierlich*, *zeit-* oder *massenproportional* erfolgen.

Zeitproportionale Proben können bei Be- oder Entladevorgängen in bestimmten festgelegten Zeitabständen entnommen werden. Bei einem gleichmäßigen Materialfluß führt diese Art der Probenahme zum gleichen Ergebnis wie die massenproportionale, nicht jedoch bei ungleichmäßigem. Wann nach der einen oder der anderen Art verfahren wird, ist oft mehr eine Frage der gegenseitigen Vereinbarung als der technischen Notwendigkeit.

Eine *Band-Probenahme* ist die Entnahme von Proben von einem laufenden oder stehenden Transportband bzw. an der Abwurfstelle eines Bandes oder an der Übergabestelle von einem Band auf ein anderes.

1.4. Sonstige Begriffe

Charge: ist das mit ein und demselben Arbeitsgang erhaltene Material, sei es eine Mischung von Vorprodukten oder das daraus erhaltene Endprodukt.

Liefermenge: ist die zu einem bestimmten Zeitpunkt oder in einem festgelegten Zeitraum abgelieferte bzw. abzuliefernde Materialmenge.

Los: ist diejenige Materialmenge, von der eine Analysenprobe zur Bestimmung von Güteigenschaften hergestellt wird. Die Einteilung in Lose richtet sich nach dem Wert des Materials, häufig auch nach probenahmetechnischen Notwendigkeiten.

Teillos: Lose werden zuweilen aus arbeitstechnischen Gründen nochmals in Teillos unterteilt. Die von ihnen entnommenen Teilproben werden normalerweise zu einer Sammelprobe vereinigt, aus der dann die Analysenprobe für das Los gewonnen wird.

Partie: Lieferungen werden häufig nach kaufmännischen Gesichtspunkten nach Partien unterteilt, die dann mehr den Charakter von Abrechnungseinheiten haben.

Die Begriffe Liefermenge, Los, Teillos und Partie werden zur Ein- bzw. Aufteilung und Kennzeichnung bestimmter Materialmengen verwendet. Liefermenge, Los und Partie sind einander nebengeordnete, nicht über- oder untergeordnete Begriffe. Eine Liefermenge kann sowohl mehrere Partien als auch viele Lose umfassen, ebenso aber auch Teil einer Partie oder eines Loses sein. Eine Partie wiederum kann Teil einer Lieferung bzw. eines Loses sein oder aber aus mehreren Lieferungen bzw. Losen bestehen. Ein Los schließlich kann Teil einer Lieferung bzw. Partie sein oder aber auch aus mehreren Lieferungen bzw. Partien gebildet werden.

2. Theoretische Gesichtspunkte^[1]

Die Probenahme war früher eine ausschließlich empirische Arbeitsweise, deren Erfolg entscheidend von der Erfahrung und Sorgfalt des Probennehmers abhing. Mit Hilfe statistischer Überlegungen kann hier Abhilfe geschaffen und eine mathematisch fundierte Grundlage gefunden werden.

Die entscheidenden Fragen bei jeder Probenahme sind einmal die nach der insgesamt zu entnehmenden Materialmenge und zum anderen die, in wieviel Teilmengen dies zu erfolgen hat. Je nach Materialart — grob/fein, homogen/heterogen, feucht/trocken — werden hierfür die unterschiedlichsten Antworten zu geben sein.

2.1. Benötigte Zahl an Einzelproben

Allgemein gültig für alle zu probenden Stoffe ist die Formel:

$$N = \left(\frac{t \cdot s}{\pm U} \right)^2$$

N = zu entnehmende Anzahl Einzelproben.

t = Student-Faktor, für eine statistische Sicherheit von 95% etwa = 2 (Faktor der statistischen t -Verteilung, Tabellenwerten zu entnehmen).

s = Standardabweichung zwischen den Einzelproben hinsichtlich der zu bestimmenden Komponente. In einer Voruntersuchung an mindestens 20 getrennt aufzubereitenden Einzelproben zu ermitteln, wobei in gleicher Weise, mit gleichen Entnahmegewichten und Entnahmemengen vorzugehen ist wie bei der späteren Haupt-Probenahme.

$\pm U$ = Genauigkeit, mit der die gesuchte Komponente, bezogen auf das Gesamtmaterial, bestimmt werden soll (also: Genauigkeit der Probenahme + Genauigkeit der analytischen Bestimmung, die meist jedoch erheblich größer ist als jene).

Hieraus folgt z. B., daß für die genaue ($U = \pm 0,05\%$) Probenahme eines Stoffes, deren Wertkomponente in den vorab entnommenen und untersuchten 24 Einzelproben nur mit einer Standardabweichung von $s = 0,27\%$ bestimmt werden konnte, eine Gesamtzahl von etwa 118 Einzelproben erforderlich ist.

2.2. Gewicht der Einzelproben

Die Größe der erforderlichen Einzelproben und damit das Gesamtgewicht einer Probe ist insbes. für feste Stoffe sehr wesentlich. Sie wird in erster Linie durch die Korngröße des Materials und seine Homogenität bestimmt. Eine allgemein gültige Aussage kann bis heute nicht gemacht werden.

Für Erze weitgehend akzeptiert — und im gewissen Umfang auch als ohne weiteres auf andere Haufwerke wie Steine/Erden, Salze, Getreide u. ä. übertragbar angesehen — ist das Nomogramm von Taggart, das deutlich macht, wie stark die Abhängigkeit der benötigten Gesamtprobemenge von den beiden genannten Parametern ist (Abb. 1). Benötigt werden somit z. B. die in Tabelle 1 angegebenen Werte.

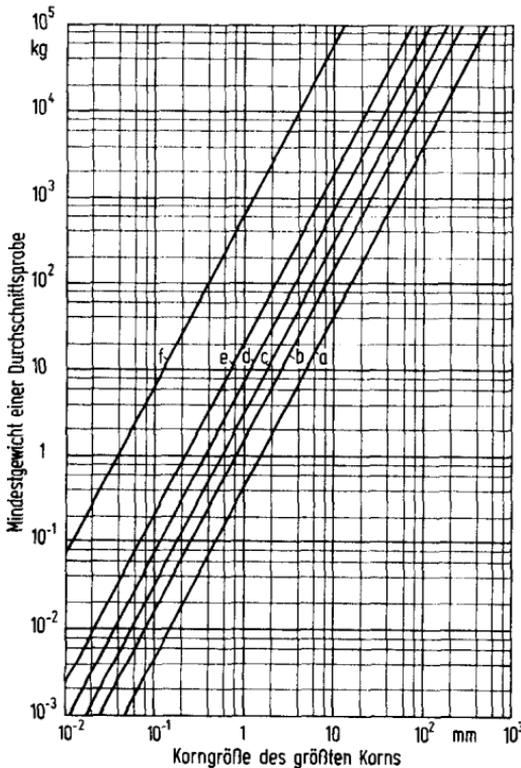


Abb. 1. Abhängigkeit der Probemenge von Korngröße und Erzcharakter. Nach Taggart, Handbook of Mineral Dressing, und Richards, Ore dressing, New York. *a* Erze mit sehr geringen Gehalten oder mit sehr gleichmäßig verteilten Metallgehalten; *b* Erze mit geringen Gehalten oder mit gleichmäßig verteilten Metallgehalten; *c* und *d* Erze mittlerer Gehalte und normaler Metallverteilung; *e* reiche Erze oder mit ungleichmäßig verteilten Metallgehalten; *f* sehr reiche Erze oder mit sehr ungleichmäßig verteilten Metallgehalten

Tabelle 1.

	0,1 mm	1,0 mm	10 mm
	%	%	% ^a
für sehr heterogenes Material	0,007	0,7	70
für sehr homogenes Material	$5 \cdot 10^{-6}$	$5 \cdot 10^{-4}$	0,05

^a % = % der Gesamtmenge

2.3. Theoretische Ansätze für Fe-Erz-Probenahme

Für den speziellen Fall der Fe-Erze ist in der ISO-Norm 3081 [3] die folgende Abhängigkeit des Gewichts der Einzelprobe von der Korngröße festgelegt, wobei der Variationskoeffizient des Gewichts der einzelnen Proben < 20% sein soll (s. Tabelle 2).

Tabelle 2.

Maximale Korngröße mm		Mindestgew. d. Einzelprobe kg
über	bis einschl.	
150	250	40
100	150	20
50	100	12
20	50	4
10	20	0,8
	10	0,3

Die Zahl der Einzelproben wird abhängig gemacht von der Gleichmäßigkeit des Gesamtmaterials hinsichtlich des Fe- und Nässe-Gehaltes bzw. der Korngröße. Das Material wird nach den in Tabelle 3 aufgeführten Gesichtspunkten eingeteilt.

Tabelle 3.

Qualitäts- schwankungen	Standardabweichungen s bei		
	Eisengehalt	Nässegehalt	Kornfraktion < 10 μ m
	%	%	%
groß	$\geq 2,0$	$\geq 2,0$	≥ 20
mittel	2,0 - 1,5	2,0 - 1,5	20 - 15
klein	< 1,5	< 1,5	< 15

Daraus und aus der Menge des zu beprobenden Materials (z. B. Lieferung) ergibt sich die Mindestanzahl der erforderlichen Einzelproben n , womit dann auch die genannten probenahmebedingten Standardabweichungen $\beta_s = \frac{2s}{\sqrt{n}}$ für die Gehalte an Fe und Nässe sowie die Kornfraktion < 10 mm erreicht werden (s. Tabelle 4).

2.4. Teilungsfehler

Die entnommenen Einzelproben werden zu einer Gesamtprobe vereinigt, die für eine unmittelbare Untersuchung naturgemäß zu groß ist. Sie muß in der weiteren Probenvorbereitung durch Mahlen, Sieben, evtl. auch Trocknen stufenweise „verjüngt“ werden. Auch diese Teilungsoperationen sind zwangsläufig mit Unsicherheiten verbunden, den sog. Teilungsfehlern. Mit Hilfe einer „Varianzanalyse“ kann jeder dieser Fehler für die einzelnen Teilungsschritte – in „Blöcke“, „Haufen“, „Teile“ im nachstehenden Schema – und auch der für die Unsicherheit der eigentlichen analytischen Bestimmung der interessierenden Größe ermittelt werden, beispielsweise nach Bild 2.

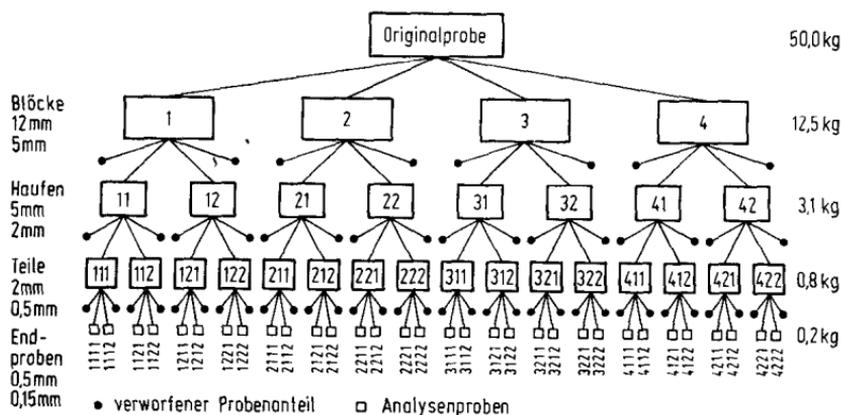


Abb. 2. Rechenschema zur Ermittlung des Teilungsfehlers

Werden alle angekreuzten Analyseproben untersucht und die Resultate einer Varianzanalyse unterworfen, so ergeben sich für die Fehler der Teilungsschritte die folgenden Standardabweichungen:

$$s^2 = s_{B1}^2 + s_H^2 + s_T^2 + s_{Pr}^2 + s_E^2 + s_A^2,$$

s = Gesamtstandardabweichung

s_{B1} = Fehler, der durch Aufteilung der Originalprobe in Blöcke entsteht

s_H = Fehler bei der Aufteilung der Blöcke in Haufen

Tabelle 4.

Lieferung in t		Qualitätsschwankung												
		groß				mittel				klein				
über	bis einschließlich	β_s [%]		Kornfraktion < 10 mm	β_s [%]		Kornfraktion < 10 mm	β_s [%]		Kornfraktion < 10 mm	β_s [%]		Kornfraktion < 10 mm	
		Eisen-gehalt	Näse-gehalt		Eisen-gehalt	Näse-gehalt		Eisen-gehalt	Näse-gehalt		Eisen-gehalt	Näse-gehalt		
		n			n			n			n			
100000	150000	200	0,35	0,35	3,5	0,35	0,35	3,5	0,35	0,35	50	0,35	0,35	3,5
70000	100000	180	0,37	0,37	3,7	0,37	0,37	3,7	0,37	0,37	45	0,37	0,37	3,7
45000	70000	160	0,39	0,39	3,9	0,39	0,39	3,9	0,39	0,39	40	0,39	0,39	3,9
30000	45000	140	0,42	0,42	4,2	0,42	0,42	4,2	0,42	0,42	35	0,42	0,42	4,2
15000	30000	120	0,45	0,45	4,5	0,45	0,45	4,5	0,45	0,45	30	0,45	0,45	4,5
5000	15000	100	0,50	0,50	5,0	0,50	0,50	5,0	0,50	0,50	25	0,50	0,50	5,0
2000	5000	80	0,56	0,56	5,6	0,56	0,56	5,6	0,56	0,56	20	0,56	0,56	5,6
1000	2000	60	0,65	0,65	6,5	0,65	0,65	6,5	0,65	0,65	15	0,65	0,65	6,5
500	1000	40	0,79	0,79	7,9	0,79	0,79	7,9	0,79	0,79	10	0,79	0,79	7,9
	500	30	0,91	0,91	9,1	0,91	0,91	9,1	0,91	0,91	8	0,88	0,88	8,8

s_T = Fehler bei der Aufteilung der Haufen in Teile

s_{Pr} = Fehler bei der Aufteilung der Teile in Endproben

s_E = Fehler bei der Entnahme der Analysenmenge aus der Endprobe

s_A = reiner Analysenfehler

Ein sehr eindrucksvolles Beispiel ist in [1] durchgerechnet. Ähnliche Berechnungen enthalten die ISO-Normen 3085 und 3086 für Fe-Erze.

Eine Probenahme kann nur dann als alle Anforderungen erfüllend beurteilt werden, wenn ihr Gesamtfehler kleiner als der eigentliche Analysenfehler ist. Da allgemein gültige Prognosen nicht gemacht werden können, müssen letztendlich für jedes Material erst in einer — leider relativ aufwendigen — Voruntersuchung die Verhältnisse geklärt werden. Die Einhaltung statistischer Regeln ist dabei eine unabdingbare — aber auch kostensparende — Voraussetzung [2].

3. Praxis der Probenahme

3.1. Probenahme an pulvrigen, gekörnten und stückigen Materialien (Haufwerken)

3.1.1. Art der Probenentnahme

Die Probenahme an Haufwerken sollte, wenn immer möglich, aus einem fließenden Materialstrom erfolgen und nur in Sonderfällen am ruhenden Material. Sonderfälle sind sehr feinkörnige und homogene Produkte. An ihnen kann die Probe vorzugsweise mit im Material sich öffnenden und wieder verschließbaren Probetechern entnommen werden. Bei offenen Probetechern besteht die Gefahr, daß sie das Material der Einstichstelle bevorzugt erfassen.

Die Probenahme aus dem fließenden Strom kann manuell oder maschinell erfolgen. Sind große Materialmengen zu proben, empfiehlt sich eine automatisierte Ausführungsform. Am einfachsten gestaltet sich die Probeentnahme bei der Übergabe des Materialstromes von einem Transportband auf ein anderes. Sie kann aber auch in der Weise ausgeführt werden, daß ein Entnahmegerät — am besten quer — durch das Gut auf dem Band geführt wird, wobei darauf zu achten ist, daß das Material bis auf den Grund des Bandes erfaßt und das Band selbst in Länge und Breite stets möglichst gleichmäßig beaufschlagt wird. Wie immer verfahren wird, stets ist zu bedenken, daß Haufwerke nur selten ein homogenes Material darstellen und somit nach der Dichte, der Korngröße, manchmal sogar auch nach der Kornform separieren können.

Beispiele für manuelle Entnahmegräte zeigt Abb. 3, eines für eine automatische Probeentnahme Abb. 4.

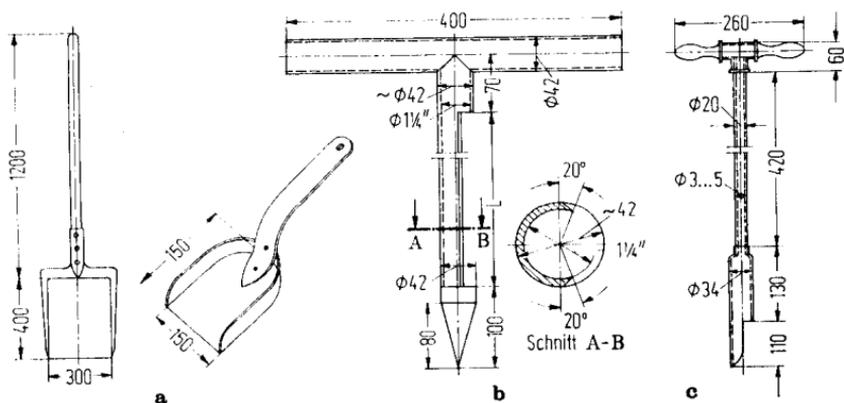


Abb. 3. Geräte für manuelle Probenahme. a Schaufeln; b Probenstecher; c Probenstecher für pulverisiertes Material

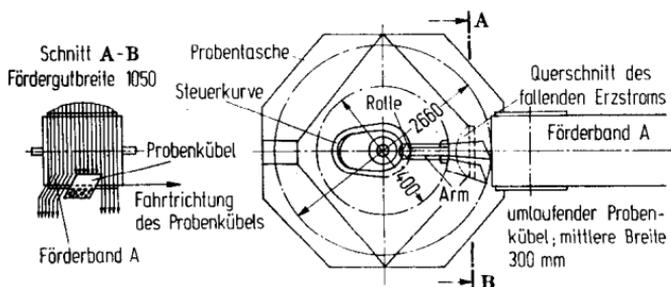
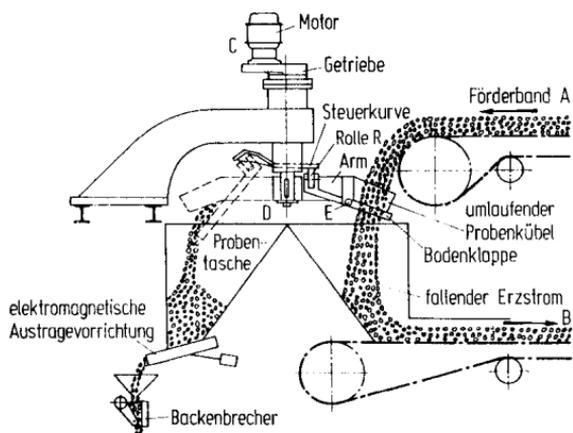


Abb. 4. Automatischer Rotationsprobenehmer