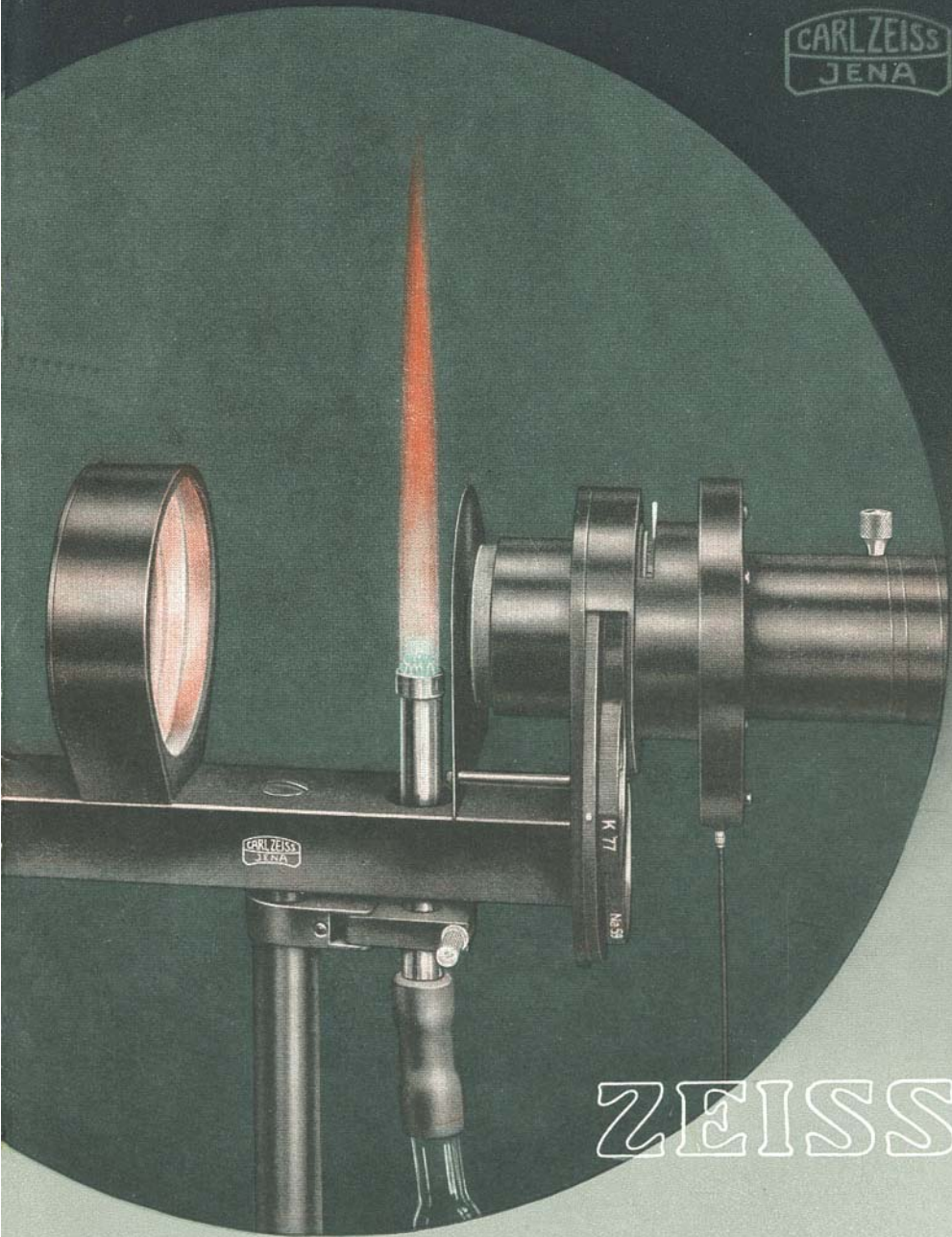


CARL ZEISS
JENA



ZEISS

FLAMMENPHOTOMETER

Die Bilder sind nicht in allen Einzelheiten für die Ausführung der Geräte maßgebend. Für wissenschaftliche Veröffentlichungen stellen wir Druckstöcke der Bilder oder Verkleinerungen davon — soweit sie vorhanden sind — gern zur Verfügung. Die Wiedergabe von Bildern oder Text ohne unsere Zustimmung ist nicht gestattet. Das Recht der Übersetzung ist vorbehalten.

V E B C A R L Z E I S S J E N A

Drahtwort: Zeisswerk Jena

Fernsprecher 3541

Die Flamme als Lichtquelle

für exakte quantitative spektralanalytische Untersuchungen wurde zum ersten Mal von H. Lundegårdh¹⁾ angewendet. Mit einem Spektrographen erzeugte er ein Flammenspektrum auf einer Photoplatte und wertete die Intensität der für das gesuchte Element geeigneten Spektrallinie nach dem bei quantitativen Untersuchungen üblichen Verfahren mit einem Photometer aus. Eine wesentliche Vereinfachung dieser Methode für die Untersuchung eines Elementes gelang W. Schuhknecht²⁾ dadurch, daß er aus der Flamme nur eine eng beieinanderliegende Liniengruppe, die roten Kaliumlinien = 7665/7699 Å, mit Hilfe eines selektiven Farbfilters aussonderte und dieses Licht auf eine Photozelle leitete. Der Photostrom wurde mit einem Galvanometer gemessen und aus einer Eichkurve die gesuchte Konzentration entnommen. Der Unterschied der beiden Methoden besteht darin, daß Lundegårdh ein umfangreiches, kostspieliges Gerät benutzt, das nur von einem erfahrenen Wissenschaftler mit Erfolg angewendet werden kann, während ein nach dem Schuhknechtschen Prinzip arbeitendes Gerät sich nach kurzer Einarbeitungszeit von jedermann bedienen läßt. Dabei erhält man das Endergebnis zuverlässig und ohne den Umweg über die photographische Platte wesentlich schneller. Die Anzeige eines Galvanometers ergibt mit Hilfe einer Eich-tabelle oder -kurve die zu bestimmende Konzentration. Nach dem von Schuhknecht angegebenen Verfahren wurde das „Kalium- und Phosphorsäuremeßgerät nach Schuhknecht-Waibel“ hergestellt, dessen Nachfolger unser

Flammenphotometer Modell III

in seiner heutigen Form ist.

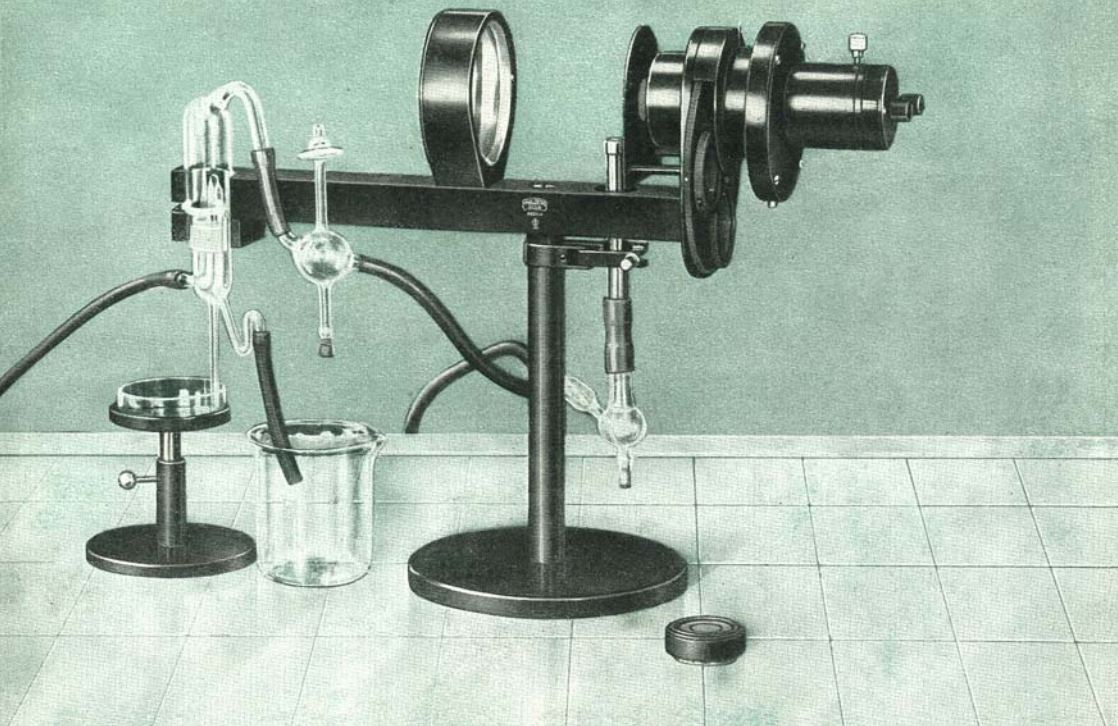
Durch die zusätzliche Ausrüstung mit Absorptions- und Interferenzfiltern ist der Anwendungsbereich gegenüber dem früheren Schuhknecht-Waibel-Gerät erweitert worden, so daß es jetzt möglich ist, Konzentrationsbestimmungen von Kalium, Kalzium, Natrium, Lithium und anderen Elementen durchzuführen.

Anwendungen des Flammenphotometers in

landwirtschaftlichen Versuchsstationen
agrikulturchemischen Hochschulinstituten
der Düngemittel- und chemischen Industrie
der keramischen und Glasindustrie
medizinischen Kliniken und Instituten

¹⁾ Lundegårdh, H.: Die quantitative Spektralanalyse der Elemente. Jena: Fischer 1929

²⁾ Schuhknecht, W.: Spektralanalytische Bestimmung von Kalium. Angew.Chem. **50** (1937) S. 299



Maßstab etwa 1:5

Bild 1. Flammenphotometer Modell III

Daß diese Schnellmethode allgemein an Bedeutung gewinnt, findet seinen Ausdruck in der steigenden Anzahl von Berichten in Fachzeitschriften. Einzelheiten bitten wir dem Schriftumsverzeichnis auf S. 13 und 14 zu entnehmen.

Beschreibung der Methode

Direktes Verfahren

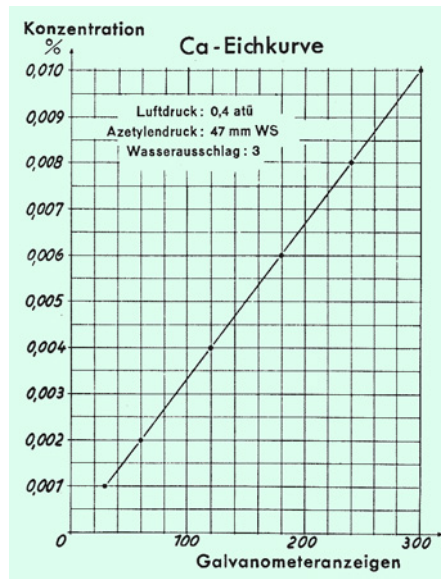
Die zu untersuchende Substanz muß in gelöster Form vorliegen. Die Flüssigkeit wird in einem Glaszerstäuber mit Preßluft fein zerstäubt und das entstehende Gemisch einem Spezialbrenner zugeführt, der mit Acetylen, Leuchtgas oder einem anderen geeigneten Heizgas¹⁾ gespeist wird. Die normalerweise nahezu farblos erscheinende Flamme nimmt beim Hinzutreten des Flüssigkeitsnebels augenblicklich eine für das in der Lösung enthaltene Metall-Ion charakteristische Färbung an. Diese Erscheinung wurde in chemischen Laboratorien schon immer, oft unter Zuhilfenahme eines Spektroskops, zu qualitativen Bestimmungen ausgenutzt. Die im Flammenphotometer getroffene Anordnung ermöglicht jedoch, quantitative Messungen durchzuführen. Vom Licht der Flamme wird durch ein geeignetes Filter nur das Licht einiger weniger, eng benachbarter Spektrallinien durchgelassen. Die Intensität des

¹⁾ Propan z.B. verhält sich in bezug auf Empfindlichkeit ähnlich wie Leuchtgas.

auf diese Weise erhaltenen Lichtes ist von der Konzentration der zerstäubten Lösung abhängig. Das Licht wird einer Photozelle zur Erzeugung eines elektrischen Stromes zugeführt, dessen Stärke von der Leuchtkraft der Flamme abhängt. Im Galvanometer bewirkt der Photostrom einen Ausschlag, der an einer tausendteiligen Skale abgelesen wird.

Internal-Standard-Verfahren

Nachdem Berry, Chappel und Barnes darauf hingewiesen haben, daß man mit dem von ihnen als „Internal Standard“ bezeichneten Verfahren in der Lage ist, Fehler, die von Druckschwankungen, Viskositätsänderungen u.dgl. herühren, besser zu eliminieren, sind immer wieder Hinweise in Veröffentlichungen zu finden, wonach Messungen nach diesem Verfahren bei Natrium- und Kaliumbestimmungen durchzuführen seien. Mit dem Zeiss-Flammenphotometer Modell III lassen sich infolge der Schnellwechsellvorrichtung der Filter ohne großen apparativen Aufwand ebenfalls Messungen nach dem Internal-Standard-Verfahren durchführen, indem man einen bestimmten, festen Anteil des Lithiumstandards zu Proben und Eichlösungen in gleicher Weise zugibt. Bei einer Natriumbestimmung z.B. wird dann der Quotient aus den Ausschlägen der Eichlösung für das Natrium- und Lithiumfilter in Abhängigkeit von der Konzentration aufgetragen. Die Gleichzeitigmessung der großen und teuren Geräte wird dabei nur in zwei zeitlich unmittelbar aufeinanderfolgende Messungen aufgespalten. Einen Meßfehler begeht man dadurch nicht, da Änderungen der Viskosität oder zeitlich veränderliche Zusammensetzungen der Proben bzw. der Eichlösungen zwischen den beiden Messungen nicht zu erwarten sind. Druckunterschiede können infolge der Anwendung von Zweistufen-Spezialdruckminderern und der genauen Anzeigergeräte ebenfalls nicht eintreten. Der Zusammenhang zwischen Konzentration und Galvanometerausschlag wird durch Messungen an Lösungen bekannten Gehaltes in Eichkurven und -tabellen ermittelt, die sich jeder Benutzer für seine speziellen Zwecke anlegen muß. Die Flammenphotometrie ist also eine ausgesprochen **relative Methode**.



320 090a

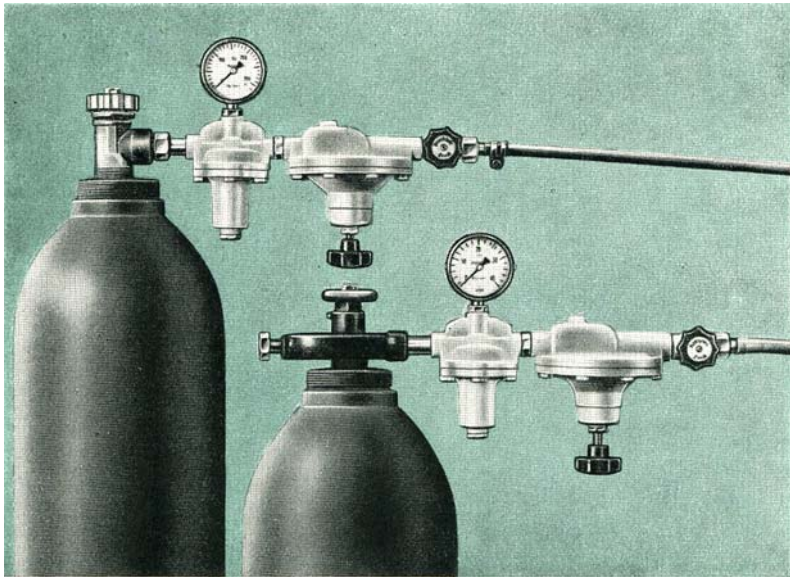
Bild 2. Eichkurve für Kalzium (direktes Verfahren)

Vorteile der Methode

Die Schnelligkeit der flammenphotometrischen Methode ist ein großer Vorteil gegenüber den sonst üblichen chemischen Bestimmungen. Zur Ermittlung des Ergebnisses wird nur kurze Zeit benötigt, lediglich 2 bis 3 Minuten entfallen auf die eigentliche Messung, während die übrige Zeit für Vorbereitungsarbeiten, wie Zerkleinern, Trocknen und Aufschließen der Probe, benutzt wird. Bei gründlicher Vorarbeit läßt sich die Gesamtzeit noch wesentlich verkürzen.

Die Meßunsicherheit entspricht derjenigen der chemischen Analysen. Nach Veröffentlichungen sind Konzentrationen von 1 mg/l für die Alkalien mit einer Meßunsicherheit von 2 bis 3% noch meßbar, Mengen unter 1 mg/l können noch nachgewiesen werden.

Der geringe Substanzverbrauch ist besonders für den Mediziner wichtig. Da die Lösung in 10- bis 100facher Verdünnung dem Zerstäuber zugeführt wird, kommt man z. B. bei biologischen Flüssigkeiten mit 0,1 cm³ Ausgangssubstanz aus. Die Flammenphotometrie ergänzt also im Bereich der geringen Konzentrationen wirksam die Arbeit des chemischen Analytikers.



Maßstab etwa 1: 9

320 344/aT

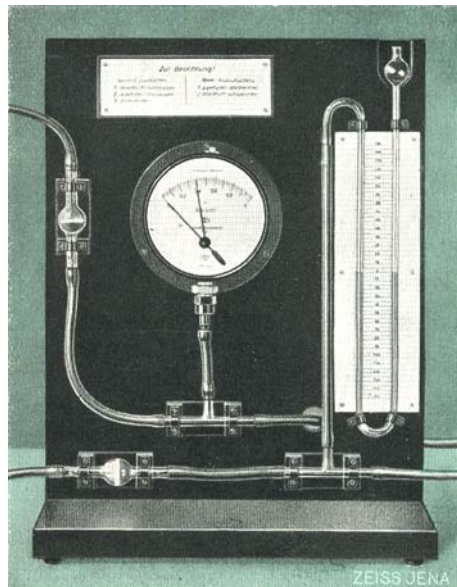
Bild 3. Anschluß der Druckminderer für Preßluft und Azetylen

Beschreibung der einzelnen Ausrüstungsteile

Um ein einwandfreies Meßergebnis zu erzielen, ist es notwendig, die Anregungsbedingungen der Flamme konstant zu halten, damit die Konzentration der Lösung als einziger veränderlicher Faktor besonders wirksam erscheint. Ein konstantes und genau regulierbares Druckverhältnis von Preßluft und Gas ist unbedingt erforderlich. Dieser Forderung entsprechen die **zweistufigen Spezialdruckminderer**. In der ersten Vorstufe wird der jeweilige Flaschendruck auf einen nahezu konstant bleibenden, geringen Druck reduziert, in der zweiten, sehr genau einstellbaren Niederdruckstufe auf den gewünschten Arbeitsdruck eingestellt. Mit der Kombination dieser beiden Reduktionsstufen zu einem zweistufigen Reduzierventil wird erreicht, daß der einmal eingestellte Druck unverändert erhalten bleibt. Der Preßluftverbrauch beträgt je nach Einstellung etwa 5 l/min, der Azetylenverbrauch etwa 0,5 l/min. Die Druckminderer haben Anschlüsse für handelsübliche Preßluft- bzw. Azetylenflaschen.

Wo eine Kompressoranlage genügender Förderung zur Verfügung steht, kann man auch dieser die Preßluft entnehmen und ist damit der Unbequemlichkeit eines Flaschenwechsels entzogen.

Das Manometerbrett (Bild 4) trägt ein Feinmanometer für Preßluft sowie einen Wasser-Feindruckmesser für Azetylen. Das Ablesen des Druckes am Manometerbrett und die Bedienung des Reduzierventils können bei zweckmäßiger Anordnung bequem vom Arbeitsplatz aus erfolgen. In die Leitung eingeschaltete Sinterfilter fangen Verunreinigungen der Gase ab, außerdem tragen sie wesentlich zur Beruhigung der Luft- und Gasströme bei.



Maßstab etwa 1: 9

320 504/aT

Bild 4. Manometerbrett



Der Zerstäuber ist ein wichtiger Bestandteil des Gerätes. Er soll die Untersuchungssubstanz in möglichst kleine Partikeln zerstäuben, daß deren gute Überführung bis zur Flamme gewährleistet wird und damit hohe Galvanometerausschläge zu erreichen sind. Dabei darf er keine korrosionsfähigen Teile enthalten und muß leicht zu reinigen sein. Diese Forderungen sind bei unserem Zerstäuber erfüllt. Die flüssige Probensubstanz wird infolge des Sogs, der hinter der Preßluftdüse (1 Bild 5) entsteht, durch die Flüssigkeitsdüse (2) angesaugt. Die im Luftstrom liegende kleine Glaskugel wirkt als Prallfläche und zerreißt die durch den reinen Zerstäubervorgang bereits entstandenen Flüssigkeitströpfchen zu noch kleineren Partikeln, so daß eine Erhöhung der Lichtintensität erreicht wird. Die noch im Nebelstrom vorhandenen größeren Tröpfchen werden im Kugelgefäß (4) kondensiert, also gelangt nur noch ein feiner, gleichmäßig dispergierter Nebel in die Flamme. Das zu ihrer Speisung notwendige Heizgas (Azetylen, Leuchtgas, Propan u. dgl.) tritt im Mischgefäß (12) hinzu. In der Flamme kommt dann die in der Lösung enthaltene Substanz in der oben dargelegten Weise zur Wirksamkeit.

Sämtliche Einzelteile des Zerstäubers bestehen aus Glas und können daher leicht auf Sauberkeit geprüft werden. Sie sind infolge ihrer praktischen Halterung leicht auseinander zu nehmen und lassen sich jederzeit schnell reinigen. Insbesondere die Düse ist für die Reinigung leicht zugänglich. Um die Anwendungsmöglichkeiten des Zerstäubers zu erhöhen, werden Düsen mit verschiedenem Querschnitt geliefert. Die offene Bauweise ermöglicht, den Zerstäubungsvorgang dauernd zu beobachten; etwaige Störungen lassen sich bequem und schnell beseitigen. Die Probe wird in eine Petrischale unter das Ansaugrohr des Zerstäubers gestellt. Durch die Benutzung von Petrischalen wird der Einfluß des Niveauunterschiedes, den die je Zeiteinheit zerstäubte Flüssigkeitsmenge bedingt, möglichst klein gehalten. Ein Probenstisch, der die Petrischale immer in die gleiche Höhe zum Zerstäuber bringt, sorgt für eine konstante Eintauchtiefe.

Der Brenner (13) steht über das Misch- (12) und das Kugelgefäß (4) mit dem Zerstäuber in Verbindung. Da es möglich ist, den Brenner in Höhe leicht zu verstellen, kann der günstigste Flammenbereich in den Strahlengang gebracht werden. Die Düse im Brennerkopf bewirkt eine große Konstanz der Flamme und damit des Galvanometerausschlags. Das Material des Brennerkopfes ist so gewählt, daß trotz der hohen Temperaturen keine Korrosion des Materials und keine Färbung der Flamme auftritt.

Der optische Teil besteht aus dem Hohlspiegel (5), dem Spezialkondensator (6) mit Irisblende (7) und Verschluss (10), dem Selen-Photoelement (9) und der Mattscheibe (8).

Der Hohlspiegel fängt das rückwärts ausgestrahlte Licht der Flamme auf und leitet es durch diese hindurch ebenfalls dem Selen-Photoelement zu. Der Spezialkondensator, dessen Linsen mit reflexminderndem T-Belag (Zeiss-T-Optik) versehen sind, bewirkt eine möglichst hohe Lichtausbeute. In die Filterscheibe (11) können jeweils vier Filter eingesetzt und durch Drehen hintereinander benutzt werden.

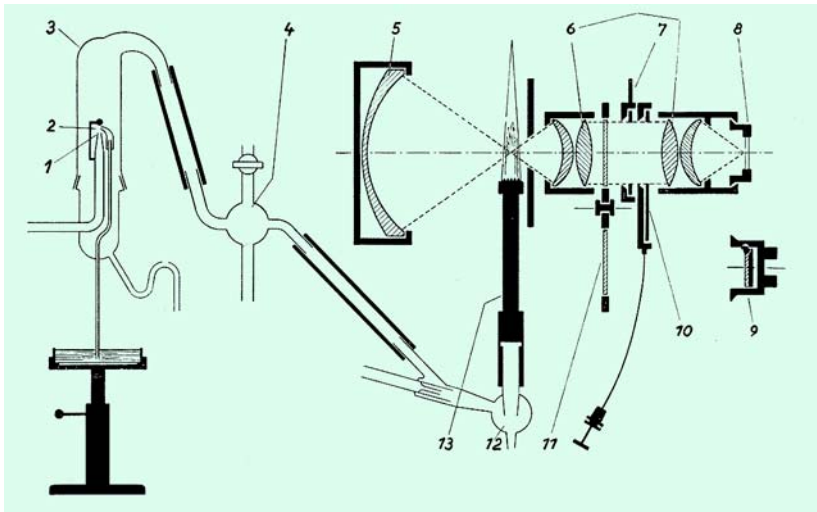


Bild 5. Schema des Flammenphotometers

320 278

Mit der Irisblende wird die Helligkeit so weit vermindert, daß der Galvanometerausschlag im günstigsten Meßbereich liegt. Das Selen-Photoelement kann nach Lösen einer Klemmschraube ohne weiteres gegen die Mattscheibe oder gegen eine andere Photozelle ausgetauscht werden. Die Mattscheibe dient zur richtigen Justierung des Flammenbildes und erleichtert die Einstellung des günstigsten Flammenbereichs.

Das Filter soll eine möglichst große Durchlässigkeit für das Licht haben, das von der Probe ausgesandt wird; für das Licht anderer Substanzen (sog. Stör- oder Fremdelemente), die die Probe enthält, soll es dagegen undurchlässig sein, damit keine Fehlmessungen zustande kommen. Ein Filter wird erst dann diesen Forderungen gerecht, wenn die Linie, die der Probe zukommt, mit dem Filterschwerpunkt λ_{\max} (Bild 6) zusammenfällt und das Filter an dieser Stelle eine sehr hohe Durchlässigkeit D_{\max} aufweist. Gegen Fremdelemente ist das Filter dann besonders wirksam, wenn die Durchlässigkeit beiderseits des Filterschwerpunktes λ_{\max} rasch absinkt.

Es ist üblich, als Maß für die Selektivität eines Filters die Halbwertbreite anzugeben. Hierunter versteht man den Bereich in $m\mu$ oder in einer der üblichen Wellenlängenmaßzahlen, in welchem die Durchlässigkeit D_{max} auf ihren halben Wert absinkt. Je kleiner also die Halbwertbreite ist, um so **selektiver** ist ein Filter. Maximale Durchlässigkeit und Halbwertbreite sind aber zwei Filtereigenschaften, die sich nicht unabhängig voneinander willkürlich verändern lassen. Je nach der vorliegenden Aufgabe wird man daher das Hauptaugenmerk einmal mehr auf geeignete Durchlässigkeit im Filterschwerpunkt, das andere Mal mehr auf die Selektivität richten müssen. Das richtige Filter in Verbindung mit der richtigen Photozelle ist ein wesentlicher Faktor für den Erfolg.

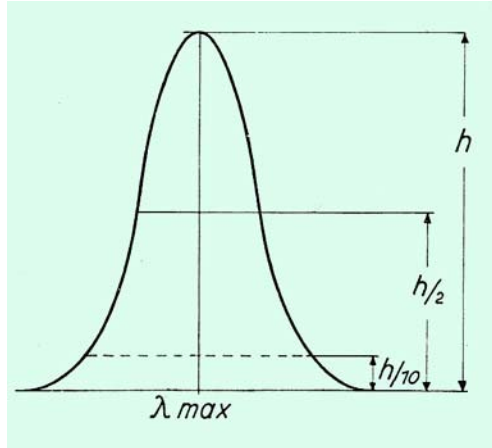


Bild 6. Filterkurve

320341/aT

Bisher stehen erprobte Filter für die Alkalien Natrium, Kalium, Kalzium und Lithium zur Verfügung. Diese Reihe wird erweitert durch Interferenzfilter für jede Wellenlänge des für die Flammenphotometrie in Frage kommenden Gebietes. So sind zu besonderen Zwecken bereits Interferenzfilter für Sr, Ba, Rb, Cu, Tl und Mg benutzt worden; auf Anfrage erteilen wir gern nähere Auskunft. Wir liefern sowohl Farbglasfilter als auch Schottsche Interferenzfilter, die entsprechend der vorliegenden Aufgabe auszuwählen sind. Jeder Benutzer kann außerdem den Anwendungsbereich seines Gerätes durch Sonderanfertigungen von Interferenzfiltern wesentlich erweitern. Hierzu bedarf es aber gründlicher Erfahrungen mit der Flammenphotometrie. In diesem Zusammenhang sei hingewiesen auf folgenden Aufsatz von Knickmann, E.: Aus der Praxis der Flammenphotometrie. Z. Pflanzenernähr., Düng., Bodenkde. **54** (99) (1951) H. 2, S. 117-124.

Die Zelle, deren richtige Wahl — wie bereits erwähnt — ebenso wichtig wie die des Filters ist, soll über einen möglichst großen Wellenlängenbereich empfindlich und konstant sein. Der Unterschied zwischen der Empfindlichkeit eines Selen-Photoelementes und der des menschlichen Auges ist aus Bild 7 zu erkennen. Die stark ausgezogene Kurve stellt

die spektrale Augenempfindlichkeit mit dem Maximum bei 5500 Å dar; die gestrichelte Kurve gilt für das Selen-Photoelement. Man erkennt, daß das Maximum annähernd an derselben Stelle liegt, dagegen erfolgt der Abfall nach dem blauen Teil des Spektrums langsamer. Man erkennt weiter, daß eine Cäsiumzelle im mittleren Spektralgebiet wenig empfindlich ist, dafür liegt ihr Maximum bei 8000 Å. Im allgemeinen ist die Empfindlichkeit des Selen-Photoelementes ausreichend; auch ist man bei seiner Benutzung nicht von einer konstant zu haltenden Stromquelle abhängig. Aus diesem Grund ist das Selen-Photoelement für die Normalausrüstung vorgesehen. Auf Wunsch kann das Gerät jedoch leicht für Spezialzwecke zur Benutzung mit anderen Zellentypen umgebaut werden. Aus dem Zusammenwirken von absoluter Filterdurchlässigkeit und spektraler Empfindlichkeit der benutzten Zelle ergibt sich die „wirksame“ Filterdurchlässigkeit. Erst diese stellt ein Maß für die zu erwartenden Galvanometerausschläge dar.

Zur Anzeige der lichtelektrischen Werte dient das **Skalengalvanometer** (Bild 8). Es vereinigt Spiegelgalvanometer und Lichtzeigereinrichtung, deren Aufstellung früher getrennt üblich war, in einem geschlossenen Gerät. Diese Anordnung ermöglicht ein bequemes Arbeiten, da die Skale an einer feststehenden Marke im Bildfenster vorbeiwandert und so die Ausschläge schnell ablesbar sind. Das Gerät kann auf dem Arbeitstisch neben dem Photometer im Blickfeld aller auch während der Messung zu beobachtenden Geräte aufgestellt werden. Die Ablesegenauigkeit an der 1000teiligen Skale entspricht der von Galvanometer und Lichtzeiger bei etwa 3 m Entfernung. Der Skalenwert des Skalengalvanometers beträgt 1 bis $2 \cdot 10^{-9}$ A.

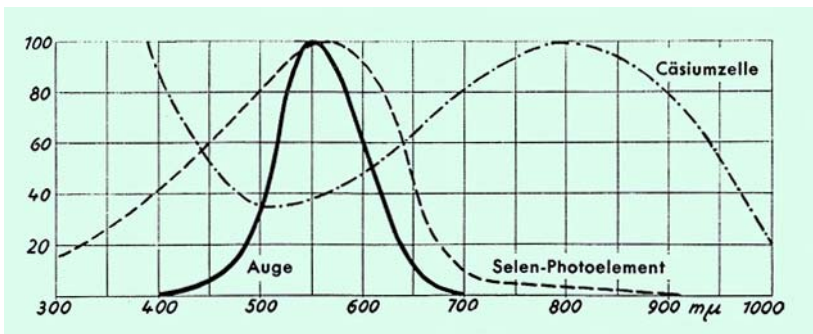


Bild 7. Spektrale Empfindlichkeitskurven

320272



Besondere Vorzüge des Gerätes

Schnellwechsellvorrichtung für Filter und Zellen

Spezialkondensator und Hohlspiegel

Infolge der reflexmindernden Schicht werden die an optischen Grenzflächen unvermeidbaren Lichtverluste auf ein Mindestmaß herabgesetzt. Mit der optischen Einrichtung wird die größtmögliche Ausnutzung des Flammenlichtes erreicht.

Mattscheibe

Sie dient zur leichten Einstellung des günstigsten Flammenbereichs.

Irisblende

Sie ermöglicht, auch stärkere Konzentrationen ohne vorherige Verdünnung dem Meßbereich anzupassen.

Zerstäuberanordnung

Die Einzelteile können leicht aus ihrer Halterung herausgenommen werden.

Geschlossener Zusammenbau von Kondensator, Filter und Photozelle

Da somit indirektes Licht von der Raumbelichtung nicht stört, läßt sich auch im nichtverdunkelten Raum arbeiten.



Maßstab etwa 1:4

Bild 8. Skalen galvanometer

320340/aT

Veröffentlichungen über Flammenphotometrie

1. auf landwirtschaftlich-chemischem Gebiet

Knickmann, E.: Beiträge zum Ausschalten wenig beachteter Fehlerquellen in der Bodenuntersuchung. Z. Pflanzenernähr., Düng., Bodenkd. **41** (1948) S. 222-233

Untersuchung von Böden. Hamburg: Neumann 1949. In: Handbuch der landwirtschaftlichen Versuchs- und Untersuchungsmethodik, 1. 2. Aufl. (3. Aufl. in Vorbereitung)

Knickmann, E.: Aus der Praxis der Flammenphotometrie. Z. Pflanzenernähr., Düng., Bodenkd. **54** (99) (1951) H. 2, S. 117-124

Schuhknecht, W.: Beitrag zur Methodik und Technik von Flammenspektrographie und Flammenphotometrie. Optik **10** (1953) S. 245-302 (Diese Veröffentlichung enthält ein umfangreiches Schrifttumsverzeichnis - 61 Zitate - über die gesamte Flammenphotometrie, insbesondere für landwirtschaftliche Untersuchungen.)

2. bei Nahrungsmittel- und Trinkwasseruntersuchungen

Barnes, R. B. u. Richardson, D.: Flame photometry. A rapid analytical procedure. Industr. and Engng. Chem. **17** (1945) S. 605-611

Toth, S. J., Prince, Al. u.a.: Rapid quantitative determination of eight mineral elements in plant tissue by a systematical procedure involving use of a flame photometer. Soil Sci. **66** (1948)

Bills, Ch. E., Macdonald, Fr. G. u. a.: Sodium and potassium in foods and waters. J. Amer. Diet. Ass. **25** (1949) S. 301-314

West, P. W., Folse, P. u. Montgomery, D.: Application of flames spectrophotometry to water analyses. Ann. Chem. **22** (1950) S. 667-670

Schmitz, W.: Flammenphotometrische Analysenverfahren der Wasseranalyse. Jber. Limnolog. Flußstation Freudenthal, Außenstelle hydrobiolog. Anstalt d. Max-Planck-Ges. (1950)

Schwarz, G. u. Krauß, B.: Die flammenphotometrische Bestimmung von Kalium, Natrium und Kalzium in Milch. Kieler milchwirtsch. Forsch.-Ber. **4** (1952) S. 579-593

3. in der keramischen und Glasindustrie

Fischer, J.: Die Anwendung physikalischer Methoden in der chemischen Analyse des Glases. Glastechn. Ber. **227** (1949) S. 390-397

Schinkmann, A.: Das Flammenphotometer im Dienste der Keramik. Z. Silikat-techn. **2** (1951) S. 163-166

Zoellner, E.: Flammenphotometer zur Alkalibestimmung. Glas-Email-Keramo-Techn. **9** (1951) S. 290-294

Zoellner, E.: Welche Faktoren beeinflussen die Genauigkeit der flammenphotometrischen Alkalibestimmung? Glas-Email-Keramo-Techn. **9** (1951) S. 378-381

Wehner, G. u. Bunge, G.: Erfahrungen bei der flammenphotometrischen Analyse einiger technisch wichtiger Alkali- und Erdalkaliverbindungen. Chem. Techn. **5** (1953) S. 251-253

Hegemann, F. u. Pfab, B.: Ein Verfahren zur genauen Bestimmung von Natrium mit dem Zeiss'schen Flammenphotometer. Glastechn. Ber. **26** (1953) S. 238-241

Strange, E. E.: Determination of lithium in a magnesium alloy by the flame photometer. Ann. Chem. **25** (1953) S. 650



4. in der Medizin

Jantz, H.: Stoffwechseluntersuchungen bei paroxysmaler Lähmung. Der Nervenarzt **18** (1947) S. 360-378

Belke, J. u. Dierkesmann, A.: Eine flammenphotometrische Methode zur Bestimmung von Na, K und Ca in biologischen Flüssigkeiten. Arch. exp. Path. **205** (1948) S.629

Bills, Ch. E., McDonald, F. H. u. a.: Reduction of error in flame photometry, Analyt. Chemistry **21** (1949) S. 1076-1080

Mosher, R. E., Boyle, A. J. u. Bird, E. J.: Der Gebrauch des Flammenphotometers für die quantitative Bestimmung von Na, K in Plasma und Urin. Amer. J. Chem. Path. **19** (1949) S. 461

Hold, P. M.: Das Flammenphotometer bei Messungen von Na und K in biologischem Material. J. biol. Chem. **167** (1949) S. 499-510

Oer, A. von u. Höfert, G.-J.: Zur Methodik der flammenphotometrischen Bestimmung von Na, K und Ca im Blutserum. Arch, exp. Path. u. Pharmak. **214** (1951) S. 109-120

Fritz, R.: Untersuchungen über das Kalium- und Calciumserum bei der Schizophrenie. Diss. Marburg (1951)

Smit, J., Alkemade, C. M. u. Verschure, J. C. M.: Ein Beitrag zur Entwicklung der flammenphotometrischen Bestimmung von Na und K im Blutserum, I. Mitt. Bioch. biophysica acta, Amsterdam **6** (1951) S. 508-523

Martin, Eastman u. Telfer: Etiologie and treatment of serum potassium deficits. J. Amer. Med. Ass. **147** (1951) S. 24-30

Smitt u. Hamilton: Potassium lack in the postgastrectomy dumping syndrone. Lancet **2** (1951) S. 745-749

Heintz, R., Hübener, H.-J. u. Schmidt, L.: Über die Natrium- und Chlorkonzentration im Serum bei arteriellem Hochdruck. Klin. Wschr. **30** (1952) S. 92

Hübener, H.-J., Kreuziger, H. u. Heintz, R.: Flammenphotometrische Bestimmungen der tagesrhythmischen Ausscheidung von Na und K beim Menschen. Z. ges. exp. Med. **119** (1952) S. 23-24

Herrmann, R.: Flammenphotometrie. Chemie u. Labor **8** (1952) S. 401-406

Herrmann, R.: Zur flammenphotometrischen Analyse von Na, K und Ca. Z. ges. exp. Med. **118** (1952) S. 187-195

Herrmann, R. u. Heinke, E.: Die Beeinflussung der K- und Ca-Konzentrationen im Serum durch künstliche Ozonisierung der Raumluft. Strahlentherapie **87** (1952) S. 473-475

Bohnstedt, R. M. u. Füller, H.: Einfluß der Antihistaminika auf die Elektrolyte Kalium und Calcium im menschlichen Serum. Ärztl. Wschr. **7** (1952) S. 1025

Herrmann, R. u. Baumann, R.: Eine Mikromethode zur flammenphotometrischen Bestimmung von Na, K und Ca. Z. exp. Med. **119** (1952) S. 487-489

Bohnstedt, R. M., Herrmann, R. u. Baumann, R.: Flammenphotometrische Kalium-Calcium-Untersuchungen im Serum von Ekzematikern und Gesunden. Ärztl. Forsch. **7** (1953) S. 1/82-1/84

Bestellliste

Benennung	Gewicht kg	Bestell- nummer	Bestell- wort
1. Grundausrüstung			
bestehend aus:			
Kondensorsystem mit Filterwechsler, Irisblende und Verschuß, Hohlspiegel in Fassung, auf Träger mit Säule und Rundfuß	7,750	324330	<i>Ukynf</i>
Mattscheibe , in Fassung.....	0,100	32 43 64	<i>Ukyog</i>
Selen-Photoelement , in Fassung	0,180	32 43 63	<i>Ukyph</i>
Anschlußleitung , etwa 1 m lang.....	0,200	32 43 41	<i>Ulfkw</i>
Interferenzfilter K77 , in Fassung.....	0,070	32 43 67	<i>Uldyl</i>
Filter Na 59 , in Fassung.....	0,050	32 43 54	<i>Ukytk</i>
Interferenzfilter Ca 63 , in Fassung.....	0,070	32 43 66	<i>Uldoc</i>
Probentisch mit Höhenverstellung, einschl. Petri-Unterschale.....	1,700	32 43 85	<i>Ukyxo</i>
Spezialdruckminderer für Preßluft.....	2,600	02 43 11	<i>Uldpd</i>
Skalengalvanometer mit eingebautem Spiegelgalvanometer und Netzanschlußleitung..	11,500	32 63 66	<i>Uldan</i>
Grundausrüstung für Wechselstrom 220 V bzw. Gleich- oder Wechselstrom 12 V	24,220		
2. Ausrüstungen			
2.1 Ausrüstung A für den Betrieb mit Azetylen			
Grundausrüstung wie unter 1.....	24,220		
Zerstäuber- und Brenneinrichtung mit Zerstäuber- und Kugelgefäß, Mischgefäß für Azetylen, Düsenbrenner, Schlauchverbindungen und Klemmen.....	0,300	32 43 77	<i>Ukyvm</i>
Feinmanometer für Preßluft (mit Prüfschein) und Wasser-Feindruckmesser für Azetylen, mit Aufstellbrett und Anschlußschläuchen	7,500	32 43 84	<i>Ugpie</i>
Spezialdruckminderer für Azetylen.....	2,600	02 43 12	<i>Uldre</i>
Flammenphotometer, Ausrüstung A.....	34,620	32 43 02	<i>Uflfx</i>

Benennung	Gewicht kg	Bestell- nummer	Bestell- wort
2.2 Ausrüstung B für den Betrieb mit Leuchtgas Grundausrüstung wie unter 1	24,220		
Zerstäuber- und Brenneinrichtung mit Zer- stäuber- und Kugelgefäß, Mischgefäß für Leuchtgas, Flachbrenner, Schlauchverbin- dungen und Klemmen.....	0,300	32 4380	<i>Uldsf</i>
Feinmanometer für Preßluft (mit Prüfschein) und Wasser- Feindruckmesser für Leuchtgas, mit Aufstellbrett und Anschlußschläuchen...	7,500	324383	<i>Uldtg</i>
Flammenphotometer, Ausrüstung B.....	32,020	324303	<i>Ulfmy</i>
3. Ergänzungs- und Ersatzteile			
Interferenzfilter Li 67 , in Fassung	0,070	324359	<i>Ulduh</i>
Interferenzfilter für andere Elemente, nach Wahl, in Fassung.....	0,070		
Fassung für Interferenzfilter , Ø = 50 mm	0,030	324365	<i>Uldvi</i>
Zerstäubergefäß mit je 2 auswechselbaren Düsen	0,080	324374	<i>Ukzne</i>
Kugelgefäß	0,040	32 4375	<i>Ukzof</i>
Mischgefäß für Azetylen	0,030	324376	<i>Ukzsi</i>
Mischgefäß für Leuchtgas	0,030	324378	<i>Uldwj</i>
Rundbrenner	0,150	324373	<i>Ulfnz</i>
Flachbrenner	0,100	324379	<i>Ulfao</i>
Lichtwurflampe T 12 V 50 W , zum Skalengal- vanometer	0,015	2654ZN 54	<i>Ulfbp</i>

Die angegebenen Gewichte sind nur annähernd und unverbindlich.