

Titre : Spektroskope, Spektrographen: VI, ausgabe, Mess 260/VI

Auteur : Zeiss, Carl

Mots-clés : Microscopes ; Optique*instruments

Description : 51 p.: ill.; 25 cm

Adresse : Jena (Allemagne): [s.n.], 1929

Cote de l'exemplaire : CNAM-MUSEE IS0.4-ZEI

URL permanente : <http://cnum.cnam.fr/redir?M9982>

ZEISS

Spektroskope Spektrographen



Mess 260/VI



ALAIN BRIEUX
N° 100X

Optische Meßinstrumente

für Chemiker, Physiker und Mediziner

Refraktometer:

Refraktometer nach Abbe
Betriebsrefraktometer
Butterrefraktometer
Milchfettrefraktometer
Eintauchrefraktometer
Zuckerrefraktometer
Refraktometer für Lehr- u. Übungszwecke
Refraktometer nach Pulfrich
Refraktometer mit veränderlichem brechenden Winkel
Kristallrefraktometer
Juwelierrefraktometer

Stufenphotometer

Farbenkomparator

Neue Apparate für Faserprüfungen

Lichtelektrisches Registrierphotometer

Spektralapparate:

Handspektroskope
Vergleichsspektroskope
Autokollimations-Spektroskope
Festarmige Spektralapparate
Große lichtstarke Spektralapparate
Gitterspektroskop
Gitter-Handspektroskop
Spektrograph für Chemiker
Spektrograph für Physiker
Hohlspiegelspektrometer

Längen-Meßapparate:

Komparatoren nach Abbe
Spektrokomparator nach Hartmann
Meßmikroskope
Koordinaten-Meßmikroskope für Taschenuhrenbestandteile
Koordinaten-Meßapparat für astronomische Zwecke
Dickenmesser
Kapillaren-Meßmikroskope
Präzisionsteilungen auf Metall u. Glas
Ablesefernrohre

Interferenz- und Schlierenapparate:

Dilatometer
Interferenz-Meßapparat
Abbesches Demonstrations-Mikroskop
Apparat zur Prüfung der Planparallelität von Glasplatten
Interferenzkomparator nach Kösters für Absolutmessungen
Apparate zur Beobachtung von Interferenzkurven an Glasplatten und zum Studium des Fizeauschen Phänomens
Gas-Interferometer
Flüssigkeits-Interferometer
Gruben-Gasmesser
Prismen und Prismensysteme

150.4-281

25, -

Spektroskope Spektrographen

VI. Ausgabe



Bezeichnung dieser Druckschrift: **MeB 260/VI.**

M9982

Inhaltsverzeichnis:

| | |
|---|-------|
| A) Spektroskope ohne Fernrohr: | Seite |
| a) Vergleichs-Spektroskope | 4 |
| 1. Das Vergleichs-Spektroskop für Laboratoriumszwecke | 5 |
| 2. Das Vergleichs-Spektroskop für Farbentechniker | 6 |
| Die Untersuchung von Flüssigkeiten | 6 |
| b) Handspektroskope | 8 |
| 3. Handspektroskope | 8 |
| Winke für den Gebrauch der Handspektroskope | 9 |
| 4. Handspektroskop mit neuem Reagenzglaskondensor | 10 |
| 5. Fernspektroskope | 12 |
| B) Spektroskope mit Fernrohr: | |
| a) Gitterspektroskope | 13 |
| 6. Das Gitterspektroskop | 13 |
| 7. Das neue Gittermeßspektroskop | 14 |
| Die Untersuchung von Absorptions-Spektren | 14 |
| Die Untersuchung von Emissions-Spektren | 15 |
| 8. Gitter-Spektroskop mit Autokollimation nach Prof. E. Haschek | 15 |
| 9. Das Gitter-Handspektroskop | 17 |
| b) Prismen-Spektroskope | 18 |
| 10. Das Autokollimations-Spektroskop | 18 |
| 11. Das festarmige Spektroskop mit zwei Prismen | 19 |
| 12. Festarmiges Spektroskop mit 90° Ablenkung | 20 |
| C) Spektrographen mit Achromat-Objektiven: | |
| 13. Kleiner Spektrograph für das sichtbare Spektrum | 22 |
| 14. Kleiner Spektrograph mit Reagenzglaskondensor | 23 |
| 15. Der Lehr-Spektrograph mit Teilkreis für sichtbares und ultraviolettes Licht | 24 |
| 16. Das Gitter-Spektroskop mit Kamera | 25 |
| 17. Der festarmige Spektralapparat als Spektrograph | 26 |
| 18. Lichtstarker Glas-Spektrograph mit 3 Prismen | 27 |
| 19. Der Spektrograph für Chemiker | 30 |
| D) Spektrographen mit Quarzobjektiven: | |
| 20. Der kleine Quarz-Spektrograph für medizinische Studien | 33 |
| 21. Der Quarz-Spektrograph für Chemiker | 35 |
| 22. Der Quarz-Spektrograph für Physiker | 35 |
| 23. Spiegelspektroskop für ultraviolette, sichtbare und Wärmestrahlen | 35 |
| 24. Vergleichsmikroskop für Spektra | 36 |
| 25. Betrachtungsapparat für Negative | 38 |
| Lichtquellen für Spektroskopie | 39 |
| Küvetten und Absorptionsgefäße | 41 |
| Winke für die Auswahl unter unseren Spektrographen | 43 |
| Funkenerzeuger nach Prof. Scheibe | 46—47 |
| Neue Tabellen der empfindlichen Linien des sichtbaren Spektrums | 48—49 |
| Benutzerliste | 50—51 |
| Spektrantafel | 52 |

Wegen der Preise verlange man Mess 260a.

Die Abbildungen sind nicht in allen Einzelheiten für die Ausführung der Instrumente maßgebend.

Für wissenschaftliche Veröffentlichungen stellen wir Klischees der in dieser Drucksache abgebildeten Figuren gern kostenlos zur Verfügung.

Unbefugte Wiedergabe von Abbildungen oder Text wird auf Grund der gesetzlichen Bestimmungen gerichtlich verfolgt.

Vorwort

Der vorliegende Katalog gibt einen Ueberblick über die von uns regelmäßig geführten und daher im allgemeinen vorrätigen Spektroskope und Spektrographen. Als Neuerungen heben wir hervor: Von den Spektroskopen ohne Fernrohr das Handspektroskop mit Reagenzglaskondensor, ein auf den täglichen Gebrauch des Mediziners und des Chemikers zugeschnittenes Vergleichsspektroskop, das auch mit Kamera geliefert wird; von den Prismenspektroskopen mit Fernrohr das festarmige Spektroskop mit 90° Ablenkung, einen lichtstarken Monochromator und Spektrographen für physikalische und photochemische Arbeiten, insbesondere für Fluoreszenzspektre, sowie den Lichtstarken Glas-Spektrographen mit 3 Prismen; von den Gitter-Spektroskopen dasjenige mit Autokollimation nach Prof. Haschek und von den Quarz-Spektrographen denjenigen für medizinische Studien, der im Bau und in der Handhabung aufs äußerste vereinfacht ist und außerordentlich wenig Platz beansprucht. Ferner sei hier auf die neue nach Wellenlängen geordnete Tabelle der letzten Linien im sichtbaren Spektrum hingewiesen.

Da die hier beschriebenen katalogmäßigen Konstruktionen ihre Form vielfach der engsten jahrelangen Zusammenarbeit mit physikalisch interessierten Chemikern und Medizinern verdanken, empfehlen wir diesen, sich an die erprobten Modelle des Katalogs zu halten; für die Wahl eines Spektrographen dienen die „Winke“ auf Seite 43.

Der neuerdings zunehmenden Neigung der Forschungsinstitute, Spektralapparate mit eigenen Mitteln und nach eigenen Bedürfnissen selbst herzustellen, kommen wir dadurch entgegen, daß wir Einzelteile aus unserer laufenden Fabrikation, wie symmetrische Präzisionspalte, Objektive und Kondensorlinsen, Gitterkopien, Prismen und ganze Prismatische mit automatischer Erhaltung des Minimums der Ablenkung, z. B. die neue dreiteilige Form nach Prof. Försterling, einzeln abgeben; ein Besteller, der sich an die von uns brieflich angebotenen Maße hält, genießt die Preisvorteile der Serienfabrikation, während Teile von abweichenden Maßen nur in der kostspieligen Einzelanfertigung herzustellen sind. Ueber Gittermontierungen und Vakuum-Spektrographen hole man besondere Angebote ein.

A. Spektroskope ohne Fernrohr:

a) Vergleichs-Spektroskope.

Zur schnellen und sicheren Vergleichung der Absorptionsspektren von Flüssigkeiten, Gläsern oder Farbfiltren fertigen wir drei Spektroskope an. Das eine, das Vergleichs-Spektroskop für Laboratoriumszwecke, ist für die Vergleichung zweier Spektren eingerichtet. Es ist auf Anregung von Prof. QUINCKE konstruiert und in medizinischen, chemischen und physikalischen Laboratorien in Gebrauch. Das zweite, das Vergleichs-Spektroskop für Farbentechniker, gestattet die gleichzeitige Beobachtung von drei Spektren. Es ist speziell für Farbenphysiologen und für Farbentechniker im Kunstgewerbe (Dreifarben-Photographie und Dreifarben-Projektions- bzw. Druckverfahren) bestimmt, über das dritte s. S. 10.

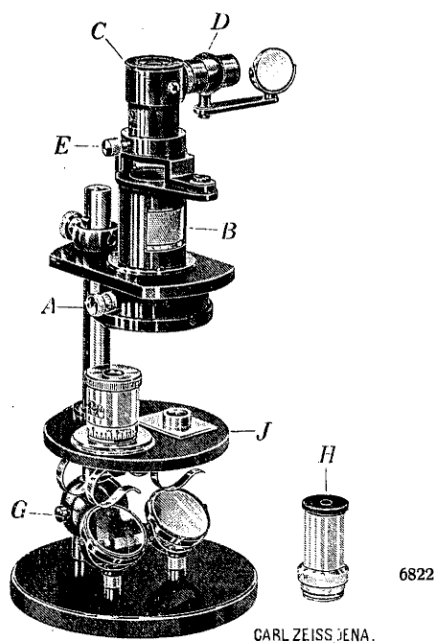


Fig. 1.

Vergleichs-Spektroskop für Laboratoriumszwecke.
($\frac{1}{3}$ nat. Größe.)

Das Licht wird von den *Spiegeln* nach oben geworfen und tritt durch die Blendöffnungen im *Tische E* und durch die auf diese zu legenden Objekte (Farbfiltre, Lösungen in Küvetten usw.) in das eigentliche *Spektroskop*. Das Auge blickt durch die *Oeffnung C* senkrecht nach unten. Der *Spiegel links von D* dient zur Beleuchtung der *Wellenlängenskala*, die in dem kurzen wagerechten Rohre untergebracht ist.

1. Vergleichs-Spektroskop für Laboratoriumszwecke.

(Für die gleichzeitige Beobachtung von zwei Spektren¹⁾).

Das Spektroskop ist an einer von einem kräftigen Fuße getragenen Säule in vertikaler Lage so befestigt, daß man wie in ein Mikroskop hineinschauen kann, es ist in der Höhe verstellbar und festgeklemmt.

Die Einrichtung des eigentlichen Spektroskopes ist die unseres Mikrospektralokulars nach ABBE. Man beobachtet durch die spaltförmige Oeffnung *C* (s. Fig. 1). Durch Drehen an dem geriefelten Ringe *B* stellt man die Okularlinse *O* (in Fig. 2) auf größte Deutlichkeit der FRAUNHOFERSchen Linien des vom hellen Himmel ausgehenden Lichtes, oder der Spektrallinien leuchtender Dämpfe ein (Natriumflamme, Quecksilberbogenlampe, GEISSLERSche Röhre). Die mit einer Teilung und Index versehene Schraube *A* regelt die Spaltbreite für beide Spektren absolut gleichmäßig. Um der Wellenlängenskala die richtige Lage zum Spektrum zu geben, stellt man bei engem Spalte mit Hilfe der Schraube *E* eine Linie bekannter Wellenlänge (Natriumflamme, $\lambda_D = 589\mu\mu$) auf die entsprechenden Teilstriche der Skala.

Die zu vergleichenden Objekte kommen nebeneinander auf den horizontalen Tisch *J* und über die von unten durch die beiden Spiegel beleuchteten Oeffnungen. Der Strahlengang ist für beide Spektren vollkommen gleichartig.

Die beiden Prismen sind mit aufgekitteten Linsen (*L*₁ und *L*₂) versehen, deren Brennweite, im Glas gemessen, gleich ist dem Abstände der Linsen von dem Spalt. Hierdurch wird erreicht, daß in das Auge des Beobachters nur solche Strahlen gelangen, die das von planparallelen Flächen begrenzte Objekt als in sich parallel gerichtete Strahlenbündel senkrecht oder angenähert senkrecht durchdrungen haben.

Das Oberteil, bestehend aus geradsichtigem Prisma und Wellenlängenteilung, ist neuerdings wegschlagbar eingerichtet; es kann durch ein einfaches Rohr *H* ersetzt werden. Durch dieses wird der Apparat zu einem Mikro-Kolorimeter. Als Meßvorrichtung dient alsdann das Absorptionsgefäß mit veränderlicher Dicke.

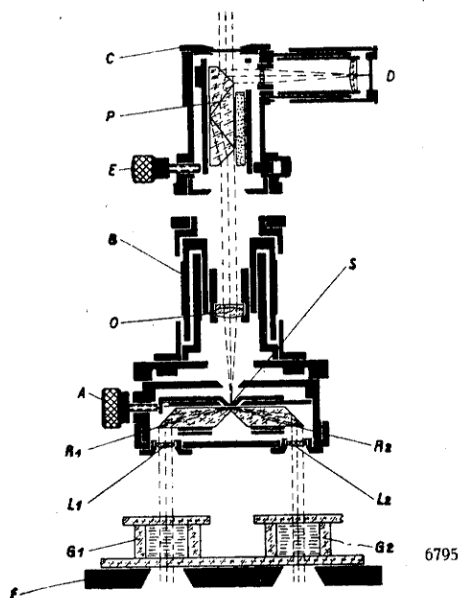


Fig. 2.

Vergleichs-Spektroskop für Laboratoriumszwecke
(Schnitt durch das Oberteil.)
($\frac{2}{3}$ nat. Größe.)

¹⁾ H. QUINCKE, Münch. Med. Wochenschr. S. 348, 1897.
F. G. KOHL, Bot. Zentralblatt 73 (No. 10), 1898.
C. PULFRICH, Zeitschr. f. Instrkde. 18, S. 381, 1898.

2. Vergleichs-Spektroskop für Farbentechniker.

(Für die gleichzeitige Beobachtung von *drei* Spektren¹⁾).

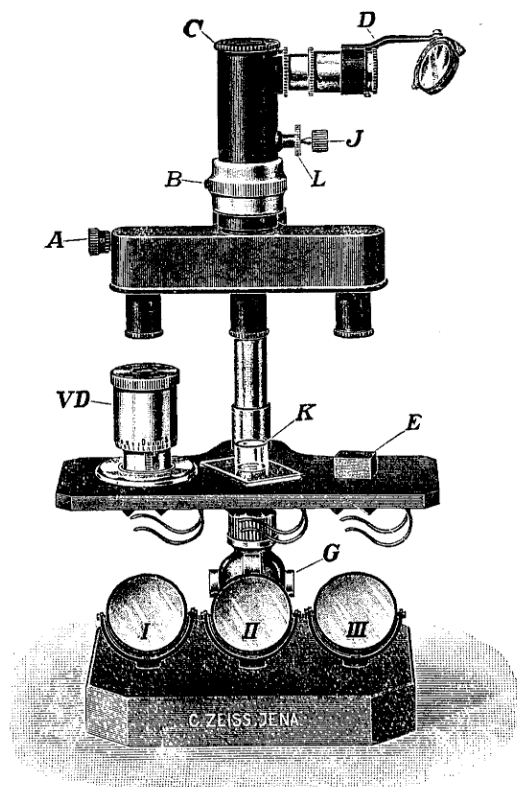


Fig. 3.

Vergleichs-Spektroskop für Farbentechniker.
Spiegel I beleuchtet das Absorptions-Gefäß
VD, Spiegel II die Küvette K, Spiegel III
das Farbglas E ($\frac{1}{3}$ nat. Größe).

Die Konstruktion dieses Instrumentes ist ähnlich der des vorbeschriebenen; jedoch sind hier die beiden zur Beleuchtung des Spaltes dienenden Reflexionsprismen (R_1 und R_2 in Fig. 2) in der Längsrichtung des Spaltes auseinandergerückt, so daß der mittlere Teil des Spaltes jetzt für die gerade Durchsicht frei ist.

Der Strahlengang wird für diesen Teil des Spaltes (mittleres Spektrum) ebenfalls durch eine vertikal unter dem Spalt angebrachte Linse geregelt, deren Abstand vom Spalt gleich der Brennweite bemessen ist. Die Linse befindet sich in dem mittleren der drei Rohrstützen unterhalb des Spaltkopfes. Die beiden äußeren Stützen sind nur des symmetrischen Aussehens halber angesetzt. Ueber den drei Spektren, die durch schmale dunkle Streifen voneinander getrennt sind, liegt das Bild der Wellenlängenskala.

Die Handhabung des Instrumentes ist im wesentlichen identisch mit der des vorbeschriebenen. Erwähnt zu werden verdient nur ein kleiner Handgriff für die Einstellung des mittleren Beleuchtungsspiegels: man legt beide Hände flach ausgebreitet rechts und links neben das

Instrument und verstellt den mittleren Spiegel mit beiden Daumen gleichzeitig. Das Oberteil ist ebenfalls abnehmbar eingerichtet, wie auf Seite 5 beschrieben.

Die Untersuchung von Flüssigkeiten

geschieht zweckmäßig mit Hilfe der im folgenden beschriebenen Absorptionsgefäße; über die Verwendung von Reagenzgläsern und offenen Küvetten siehe unten. Unsere Absorptionsgefäße für die Vergleichs-Spektroskope sind durch Aufschmelzen von Glasröhren auf ebene Glasplatten hergestellt und werden nach erfolgter Füllung durch eine Deckglasplatte geschlossen. Die Höhe der Gefäße (die wirksame Schicht) beträgt 1, 5, 10 und 20 mm.

¹⁾ C. PULFRICH, Zeitschr. f. Instrumentenkunde 20, S. 209, 1900.

Für messende Untersuchungen ist unser Absorptionsgefäß mit veränderlicher Dicke der Flüssigkeitsschicht bestimmt; dieses Instrumentchen setzt den Benutzer in den Stand, die Dicke der wirksamen Schicht während der Beobachtung zwischen 0 und 20 mm, jederzeit bis auf $\frac{1}{20}$ mm genau meßbar zu verändern. Es besteht aus den vier auseinanderschraubbaren Teilen *A*, *B*, *C* und *R*. Die Flüssigkeit kommt in einen Glaszylinder *R*, dessen Boden eine Glasplatte *P₂* bildet. *R* kann aus *A* zum Reinigen herausgenommen werden. Die an dem unteren Ende der mit *C* verbundenen Eintauchröhre angebrachte Glasplatte *P₁* begrenzt die wirksame Schicht nach oben. Alle mit der Flüssigkeit in Berührung kommenden Metallteile sind vernickelt, die Eintauchröhre ist im Innern zur Vermeidung von Reflexen gerauht und geschwärzt; für die Untersuchung saurer Flüssigkeiten wird das Absorptionsgefäß auf Wunsch in säurefester Ausführung geliefert (vergl. das Preisblatt).

Um das Gefäß zu füllen, wird der mit einem Luftloch *L* versehene Deckel *C* von *B* abgeschraubt, *R* fast bis zum Rande gefüllt und *C* wieder aufgeschraubt. Man vermeide, mehr Flüssigkeit einzugießen, weil der oberhalb *R* befindliche Hohlraum des Rohres *A* die Flüssigkeit aufnehmen soll, die beim Eintauchen der Platte *P₁* aus *R* verdrängt wird.

Durch Drehen am Deckel *C* taucht man die Platte *P₁* in die Flüssigkeit ein, eine Umdrehung senkt die Platte genau 1 mm. Die auf *A* angebrachte Millimeterteilung und die Trommelteilung auf *B* zeigen die Dicke der wirksamen Schicht bis auf $\pm 0,05$ mm genau an. Durch die beiden Fenster *G* kann man die absorbierende Schicht sehen.

Wird der Abstand der beiden Platten *P₁* und *P₂* vergrößert, so fließt die Flüssigkeit aus dem oberen Teil von *A* sofort wieder nach. Etwa unter *P₁* sitzende Luftblasen lassen sich durch geringe Neigung des ganzen Gefäßes leicht beseitigen. Die in der Bodenplatte von *A* eingeschraubten Füßchen passen in je drei Einsenkungen der Tischplatte *F* (in Fig. 1 und 3 nicht zu sehen) genau hinein und halten das Gefäß fest, wenn man am Deckel *C* dreht.

Damit man auch Flüssigkeiten in offenen Glasküvetten oder in Reagenzgläsern untersuchen kann, ist das Stativ zum Umlegen um *G* eingerichtet. Die Gefäße werden hierbei durch die unter dem Tische angebrachten Federn gehalten.

Die Vergleichsspektroskope sind für die Untersuchung von Flüssigkeiten im Reagenzglas wegen des nachteiligen Einflusses, den das Reagenzglas auf den Strahlengang ausübt, nicht geeignet. Für die Beobachtung mit dem gewöhnlichen Hand-Spektroskop hat die Benutzung von Reagenzgläsern vieles für sich. Im vorliegenden Falle aber ist es richtiger und nicht weniger praktisch, wenn man die Flüssigkeit in ein gewöhnliches Becherglas gießt und durch die freie Oberfläche oder besser noch durch eine auf das Gefäß gelegte Glasplatte hindurchschaut. Insbesondere auf die Verwendung von Reagenzgläsern zugeschnitten ist dagegen unser Hand-spektroskop mit Reagenzglas-Kondensor (S. 10).

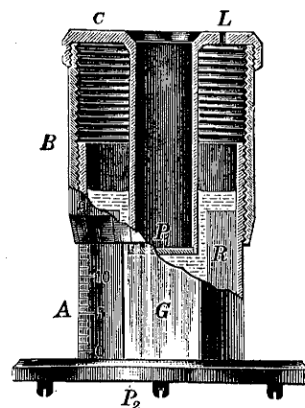


Fig. 4. 2587

Absorptionsgefäß mit veränderlicher Dicke der Flüssigkeitsschicht.
(nat. Größe.)

b) Hand-Spektroskope.

3. Die Hand-Spektroskope, Modell A, B, C und D.

Die Hand-Spektroskope dienen zur schnellen Orientierung über Absorptions- und Emissionsspektren. Sie gestatten, trotz der hohen Dispersion des Amici-Prismas ($C-F = \text{etwa } 6^\circ$), das ganze Spektrum auf einmal zu überblicken. Der Spalt ist symmetrisch verstellbar.

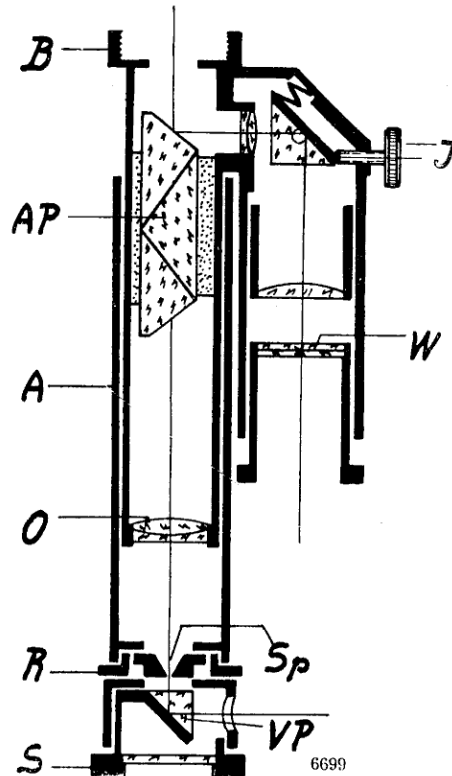


Fig. 5. Schematischer Schnitt durch das Handspektroskop mit Wellenteilung (nat. Gr.). Vor dem Spalte Sp sitzt das Schutzfenster S und das Vergleichsprisma VP ; das Spaltrohr A trägt außerdem das Rändel R zur symmetrischen Verstellung der Spaltbacken. Das Lupenrohr B enthält die achromatische Lupe O , das dreiteilige Dispersionsprisma AP und das Wellenlängenrohr mit Wellenlängen-Teilung W , Justierprisma J und dem kleinen Achromaten. Bei B ist das Gewinde erkennbar, mit dem man das ganze Spektroskop an das Objektiv einer spektrophischen Kamera anschrauben kann.

Mit Rücksicht auf die Verwendung in Hüttenwerken bei der spektroskopischen Verfolgung des Verlaufs des Bessemer-Prozesses sind die Hand-Spektroskope so eingerichtet, daß sie eine ziemlich starke Erwärmung vertragen.

Die Lage einer Absorptionsbande oder einer Spektrallinie im Spektrum bezieht man entweder auf ein Vergleichsspektrum, das Linien bekannter Wellenlänge enthält, oder besser auf die Wellenlängenskala, die durch die Lichtquelle mitbeleuchtet wird. Damit man das Spektroskop bei der Beobachtung nicht aus dem Etui herauszunehmen braucht, haben wir das Etui dieses Modells mit zwei Fenstern versehen.

Schließlich weisen wir darauf hin, daß sich ein einfacher Spektrograph aus einem Hand-Spektroskop mit Wellenlängenskala, einem Zwischenring und einer beliebigen photographischen Handkamera zusammensetzen läßt. Das Nähere siehe Seite 21.

Gesichtspunkte für die Auswahl:

1. Das Handspektroskop Modell A ohne Vergleichsprisma wird für Schulzwecke benutzt, zur Beobachtung der Emissionsspektren von leuchtenden Flammen, GEISSLERSchen Röhren, elektrischen Funken und dem elektrischen Flammenbogen der Bogenlampe. Des weiteren dient dieses Modell zur Beobachtung von Absorptionsspektren flüssiger und fester farbiger Stoffe, auch von Lichtfiltern und farbigen Gläsern.

2. Das Handspektroskop Modell B mit Vergleichsprisma dient in erster Linie in Kliniken zur gleichzeitigen Beobachtung von zwei Blutspektren und zur

gleichzeitigen Untersuchung zweier Farbfilter. Modell A und Modell B liefern nur Vergleiche, erlauben aber nicht, abzulesen, bei welcher Wellenlänge eine Emissionslinie oder eine Absorptionsbande vorhanden ist.

3. Das Handspektroskop Modell C mit Wellenlängenskala und Modell D mit Wellenlängenskala und Vergleichsprisma sind für alle oben genannten Messungen geeignet, liefern aber durch ihre Wellenlängenteilungen die wertvolle Angabe des Ortes im Spektrum, wo die beobachtete Erscheinung liegt. Die Wellenlängenmessungen sind auf $\pm 1 \mu\mu$ genau, wenn der Beobachter sowohl die Spaltrohrlinse als auch diejenige des Wellenlängenrohres parallaxenfrei eingestellt hat. Dieses Modell ist von besonderem Wert als Unterrichtsinstrument in physikalischen, chemischen und physiologischen Laboratorien, sowie im Physikunterricht der Oberrealschule und des Realgymnasiums.

Winke für den Gebrauch der Hand-Spektroskope.

Um das Spektrum scharf zu erhalten, richtet man das Spektroskop gegen den hellen Himmel und verschiebt bei eng gestelltem Spalte das Spaltrohr solange gegen das Okularrohr, bis die FRAUNHOFERSchen Linien im Grün deutlich erscheinen. Beim Spektroskope mit Wellenlängenskala hat ein nicht normalsichtiger Beobachter diese Einstellung mit der Straßenbrille zu machen; alsdann wird die Wellenlängenskala durch Verschieben des Skalenrohres so eingestellt, daß zwischen Skalenbild und Spektrum keine Parallaxe zu bemerken ist, wenn man das Auge quer zu den Spektrallinien bewegt. Um der Wellenlängenskala die richtige Lage zum Spektrum zu geben, verfährt man genau, wie auf S. 5 angegeben ist. Bei länger andauernden Beobachtungen kann ein Stativ willkommen sein. Unser **neues Stativ** (Fig. 6) besteht aus einer Säule mit rundem Fuß und einem Tischchen *T*. Dieses wird mittels eines durchbohrten Handgriffes *G* auf das obere Ende der Säule aufgesteckt.

Das Tischchen hält das Spektroskop mit Hilfe des Winkelstückes *W* und gleichzeitig mittels der Feder *F* ein Reagenzglas, eine Küvette oder ein Farbfilter aus Glas oder Gelatine. Der Spiegel *S* beleuchtet das Vergleichsprisma, vor dem ein zweites Reagenzglas oder Farbfilter eingesetzt werden kann.

Zieht man den Handgriff von der Säule ab, so kann man das Spektroskop samt den Objekten von Hand zu Hand durch ein Auditorium wandern lassen.

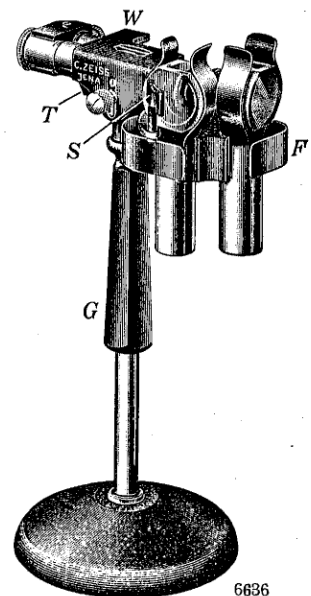


Fig. 6. Einfaches Stativ zum Handspektroskop, mit Halter für Reagenzgläser und Küvetten, im Bilde sind 2 Küvetten von 10 mm Schichtdicke eingesetzt ($\frac{3}{4}$ nat. Größe.)

4. Handspektroskop mit Reagenzglaskondensor.

1. Das Ziel der Neukonstruktion¹⁾. Da es im Laufe von drei Jahrzehnten den zünftigen Spektroskopikern nicht gelungen ist, dem Chemiker das Spektroskopieren mit dem Reagenzglase abzugewöhnen, und ihn von den optischen Vorzügen der Küvetten zu überzeugen, wird in der vorliegenden Neukonstruktion der Hauptnachteil der Reagenzgläser, die zylindrische Form der Flüssigkeitsschicht, mit ihrer mannigfach wechselnden Schichtdicke, unschädlich gemacht. Gleichzeitig wird durch die Verwendung des schon von Prof. K. BÜRGER, aber in Verbindung mit

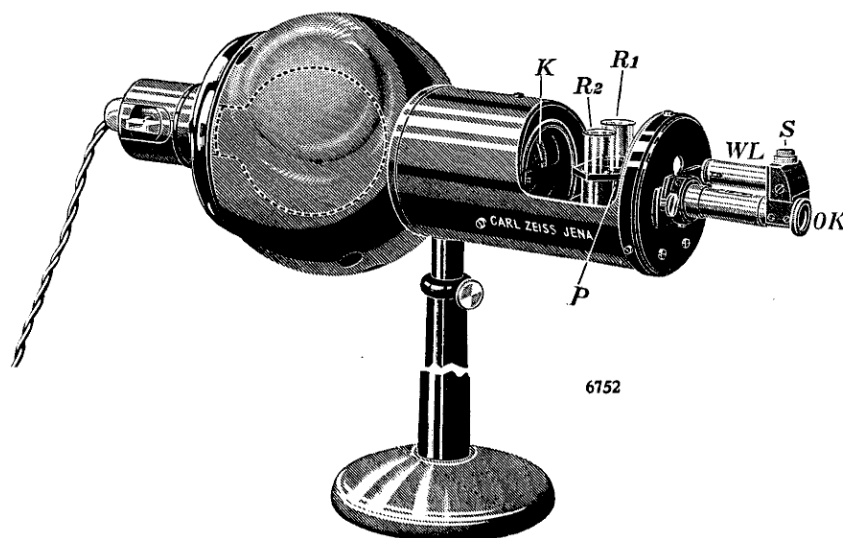


Fig. 7

Handspektroskop Modell C (mit Wellenlängenskala) mit neuem Reagenzglaskondensor.
Mit *L* ist der Platz der Lampe angedeutet, *R*₁ und *R*₂ sind die Reagenzgläser,
bei *OK* ist der Einblick.

Küvetten, für Blutlösungen empfohlenen HÜFNERschen Prismas erreicht, daß die beiden Absorptionsspektren, wie die Fig. 8 lehrt, mit einer senkrechten, unvergleichlich schmalen Trennungslinie aneinanderstoßen. So ist aus dem Handspektroskope mit oder ohne Wellenlängenteilung ein bequemes Vergleichsspektroskop für Chemiker und Mediziner entstanden, das seine eigene Lampe hat und jederzeit gebrauchsfertig ist. Die Säule in Fig. 7 ist verkürzt gezeichnet.

2. Optische Anordnung: Die in Fig. 7 punktiert angedeutete Lampe *L*, eine kugelförmige matte Birne von 25 Kerzen und ortsüblicher Spannung, ist von dem schwarzen Schutzrohre überdeckt, um den Beobachter nicht zu blenden. Der Kondensor *K* bildet *L* durch die Reagenzgläser hindurch in der Spaltebene des Spektroskopes ab und beleuchtet gleichzeitig die Wellenlängenteilung *WL*. Die Reagenzgläser *R*₁ *R*₂ werden durch Federn an das in seiner metallenen Fassung verborgene HÜFNER-Prisma *P* angedrückt, das mit zwei hohlzylindrischen polierten Aussparungen versehen ist. In diese passen nur Reagenzgläser von ca. 16 mm Durchmesser. Durch die vereinigte optische Wirkung des Kondensors, der gefüllten Reagenzgläser und der Hohlzylinderflächen des Prismas entstehen in der Spalt-

¹⁾ Vgl. F. LÖWE, Die Chem. Fabr. 1928, S. 3.

ebene, an die die scharfe Kante des Prismas angeschoben ist, zwei sich verlängernde helle, sich an der Kante berührende Brennnlinien. So wird die Lupe des Spektroskops reichlich mit Licht erfüllt, und man erblickt im Okulare zwei in einer scharfen senkrechten Trennungslinie zusammenstoßende nebeneinander liegende Spektra mit waagrechten Absorptionsbanden. Ueber die Wirkungsweise des Hufnerschen Prismas vergleiche man Fig. 9. Durch die Vereinigung von Lichtquelle und Spektroskop und eine gewisse Verlängerung des Spaltes wurden zwei auf Grund jahrzehntelanger spektroskopischer Erfahrungen aufgestellte Forderungen von Herrn Dr. R. E. Schmidt, Elberfeld, erfüllt, dem wir für die wiederholte Erprobung des Versuchsinstrumentes in seinem Laboratorium zu großem Danke verpflichtet sind.

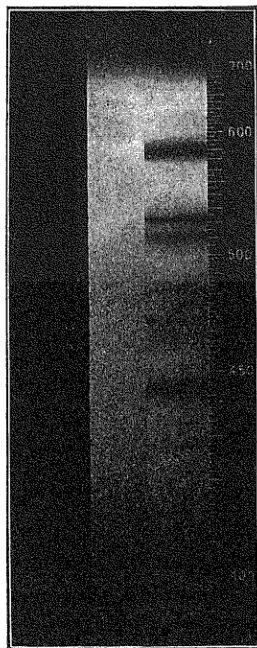


Fig. 8.

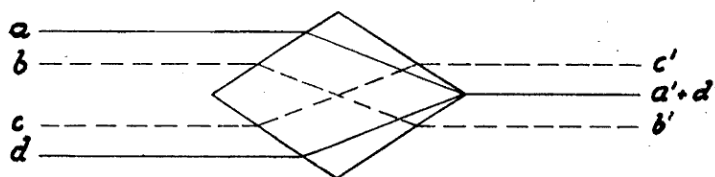


Fig. 9. Wirkung des Hufnerschen Prismas.
Die Strahlen a und d werden zu $a' + d'$ vereinigt.

3. Gebrauchsanweisung: Nach Einschalten der Lampe steckt man die mit Wasser gefüllten außen trockenen Reagenzgläser, die am besten mit Korkstopfen oder Wattebausch verschlossen sind, an ihren Platz. Sollte eines der Spektren von senkrechten Schattenlinien durchzogen sein, die von Streifen im Reagenzglas herrühren, so drehe man das Glas, bis sie aus dem Gesichtsfelde gewandert sind. Reagenzgläser, die in keiner Lage ein sauberes Spektrum ergeben, werden ausgemerzt. Sollten schließlich beide Spektra zwar frei von Streifen, aber verschieden hell sein, so liegt das an einer Unsymmetrie in der Lampe; in diesem Falle verdreht man nach Lösen einer Klemmschraube die Lampenfassung, bis beide Spektra gleiche Helligkeit aufweisen. Auffallend breite Absorptionsstreifen deuten auf zu geringe Verdünnung hin; man scheue die kleine Mühe nicht, zur weiteren Verdünnung das Reagenzglas aus dem Apparat zu nehmen. Ebenso vermeide man es, das Reagenzglas, wenn es einer spektroskopischen Reaktion zu liebe in die Flamme gebracht werden muß, ohne Abkühlung in den Apparat zu stecken. Nach Schluß der Beobachtungen nimmt man zur Schonung der Federn die Reagenzgläser heraus.

Das zweiteilige Gesichtsfeld mit seiner scharfen Trennungslinie kann man noch in anderer Weise nutzbar machen. Nimmt man das Spektroskop durch Lösen zweier Rändelschrauben ab, und befestigt an dessen Stelle ein schwaches Steckokular, so erreicht man in diesem, nachdem es auf die scharfe Kante sorgfältig eingestellt ist, ein Gesichtsfeld, das dem eines Kolorimeters ähnlich ist. Man kann so die Färbung zweier in die Reagenz-Gläser gefüllten Lösungen mit größter Schärfe vergleichen und so z. B. Farbumschläge prüfen und die Titration verfeinern.

Die Vereinigung des Reagenzglaskondensors mit unserem Handspektroskop mit Kamera ergibt einen handlichen Spektrographen, der auf S. 23 beschrieben ist.

Bereits gelieferte Handspektroskope können nachträglich mit dem Reagenzglaskondensor ausgerüstet werden; in diesen Fällen macht sich die Einsendung des Handspektroskopes an uns erforderlich zur Anpassung eines größeren Spaltes.

5. Fernspektroskope.

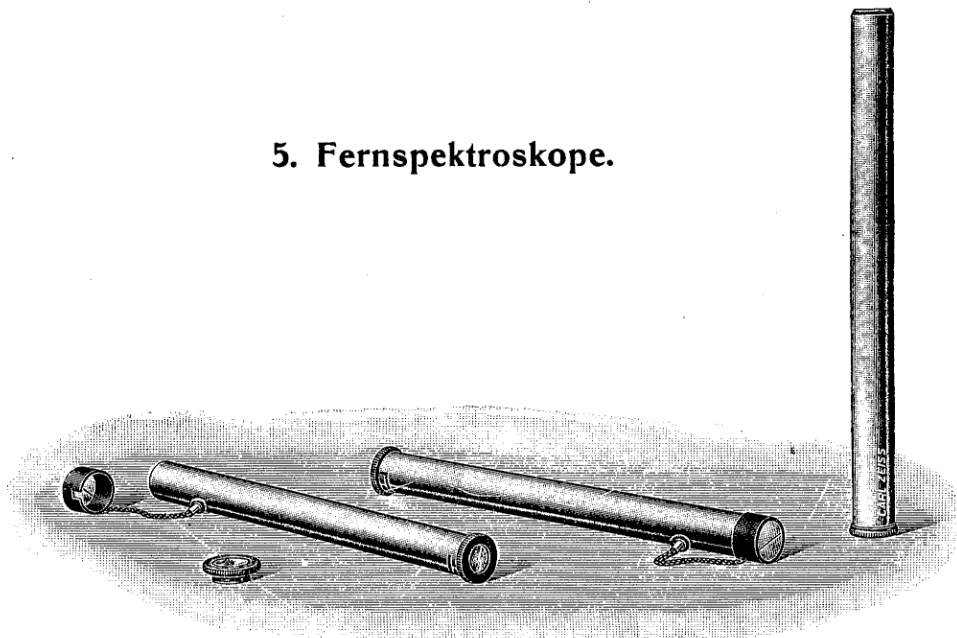


Fig. 10. Das Fernspektroskop mit abnehmbarem Spalte.

2914

Das Fernspektroskop¹⁾ dient in erster Linie zur Beobachtung entfernter Lichtquellen, z. B. von elektrischen Funken, von lumineszierenden Substanzen geringer Ausdehnung, von Bunsenflammen, in denen Metalle verdampfen. Es kann daher mit Vorteil zur Beobachtung von lichtschwachen Spektralerscheinungen vom Auditorium aus herangezogen werden, d. h. von Spektren, die sich nicht projizieren lassen. Es besteht aus einem Rohre, an dessen einem Ende eine sammelnde Zylinderlinse als Objektiv sitzt; das Okularende trägt eine zerstreuende Zylinderlinse, die um 90° zwischen Anschlägen drehbar ist. Durch diese Drehung wird eine Einstellung für die verschiedenen Farben bewirkt. Vor der Okularlinse befindet sich ein dreiteiliges geradsichtiges Prisma von großer Dispersion. Als geeignetes Objekt zur Prüfung der Spektroskope dient z. B. eine Argon-Licht-Reklame-Lampe, oder auch eine Quecksilberdampf Lampe. Diese Objekte beobachtet man aus zwanzig bis hundert Meter Entfernung (z. B. beobachtete man die Quecksilberlampen in den Höfen des Glaswerks von Schott & Gen. in Jena von den umliegenden Bergen aus). Zur Prüfung im Zimmer verwendet man am besten elektrische Funken, die z. B. zwischen Kupferelektroden überspringen. Eine Verdunkelung des Beobachtungsraumes ist nicht unbedingt erforderlich, wenn nur die Lichtquelle sich vor einem dunklen Hintergrund befindet.

Zur Beobachtung von flächenförmigen Objekten, z. B. des Himmels, wird das Fernspektroskop mit einem aufsteckbaren Spalt versehen, ferner wird die Okularzylinderlinse mit einem sphärischen Dioptrienglas vertauscht.

¹⁾ H. LEHMANN, „Das Fernspektroskop“, Zeitschr. f. Instrkde., 32, S. 1, 1912 („Meß 258“), und H. LEHMANN, „Lumineszenzanalyse mittels der U.V. Filterlampe“, Verh. d. D. Phys. Ges. 13, S. 1103, 1911 („Meß 285“).

B. Spektroskope mit Fernrohr:

a) Gitterspektroskope.

6. Gitterspektroskop mit Wellenlängenschraube.

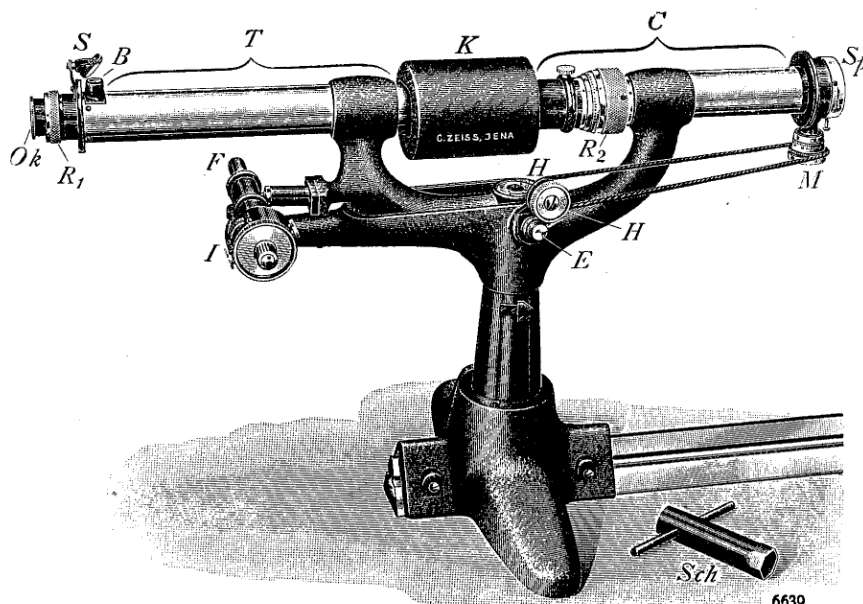


Fig. 11. Das Gitterspektroskop mit Wellenlängenschraube J und Spaltferneinstellung H (etwa $\frac{1}{6}$ nat. Größe).

Das Gitterspektroskop ist den Anforderungen der Analyse von Absorptionsspektren, für die wir den Herren Prof. J. FORMÁNEK, Prag und Prof. Otto SCHUMM, Hamburg, wertvolle Ratschläge verdanken, ausdrücklich angepaßt, ohne daß seine Brauchbarkeit für helle Emissions-Spektren deshalb eingeschränkt wäre. Die Eigenschaft des Gitterspektrums, daß die Wellenlänge einer Spektrallinie dem Sinus von deren Ablenkungswinkel proportional ist, wurde dazu verwertet, die Mikrometerschraube, die das Fernrohr durch das Spektrum bewegt, direkt nach Wellenlängen zu teilen. Da von den Gittern nur ausgesuchte Exemplare verwendet werden, hat uns die ausgezeichnete Definition der Spektren in den Stand gesetzt, von der bisher üblichen Wellenlängenteilung in $\mu\mu$ = milliontel Millimeter abzugehen, und die Trommel der Mikrometerschraube zehnmal feiner, nämlich in Angström-Einheiten zu teilen ($1 \text{ \AA} = 0,1 \mu\mu$). Die FRAUNHOFERSchen Linien des Sonnenspektrums sind bis auf $\pm 1-2 \text{ \AA}$ genau einstellbar. So ist das Gitterspektroskop ohne jeden Zusatz auch zur CO-Bestimmung im Blute nach H. HARTRIDGE geeignet.

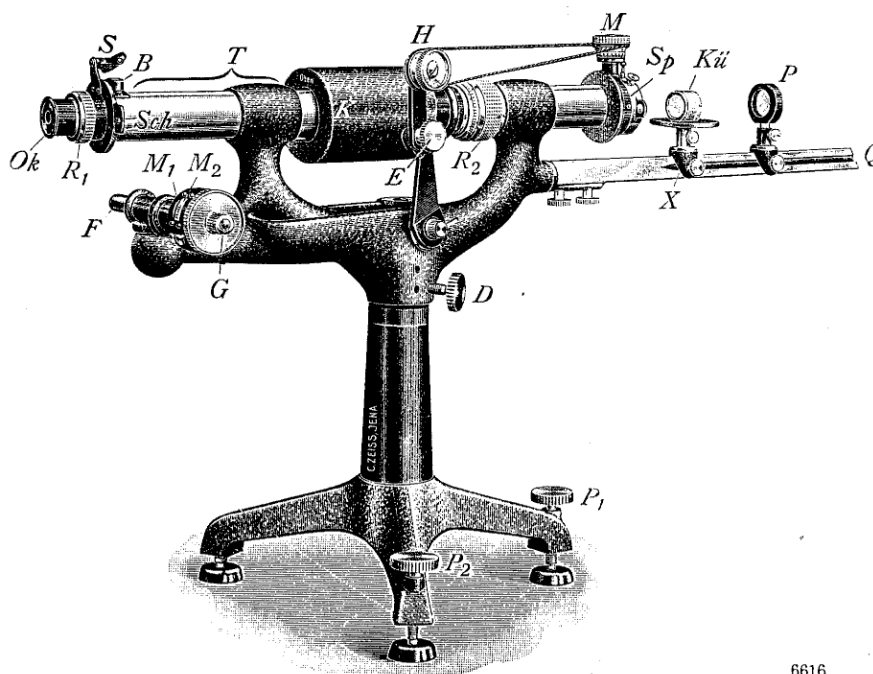
Zur Scharfeinstellung des Spektrums auf das Fadenkreuz des Fernrohrs dient der geränderte Ring R_2 an dem besonders fest gelagerten Kollimator C . Der symmetrische Präzisionsspalt kann mittels Schnurlaufs durch ein Rädchen H während der Beobachtung verstellt werden; die Spaltbacken sind durch eine abnehmbare Kappe mit Glasfenster gegen Beschädigungen und gegen Staub nach Möglichkeit geschützt, die Kappe kann gegen eine ähnliche mit Vergleichsprisma ausgetauscht werden. Ein Teilstrich der hundertteiligen Spaltröhrchen M bedeutet $0,01 \text{ mm}$ der Spaltbreite ¹⁾.

Eine ausführliche Gebrauchsanweisung wird dem Instrument beigegeben.

¹⁾ Im übrigen vergl. F. LÖWE, „Ein Gitterspektroskop mit einer nach Wellenlängen geteilten Mikrometerschraube“, Zeitschr. f. Instrkde., 28, S. 261, 1908 oder Physikal. Zeitschr. 9, S. 752, 1908, und Verhandl. d. Deutschen Physikal. Gesellsch., 10, S. 671, 1908.

7. Gittermeßspektroskop

nach F. LOEWE und O. SCHUMM.



6616

Fig. 12. Das Gittermeßspektroskop nach LÖWE-SCHUMM (etwa $\frac{1}{6}$ nat. Größe) mit angebaute optischer Bank Q , Spaltschraube M , Feineinstellung H , Fadenkreuzbeleuchtung S und Okularfeinstellring R_1 .

In der neuesten Form unterscheidet das Gitterspektroskop sich von seiner bisherigen auf Vorschlag von Herrn Prof. SCHUMM insbesondere durch die Verkürzung des Abstandes zwischen Spalt und Okular und durch die an den Kollimatorarm angebaute optische Bank Q . Diese trägt die Kondensorlinse P und das Tischchen X für die Küvette.¹⁾

Die Untersuchung von Absorptions-Spektren.

Bei der Analyse der Absorptions-Spektren zeigen die Absorptionsbanden vermöge der geringen Dispersion des Gitters eine für die genaueste Einstellung auf das Fadenkreuz günstige Schärfe; dadurch ist dieses Spektroskop für die FORMÁNEK'sche Methode der Spektralanalyse von Farbstoffen²⁾ und für das Studium der Blutspektren nach SCHUMM³⁾ besonders geeignet. Um das Fadenkreuz auch innerhalb sehr dunkler Absorptionsbanden sichtbar zu machen, haben wir am Fernrohre selbst

¹⁾ Vgl. die ausführl. Beschreibung in dem Lehrbuche von O. SCHUMM „Die spektrochemische Analyse natürlicher Farbstoffe“ S. 38, Gustav Fischer, Jena II. Auflage 1927.

²⁾ J. FORMÁNEK, „Untersuchung und Nachweis organischer Farbstoffe auf spektroskopischem Wege“, II. Auflage, Berlin 1908, bei Julius Springer. J. FORMÁNEK, „Die qualitative Spektralanalyse anorganischer Körper“, II. Auflage, Berlin 1905, bei Rudolf Mückenberger.

³⁾ O. SCHUMM, Hopp-Seyler's Z. f. physiol. Chem., 164. Band (1927).

eine bequeme Beleuchtungseinrichtung S für das Fadenkreuz angebracht, die, wenn auch mit anderen konstruktiven Mitteln, den Zweck der von FORMÁNEK¹⁾ empfohlenen Anordnung gut erfüllt.

Als Lichtquelle empfehlen wir eine helle Lampe mit matter Birne, bei dieser Lichtquelle wird der Spalt gewöhnlich nur 2—3 Hundertstel-mm breit geöffnet. — Ebenso bequem in der Handhabung ist eine Invert-Gas-Glühlampe auf Stativ.

Muß man mit spezifisch helleren Lichtquellen von kleiner Ausdehnung arbeiten, so soll die Linse P von einer Lichtquelle ohne Struktur (z. B. der Kugel einer Punktlichtlampe) ein vergrößertes Bild auf dem Spalte S_p , von einer Lichtquelle mit Struktur (z. B. einer Glühlampe mit spiralig gewundenem Faden) ein vergrößertes Bild in der Gegend des Kollimator-Objektivs entwerfen; dann ist in jedem Falle der Spalt in seiner ganzen Ausdehnung gleichmäßig beleuchtet und liefert ein Spektrum, dessen Lichtstärke von oben nach unten, also z. B. längs einer Absorptionsbande betrachtet, eine gleichförmige Helligkeit aufweist. Die Methodik der Untersuchung von Absorptions-Spektren findet sich in E. ABDERHALDENS Handbuch der biologischen Arbeitsmethoden Abt. II, Teil 2, S. 1441 ff. dargestellt (Kap. Spektroskopische Methoden des Mediziners von F. LÖWE), wo man eine neue Tabelle der Wellenlängen der Absorptionsbanden von Blutfarbstoffen findet.²⁾ Die ausführlichste Behandlung der Blut-Spektroskopie verdanken wir O. SCHUMM (l. c.).

Die Untersuchung von Emissions-Spektren.

Funken-Spektren und Bogen-Spektren werden untersucht, indem man die Lichtquelle durch eine Sammellinse auf den weißlackierten Spaltbacken abbildet; es ist nur darauf zu achten, daß, bei Betrachtung mit einer Lupe, der kleine helle Kreis vor dem Okular des Fernrohrs, die sogenannte Austrittspupille, möglichst von Licht erfüllt ist. Zum Gebrauche in Betriebsräumen kann das Oberteil des Spektroskops auf ein geodätisches Dreibeinstativ aufgesetzt werden.

GEISSLERSche Röhren mit Längsdurchsicht (andere sind nicht zu empfehlen) werden am besten in unseren Beleuchtungs-Apparat eingespannt, der mit einer, an anderen Stativen meist fehlenden Einrichtung versehen ist, mittels der man die Kapillare der GEISSLERSchen Röhre der optischen Achse der Kondensorlinsen parallel richten kann, eine Justierung, die bei den meisten Röhren wegen deren naturgemäß nicht streng geometrischer Form notwendig ist, und die erst eine volle Ausnutzung der Lichtstärke einer GEISSLERSchen Röhre ermöglicht.

Zur Erzeugung von hellen Flammen-Spektren benutze man ein Knallgas- oder Azetylsauerstoffgebläse, wofür wir auf Wunsch eine Bezugsquelle nachweisen.

8. Gitter-Spektroskop mit Autokollimation nach Prof. E. Haschek.

Das wagerechte Fernrohr trägt in seinem Okularkopf gleichzeitig den Kollimatorspalt und zwei Reflexionsprismen. Das Fenster des rechten ist in Abb. 13 durch die weiße Umrahmung kenntlich, die die Beobachtung des vom Kondensor C entworfenen Bildes der zu untersuchenden Lichtquelle (Funke, Bogen, Kapillare eines Geißlerschen Rohres) erleichtern soll. Gegen die Fernrohrachse ist das um eine vertikale Achse schwenkbare

¹⁾ Siehe Anmerkung 2, Seite 14.

²⁾ Zur Einführung in die Spektroskopie überhaupt ist besonders geeignet: LIFSCHITZ, „Kurzer Abriß der Spektroskopie und Kolorimetrie“, II. Auflage, Leipzig bei J. A. Barth, 1927.

Plangitter PG so geneigt, daß es in einer Endlage das violette Ende des Spektrums I. Ordnung eben noch in das Gesichtsfeld reflektiert. Seinen Hebelarm kann man mittels einer langen Meßschraube soweit bewegen, bis das rote Ende des Spektrums zweiter Ordnung an der Einstellmarke im Okulare vorübergewandert ist. Die Wellenlänge der jeweils gerade auf die Marke eingestellten Spektrallinie ist an der Teilung WT und der Meßschraube M in leicht verständlicher Weise abzulesen.

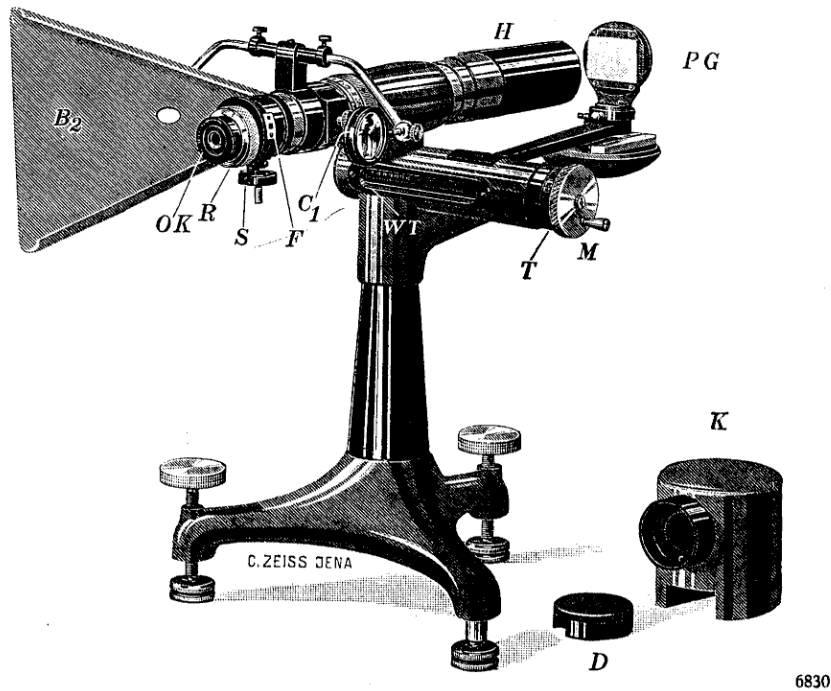


Fig. 13. Gitterspektroskop nach Prof. E. Haschek mit Spaltfenster F , Spaltschraube S , Fokussierungs-Ring R für das Okular OK , Kondensorlinse C_1 (und C_2), Blendstutzen B_2 (und B_1), dem Plangitter PG , der Schutzkappe K , dem Gitterschutzdeckel D und der Lichtverschluß-Hülse H . Mit WT ist die Wellenlängenteilung und mit T die hundertteilige, nach ganzen Angström-Einheiten bezifferte Meßtrommel bezeichnet. M ist das Handrad.

Durch zwei Blendschirme, von denen in der Abbildung nur der linke (B) enthalten ist, wird der Beobachter gegen Blendung und andere störende Wirkungen der Lichtquellen geschützt. Man beginnt die Beobachtungen erst, nachdem die Schutzkappe K über den Prismenisch gestülpt und die Lichtverschlußhülse H in K eingeschoben ist. D ist ein Staubschutzdeckel für das Gitter, das 400 Striche pro mm hat (entsprechend 10000 Striche pro inch). Das neue Instrument ist vor allem für Laboratorien in metallurgischen Betrieben bestimmt. Es soll die Auffindung derjenigen Elemente erleichtern, die nur in kleinen Mengen in einer Legierung vorhanden sind, entweder als erwünschte Zuschläge oder als Verunreinigungen. Für diese qualitative Spektralanalyse haben wir eine neue Tabelle der empfindlichen Spektrallinien auf Grund des Smithschen nach Elementen geordneten Verzeichnisses¹⁾ der sichtbaren Spektrallinien ausgearbeitet (vergl. S. 48/49).

¹⁾ D. M. SMITH, Visual Lines for Spektrum Analysis, London bei Ad. Hilger, Ltd. 1928; auch durch uns zu beziehen.

9. Gitter-Handspektroskop.

Das Gitter-Handspektroskop¹⁾ soll in erster Linie zur Messung von Absorptionsspektren fester Körper sowie von Flüssigkeiten und Gasen, dann aber auch zur übersichtlichen Beobachtung heller Emissionsspektren, von Funken, elektrischen Flammenbogen und der Bessemerflammen dienen. Die Wellenlängen werden etwa dreimal so genau als im üblichen Prismen-Handspektroskop nach BROWNING gemessen, d. h. auf $\pm 3-4$ Angström-Einheiten. Die Dispersion des Gitters und die Vergrößerung des Fernrohrs sind so gewählt, daß das ganze Spektrum auf einen Blick zu übersehen ist. Das einzige bewegliche Teil des sehr stabilen Spektroskops ist die geschützt gelagerte Meßschraube *M*,

deren Teilstriche die Angström-Einheiten angeben. Sie ist zwischen zwei festen Anschlägen drehbar und gegen die Okularteilung so abgestimmt, daß 100 Trommelteile einem Intervall im Okular entsprechen; die Okularteilung geht von 40 (= 4000 Å. E.) bis 77 (= 7700 Å. E.). Für die Scharfeinstellung gilt die Regel, erst in der Gegend der zu messenden Spektrallinien oder Absorptionsbande das Okular auf die Teilstriche scharf zu stellen, und dann durch Drehen am Fokussierungsringe *J* des Kollimators die Linien oder Banden so einzustellen, daß sie gegen die Teilstriche keine Parallaxe zeigen, wenn man das Auge vor dem Okulare quer hin- und herbewegt. Die Justierung erfolgt mit Hilfe des dem Instrument beigegebenen

Vierkantschlüssels nach der jedem Instrumente beigegebenen Anleitung. Um die Wellenlänge einer Spektrallinie etwa $\lambda = 5461$ Å. E. des Hg-Dampfes zu messen, verschiebt man diese mit der Meßschraube auf den nächst kleineren Teilstrich im Okular, hier 54, notiert diesen und setzt das Mittel aus drei aufeinanderfolgenden Ablesungen an der Meßtrommel, hier 61, daneben; die so gewonnene vierstellige Zahl 5461 gibt die Wellenlänge in Å. E. an; will man nur $\mu\mu$, so wird $546.1 \mu\mu$ notiert. In gleicher Weise verfährt man bei der Festlegung der Ränder einer symmetrisch erscheinenden Absorptionsbande; nimmt aber die Helligkeit von der dunkelsten Stelle der Bande nach links und rechts anscheinend unsymmetrisch zu, so versucht man wiederholt, die dunkelste Stelle der Bande auf den zu

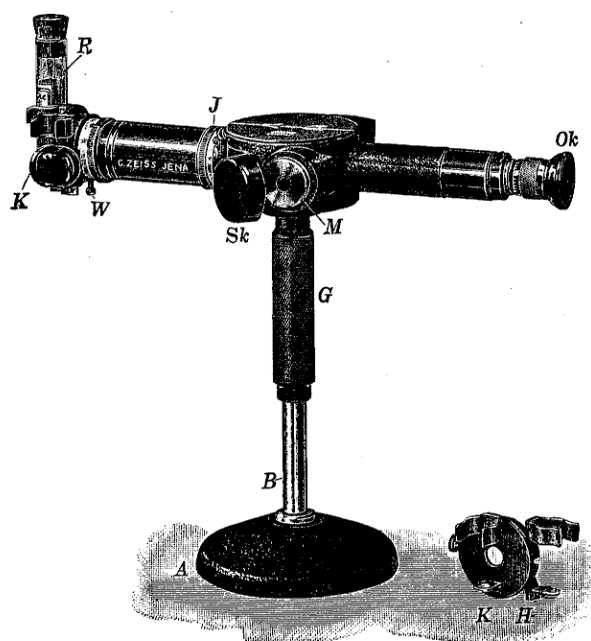


Fig. 14. Das Gitter-Handspektroskop ($\frac{1}{4}$ nat. Größe) 6418 mit Halter *KH* für zwei Reagenzgläser *R* oder Küvetten *K*, und Schutzkappe *Sk* für die Meßschraube *M*.

¹⁾ F. LÖWE, Chem. Z. 46, 467, 1922.

ihr gehörenden Teilstrich der Okularteilung einzustellen. Der auf das Spaltende des Spektroskops aufsteckbare Röhrenhalter ist sowohl für Reagenzgläser, die nicht in erster Linie zu empfehlen sind, als für die für genaues Arbeiten vorzuziehenden Küvetten eingerichtet, deren Schichtdicke man im Gegensatz zu der der Reagenzgläser genau angeben kann. Mittels des Knopfes *W* läßt sich ein Vergleichs-Prisma vorschalten, dessen Fenster in der Abbildung zu sehen ist. Am Griffe *G* kann man das Spektroskop von der Säule *B* abheben, um es im Zuhörerkreise herumgehen zu lassen. Zur Untersuchung kleiner oder entfernter Leucht-Erscheinungen ist eine Kondensorlinse vorgesehen, die mit einer metallenen Führungsstange am Kollimator befestigt wird. Zum Gebrauche in einer Bessemerie kann das Spektroskop auf ein leichtes Dreibeinstativ montiert werden.

b) Prismen-Spektroskope.

10. Autokollimations-Spektroskop¹⁾.

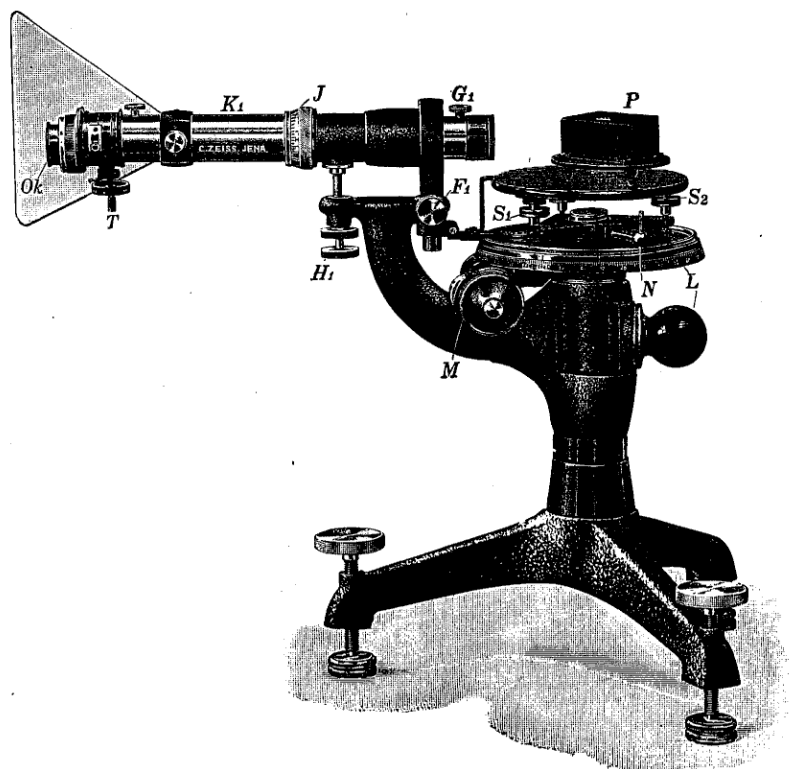
Das Prisma *P* erhält sein Licht als paralleles Strahlenbüschel aus dem Objektiv G_1 ($1:12,5$, $f=250$ mm) des wagerecht liegenden Fernrohrs, in das es durch eines der zwei zur Achse symmetrischen Fenster mit Spiegelprismen eingedrungen ist. Da so die Lichtquellen seitlich vom Beobachter stehen müssen, würde dessen Auge leicht geblendet, wenn nicht rechts und links je ein Blendschirm eingehängt wäre, von denen in der Abbildung der rechte weggelassen worden ist. Die Spaltbreite wird mit dem Teilrad *T* eingestellt, die beste Schärfe des Fadenkreuzes mit dem geriefelten Ringe am Okular *Ok* und dann erst die der Spektrallinien mittels des Ringes *J*. Will man nur Absorptionsspektren messen, so beleuchtet man den Spalt, um die Einstellung mittels *J* zu machen, einen Augenblick mit Sonnenlicht, dessen FRAUNHOFERsche Linien bei genügend verengtem Spalte eine der schönsten spektroskopischen Demonstration darstellen, oder mit Natriumlicht, dessen Linien D_1 und D_2 deutlich getrennt erscheinen. Die Höhenlage des Spektrums im Gesichtsfelde wird sowohl durch die Stellschraube *H* des Fernrohrs wie durch die Stellschrauben unter dem Prismmentisch beeinflußt, nach den klassischen Regeln der Justierung des Spektrometers. Durch den mit dem Auge abzulesenden (Finder-)Teilkreis und die Präzisionsmikrometerschraube *M* lassen sich auch spektrometrische und goniometrische Aufgaben mit Autokollimation im Unterrichtslaboratorium lösen. Die Meßschraube *M*, deren ganze Umdrehungen auf der linken, und deren Hundertstel auf der rechten Trommel — mit gemeinsamem Indexstrich — abgelesen werden, dient zur Aufstellung einer orientierenden Wellenlängen-Kurve, und insbesondere zu der genauen Ermittlung der Wellenlängen unbekannter Spektrallinien durch Interpolation zwischen bekannten.

Bei der Beobachtung im violetten Spektralbereiche tritt die günstige Helligkeit des Spektrums besonders zu Tage; natürlich ist das Prisma bei den Messungen von einer Schutzkappe bedeckt, die alles fremde Licht ausschließt. Je nach der Art der geplanten spektroskopischen Untersuchungen wird auf den Prismmentisch ein einfaches 30° Prisma mittlerer Dispersion oder ein zweiteiliges Rutherfordprisma hoher Dispersion gesetzt. Jedes Prisma hat 21 mm Länge der brechenden Kante und ist auf einer Grundplatte gelagert, die drei Füße hat. Diese passen in 3 Bohrungen des Prismmentischs.

Das 30° -Prisma hat zwischen *C* und *F* also zwischen den Wellenlängen $656 \mu\mu$ und $486 \mu\mu$ eine Farbenzerstreuung von $1^\circ 18'$, das halbe Rutherford'sche Prisma dagegen eine Dispersion $C-F=4\frac{1}{2}^\circ$; man verwendet das einfache Prisma zur Betrachtung und Messung von Absorptions-Spektren, deren dunkle Banden dabei ver-

¹⁾ Hervorgegangen aus der Konstruktion von C. PULFRICH, Z. f. Instrkde. 14, 354, 1895.

hältnismäßig scharf erscheinen; dagegen werden Linienspektren besser mit dem Rutherfordprisma untersucht, dessen starke Farbenzerstreuung ausreicht, um die beiden Natrium-Linien zu trennen ($\lambda_1 = 589.6$ und $\lambda_2 = 589.0 \mu\mu$).



6406

Fig. 15. Das Autokollimationsspektroskop ($\frac{1}{4}$ nat. Größe) mit Teilkreis L , Meßschraube M und Spaltverstellung T .

Schließlich erlaubt eine versilberte Gitterkopie, die man an die Stelle des Prismas setzt, die Eigenarten des Gitterspektrums im Praktikum vorzuführen; das Gitter hat 600 Striche auf dem mm (=15000 Striche pro engl. Zoll). Ueber die Ergänzung dieses Spektroskopes zu einem Lehr-Spektrographen für sichtbares Licht (mit Prismen und Gitter), und für das ultraviolette Spektrum (mit Quarzprisma und Quarzfluorit-Objektiven) vergl. Seite 24.

11. Festarmiges Spektroskop mit zwei Prismen.

Das festarmige Spektroskop besteht aus einem Dreifuß mit Säule und zwei festen Armen, die das Kollimatorrohr K_1 und das Fernrohr K_2 tragen. Zwischen diesen sind die ABBESchen Prismen P_1 und P_2 mit fester Ablenkung¹⁾ Höhe 20 mm — aus Glas für das sichtbare, aus Quarz für das ultraviolette Spektrum — gelagert. Sie werden durch die Meßschraube M gleichzeitig um gleiche Beträge gedreht, so daß durch das Okular Ok des ruhenden Fernrohrs K_2 das Spektrum hindurchwandert. Der mit der Trommel T der Spaltverstellung verbundene Schnurlauf gestattet dem Beobachter, mit der linken Hand die Spaltbreite symmetrisch zu verstellen, die man an T auf 0,01 mm genau ablesen kann. Die Meßschraube M , die durch die rechte

¹⁾ F. LÖWE, Zeitschr. f. Instrkde. 27, 271, 1907.

Hand betätigt wird, eicht man sich nach Wellenlängen. Auf Wunsch wird der Apparat auch mit nach Wellenlängen bezifferten Meßschrauben für das sichtbare und das ultraviolette Spektrum ausgerüstet. Jedes der zwei Glas-Prismen besteht in der Regel aus Schwerflint ($n_D = 1.71$ $v = 29,5$) mit einer mittleren Dispersion $C-F = 2^\circ 45'$; für besondere Zwecke werden andere Glassorten gewählt. Die Schutzkappe S schließt fremdes Licht aus, sodaß eine mäßige Verdunkelung des Arbeitsraumes genügt.

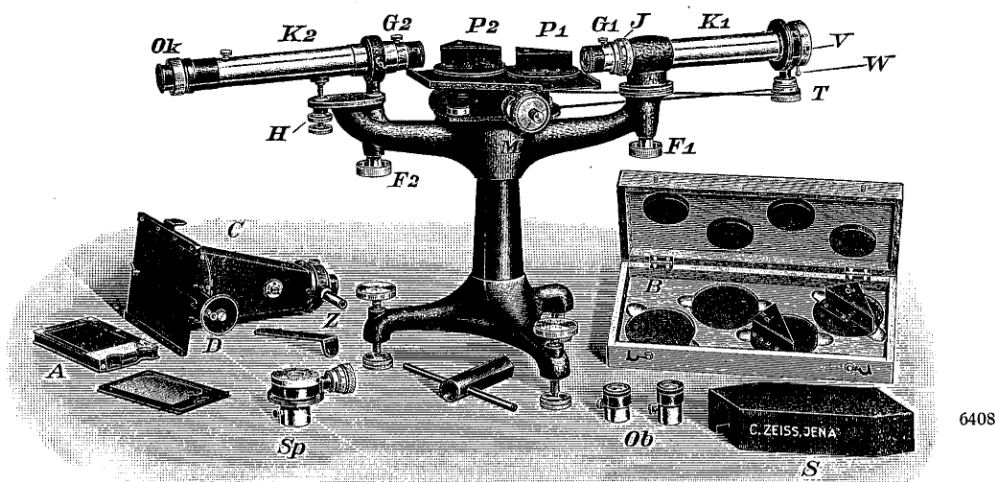


Fig. 16. Das festarmige Spektroskop ($\frac{1}{8}$ nat. Größe)
mit Kollimator K_1 , Spaltmeßschraube T , Prismen P_1 und P_2 , Mikrometerschraube M ,
Fernrohr K_2 , Okular Ok , auswechselbarer Kamera C und Schutzkappe S .

Die Objektive ($1:1,25, f=250$ mm) sind in Stutzen gefaßt, die in die Fernrohre bis auf Anschlag einzuschieben sind, sie werden mit G_1 und G_2 festgeklammert; schließlich wird der Fokussierungsring J auf den im Merkblatt angegebenen Wert eingestellt, womit die beste Schärfe der Spektrallinien erreicht ist.

Ersetzt man das Okular Ok durch den symmetrischen Spalt Sp , so stellt der fest-armige Spektroskopapparat einen Monochromator für sichtbares und ultraviolettes Licht dar, wie er z. B. nach v. HALBAN¹⁾ zu spektrophotometrischen Messungen, mit Hilfe von photoelektrischen Zellen benutzt wird; dabei ist die große Dispersion (zwei Prismen gegenüber dem sonst üblichen einen Prisma) besonders wertvoll; die Doppelbrechung der Quarzprismen ist nach R. STRAUBEL durch die Verfügung über die Lage der Achsen jeweils in dem von der Objektivachse halbierten Drittel des ultravioletten Spektrums aufgehoben, bei jeder Einstellung der Wellenlängenschraube M ist der gerade im Spalte Sp abgebildete Ausschnitt des Spektrums und seine Nachbarschaft frei von Doppelbrechung.

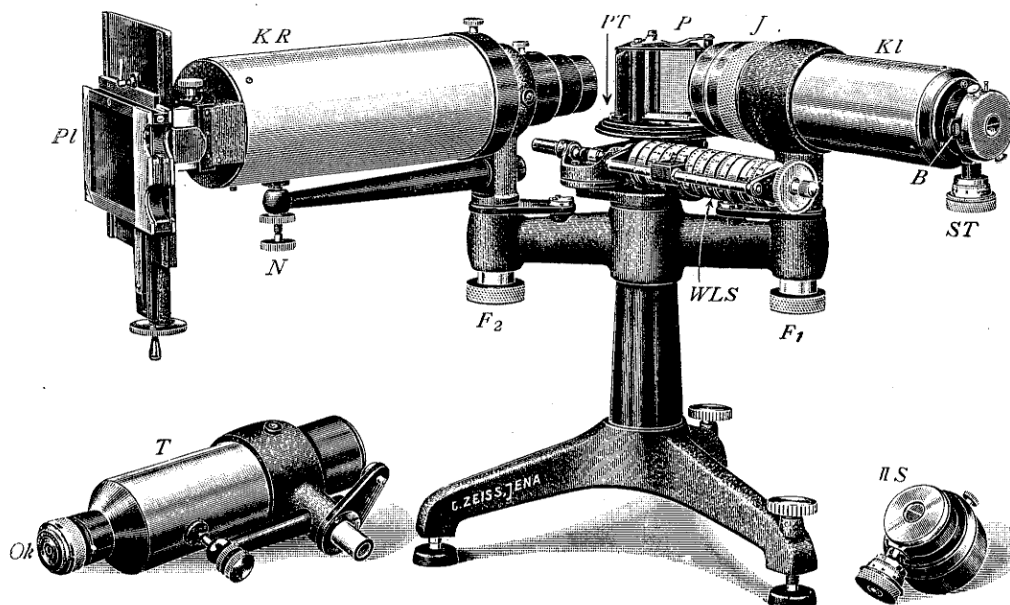
Wegen der Verwendung als Spektrograph vergl. S. 26 Nr. 17.

12. Festarmiges Spektroskop mit 90° Ablenkung.

Von dem vorherbeschriebenen festarmigen Spektroskop mit zwei Prismen (Nr. 10) unterscheidet sich der in Fig. 16 dargestellte in zweierlei Hinsicht. Erstens ist er nur mit je einem Glas- oder Quarzprisma ausgestattet und zweitens beträgt die Ablenkung dieses ebenfalls festarmigen Prismas ($n_D = 1.67$ Höhe 50 mm Dispersion $C-F = 2^\circ 12'$) und damit der Winkel zwischen Kollimator und Fernrohr 90° ; die

¹⁾ H. v. HALBAN, Z. f. physik. Chemie **96**, 214, 1920 und **100**, 208, 1922.

Objektive haben bei diesem Modell das große neuerdings oft bevorzugte Öffnungsverhältnis 1:5 oder 1:6 bei einer Brennweite von 250 oder 300 mm. Jedes Prisma hat eine eigene Grundplatte, mit deren Hilfe es leicht auf den drehbaren Prismen-Tisch *PT* gesetzt werden kann; gut passende Füße gewährleisten die immer gleiche Lage. Die Spiraltrommel ist für das sichtbare Spektrum (von $\lambda=400\mu\mu$ bis $\lambda=780\mu\mu$) oder für das Ultraviolett (von $\lambda=400\mu\mu$ bis etwa $200\mu\mu$) oder auf besonderen Wunsch für beide Spektren in Wellenlängen geteilt. Wie die Prismen sind auch die Objektive auswechselbar gemacht; für das Ultraviolett dienen neue vierteilige Quarz-Steinsalz-Achromate ($1:5$, $f=250$ mm) und Quarzprismen von 60° (Dispersion $C-F=0^\circ 28'$, $D=214\mu\mu=8^\circ 8'$, $C=186\mu\mu=13^\circ$).



6705

Fig. 17. Festarmiges Spektroskop mit 90° Ablenkung
ausgerüstet mit Kamera-Rohr *KR* und 6×9 cm Kassette.

Durch Lösen von F_2 kann dieses Rohr abgenommen und gegen das Fernrohr *T* ausgewechselt werden. Das Okular *Ok* kann man durch den II. Spalt *II.S* ersetzen, um den Apparat in einen Monochromator zu verwandeln. Mit *WLS* ist die Wellenlängen-Trommel, mit *PT* der Prismen-Tisch, mit *J* die Feineinstellung des Kollimatorobjektivs und mit *ST* die Trommel des ersten Spaltes bezeichnet.

Zur exakten Behebung kleiner Reste der chromatischen Korrektur dient die mit einer Finderteilung ausgestattete Feinjustierung *J*. Der Spalt ist mittels der Spalt-trommel *ST* symmetrisch verstellbar. Der Blendschieber *B* begrenzt die Höhe des Spaltes, unter ihm ist das Fenster des Vergleichsprismas erkennbar. Um das Spektroskop in einen Monochromator zu verwandeln, ersetzt man das Okular durch einen zweiten symmetrischen Spalt. Wechselt man das Fernrohr gegen das Kamerarohr mit der 6×9 cm-Kassette aus, so stellt das Spektroskop einen lichtstarken Spektrographen dar, der für Fluoreszenz-Spektren besonders geeignet ist. Als Spektrograph für das Plattenformat $4\frac{1}{2}\times 6$ cm ist das Instrument zu verwenden, indem anstelle des Okulars ein Kassettenträger auf das Fernrohr aufgesteckt wird. Durch Lösen der Befestigungsschrauben F_1 und F_2 können Kollimator und Fernrohr abgenommen und einzeln für andere Zwecke verwandt werden. Ein in der Abbildung nicht dargestellter Plattenträger dient zur Zwischenschaltung einer Lummerplatte aus Glas oder Quarz oder eines Fabry-Perot-Etalons, worüber man briefliche Auskunft einhole.

C. Spektrographen mit Achromat-Objektiven:

13. Kleiner Spektrograph für das sichtbare Spektrum.

Verbindet man ein genau auf Unendlich eingestelltes Handspektroskop mit einer ebenfalls auf ∞ eingestellten Kamera ohne Auszug, so erscheint in der Bildebene der Kamera ein reelles Spektrum derjenigen Lichtquelle (z. B. Quecksilberlampe), mit der das Spektroskop beleuchtet wird. Ebenso wird die Wellenlängenteilung in der richtigen Vergrößerung auf der Platte mit abgebildet, wenn sie sehr sorgfältig eingestellt ist. Auch hierbei ist, wie bei dem okularem Gebrauche des Handspektroskops, das Vergleichsprisma zur Erzeugung eines Vergleichsspektrums zu benutzen. Der Spalt erscheint auf der Platte nach Länge und Breite vergrößert, macht man ihn eng genug und vermeidet man Ueberbelichtung, so sind die Spektrallinien auf der Platte von überraschender Schärfe, z. B. erscheinen die beiden Natriumlinien deutlich aufgelöst und verschieden stark. Bei dem Studium der Emissionsspektren im Praktikum für Chemiker und Physiker soll dieses einfache Spektrographenmodell die ersten Erfahrungen vermitteln; dabei macht ja die zweckmäßige Behandlung der Lichtquellen: Funke zwischen Drähten, aus einem Schmelzfluß, aus einer Salzlösung, Bogen zwischen Kohlen mit Docht, oder zwischen Metallelektroden, Aufbau der GEISSLERSchen Röhre, sämtlich mit Kondensor — den Studierenden erheblich mehr Mühe als die spektrographische Aufnahme, die durch dieses Modell so leicht als möglich gestaltet wird.

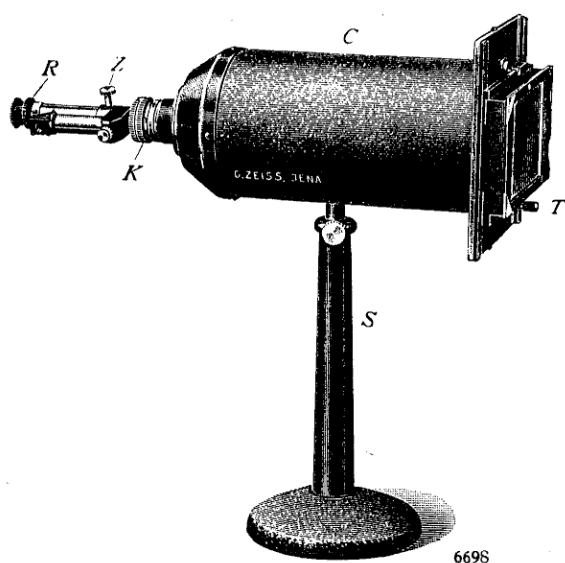


Fig. 18. Das Handspektroskop mit Kamera ($\frac{1}{6}$ nat. Größe) mit Wellenlängenteilung, mit Zahn- und Triebverstellung Z, Zwischenring K und verschiebbarem Kassettenrahmen (T).

Das Studium der spektralen Plattenempfindlichkeit, der Wirkung einzelner Sensibilisatoren oder der Absorptionswirkung flüssiger und fester Lichtfilter wird durch die Wellenlängenteilung, die sich auf die Platte aufkopiert, verfeinert.

Ueber das Handspektroskop allein vergl. S. 8 und 9.

14. Kleiner Spektrograph mit Reagenzglaskondensor.

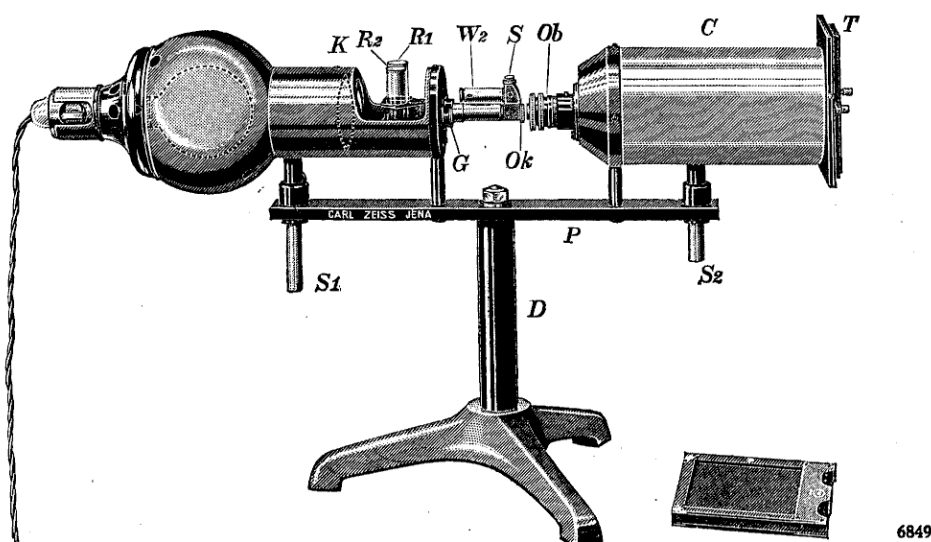


Fig. 19. Kleiner Spektrograph mit Reagenzglaskondensor, mit Lampe, Kondensorlinse *K*, Spektroskop *S Ok*, Kamera *C* und Kassette *T*.

Die unter 13 beschriebene einfache Kamera und das Handspektroskop mit Reagenzglaskondensor¹⁾ ergeben vereinigt einen Glasspektrographen von ganz besonders gedrängter Form und vielseitiger Verwendbarkeit. Wie Abb. 19 lehrt, trägt eine Grundplatte *P* mit dem Stifte *S*₁ das Handspektroskop mit Reagenzglaskondensor und mit dem Stifte *S*₂ eine Kamera. Wie bei dem vorbeschriebenen Spektrographen (S. 22) werden auch hier Kamera, Spektroskop-Okular und Wellenlängen-Rohr auf ∞ eingestellt. Dann liefert der einfache Spektrograph die Absorptions-Spektren zweier in die Reagenzgläser gefüllten Lösungen mit der Wellenlängenteilung auf einer 6×9 Platte, und zwar können 2 Paare von Absorptions-Spektren auf einer Platte aufgenommen werden. Um die Belichtung der Wellenlängenteilung unabhängig von der Aufnahme des Spektrums vorzunehmen, benutzt man die Blendkappe auf der Linse *K*. Die Kappe wird so gedreht, daß ihr Index auf „Spektrum“ steht, wenn das Spektrum aufgenommen, und auf „Skala“, wenn die Skala belichtet werden soll. Sollen dagegen Emissionsspektren, Metalle oder Salze photographiert werden, so nimmt man das Spektroskop durch Lösen von *G* ab und verbindet es mittels eines Zwischenringes mit dem Objektiv-Ende *Ob* der Kamera. Dann zieht man das ganze rechte Kondensorrohr mitsamt der Lampe durch Lösen der Klemmung von *S*₁ ab und setzt an dessen Stelle eine Kondensorlinse in Fassung mit Stift, die die Aufgabe hat, ein Bild des Funkens oder der Flamme auf den Spalt des Spektroskops zu werfen. So ist der Spektrograph mit den wenigen geschilderten Handgriffen in Bereitschaft zur Aufnahme von Emissionsspektren.

¹⁾ Vgl. F. Löwe, Die chem. Fabr., 1928, S. 3.

15. Lehr-Spektrograph mit Teilkreis für sichtbares und ultraviolettes Licht.

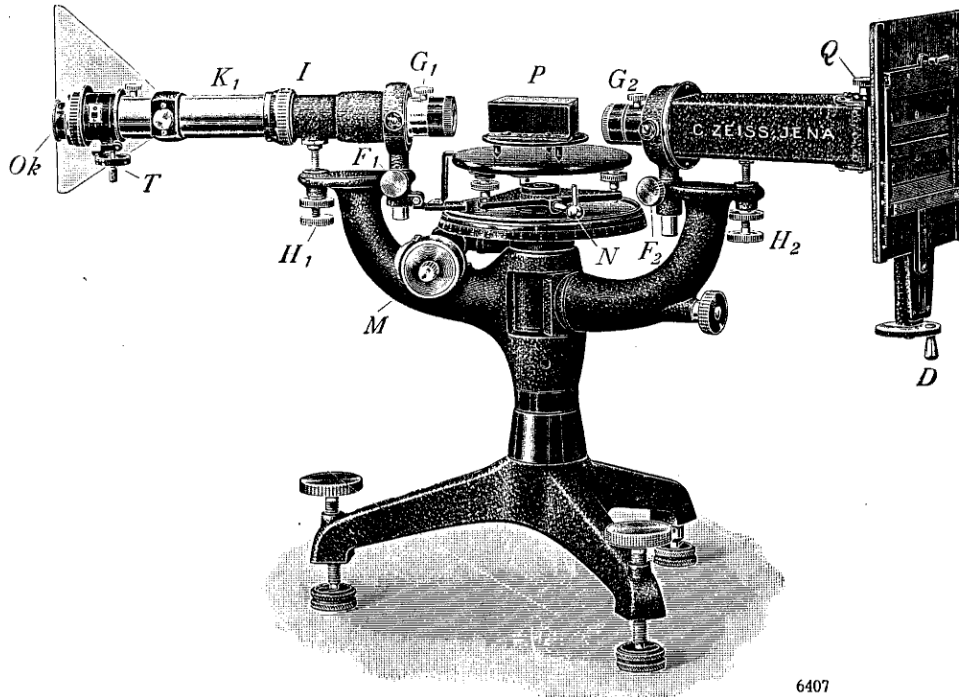
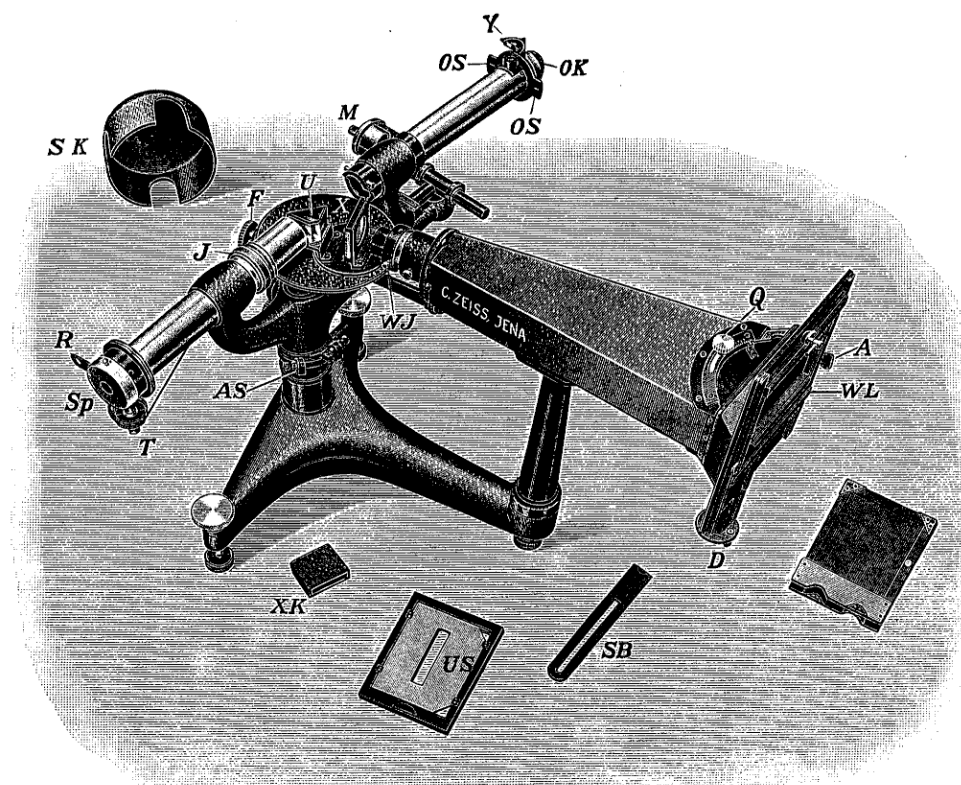


Fig. 20. Der Lehrspektrograph mit Teilkreis ($\frac{1}{6}$ nat. Größe) mit Kollimator K_1 , Prisma P und Kamera mit Handrad D zum Verschieben des Kassettenrahmens.

Der Lehrspektrograph ist durch die Erweiterung unseres Spektroskops mit Autokollimation entstanden (S. 18), an dessen Säule man den kräftigen gußeisernen Träger der Kamera einschrauben kann. Die Kamera wird alsdann mit ihrem Zapfen in die Hülse gesteckt und mittels F_2 festgeklammert; sie ruht außerdem auf der Stellschraube H_2 , die die Kameraachse zur Fernrohrachse parallel richtet. Der Kassettenhalter ist um seine Mittellinie schwenkbar, man stellt den im Merkblatt angegebenen Winkel mittels Q ein. Das Handrad D führt die Kassette in ihrem Rahmen auf- und abwärts (30 Aufnahmen übereinander). Sichtbares Spektrum: Prisma P ist ein dreiteiliges RUTHERFURD-Prisma von 20 mm Höhe mit einer Dispersion $C-F=4^\circ$ und guter Durchlässigkeit bis $\lambda=360 \mu\mu$; es dient zum photographischen Studium auch lichtschwacher Erscheinungen, die eine genügende Leuchtdauer haben. Sollen Absorptionsspektren aufgenommen werden, so wechselt man das RUTHERFURDsche Prisma gegen ein Leichtflint- oder ein Uvioflintprisma aus, wofür auf Anfrage besondere Vorschläge gemacht werden. Ersetzt man das Prisma durch ein Reflexionsgitter oder eine Gitterkopie, so kann man die Eigenschaften der Gitterspektren, auch in höheren Ordnungen, auf das bequemste studieren, da die Kamera in sehr weiten Grenzen schwenkbar ist. Der Prismmentisch kann in dreierlei Weise festgeklammert werden; erstens auf die feststehende Achse des Apparats, zweitens in feste Verbindung mit der Bewegung der Kamera, und drittens als Prismmentisch zur Erhaltung des Mini-

mums der Ablenkung. Für Aufnahmen des ultravioletten Spektrums ist ein Cornuprisma und ein Paar zweiteilige Quarzflußspatachromate ($1:12,5 f=250$ mm) vorgesehen, die in einfachster Weise gegen die Glasachromate ausgetauscht und mittels G_1 und G_2 festgeschraubt werden. Die Plattenneigung ist dann bei Q dem Merkblatt entsprechend abzuändern; zur Prüfung der Justierung der Lichtquelle und des Quarzkondensors zur Kollimatorachse ist die Betrachtung des Fluoreszenzspektrums auf dem Uranglas-Streifen der Mattscheibe mit einer Lupe zu empfehlen; bei gut zentrischer Lage aller Teile erscheinen die an der Stelle der ultravioletten Spektrallinien entstehenden Fluoreszenzlinien scharf und hell. So kann man sich auch ohne photographische Aufnahme einen Ueberblick über die Absorption von Filtern, Lösungen, Kristallen und Gläsern im Ultraviolett verschaffen. Die zur Beleuchtung des Spaltes dienenden Prismen im Okularkopf werden, ebenso wie alle Vergleichsprismen an unseren größeren Spektrographen, durchgehend aus Quarz hergestellt.

16. Gitter-Spektroskop mit Kamera, ein Universalinstrument für den Chemiker.



6409

Fig. 21. Das Gitterspektroskop mit Kamera ($\frac{1}{8}$ nat. Größe) mit Spalt Sp , Reflektor U , Gitter X und Kamera mit Wellenlängenteilung WL ; auf der Mattscheibe ist der Fluoreszenzstreifen US zu sehen.

Der Vergleich der Abbildung mit derjenigen des Gitterspektroskops (S. 13) lehrt, daß dieses von seiner Säule abgenommen und auf den Unterbau des Universalinstruments gesetzt werden kann; wir finden hier in der Tat den Kollimator und das

Fernrohr mit Meßschraube M unverändert wieder. Das Gitter des eigentlichen Spektroskops ist hier aber vom Objektivende des Kollimators abgenommen, da dessen Dispersion für das Plattenformat 9×12 nicht ausreichen würde. Statt dessen ist auf dem kreisrunden Prismmentisch der Prismenspiegel U und die Gitterkopie X , mit 600 Strichen pro Millimeter (15 000 Strichen pro engl. Zoll) aufgesetzt. So wird das aus dem Kollimator kommende Licht um etwa 90° abgelenkt und tritt, in seine Farben zerlegt, in die Kamera ein, deren Kassette mittels Q auf die im Merkblatt für das sichtbare Spektrum vorgeschriebene Neigung einzustellen ist; das Merkblatt enthält außerdem eine Angabe über die Fokussierungseinstellung bei J . Hat man einmal im Okular Ok durch Verfügung über die Konzentration und die Schichtdicke des Objekts dessen Absorptionsbanden so abgestimmt, daß man sie photographisch festhalten will, so vollzieht sich der soeben beschriebene Uebergang von der Betrachtung zur Aufnahme in wenigen Minuten. Auf der Platte wird dann das sichtbare Spektrum zugleich mit der Wellenlängenteilung $W.L.$, die die Schichtseite der Platte berührt, in einer Länge von ca. 90 mm abgebildet, die Teilung hat für jedes $\mu\mu$ einen Strich, und ist von 5 zu 5 $\mu\mu$ beziffert, die Linienspektren kann man daher auf eine Angströmeinheit genau mit der Lupe schätzen oder auf 0,1 Å. E. genau in einem Negativ-Meßmikroskop (vergl. S. 32) messen. Will man zum ultravioletten Spektrum übergehen, so wechselt man das Kollimator-Objektiv gegen einen Quarzfluoritachromaten aus und ersetzt den Prismenspiegel U und das Gitter X durch ein CORNUSches Doppelprisma aus Quarz (Dispersion $C-F=0^\circ 28'$, $D-214 \mu\mu=8^\circ 8'$, $C-186 \mu\mu=13^\circ$); schließlich schwenkt man den Kollimator um die Achse bis zum Anschlag AS und klemmt ihn wieder fest. Hat man noch die Fokussierung bei J und die Kassettenneigung bei Q nach Angaben des Merkblattes abgeändert, und die Wellenlängenteilung $W.L.$ herausgezogen und gegen diejenige für U. V. ausgetauscht, so ist der Apparat ein bequemer Spektrograph für Ultraviolett. Der Blendenschieber R vor dem Spalte ist mit stufenförmig nebeneinander angeordneten Blenden versehen, die nach den Erfahrungen DE GRAMONTS für die quantitative Spektralanalyse sich besonders empfehlen.

Eine ausführliche Gebrauchsanweisung wird dem Instrument beigegeben.

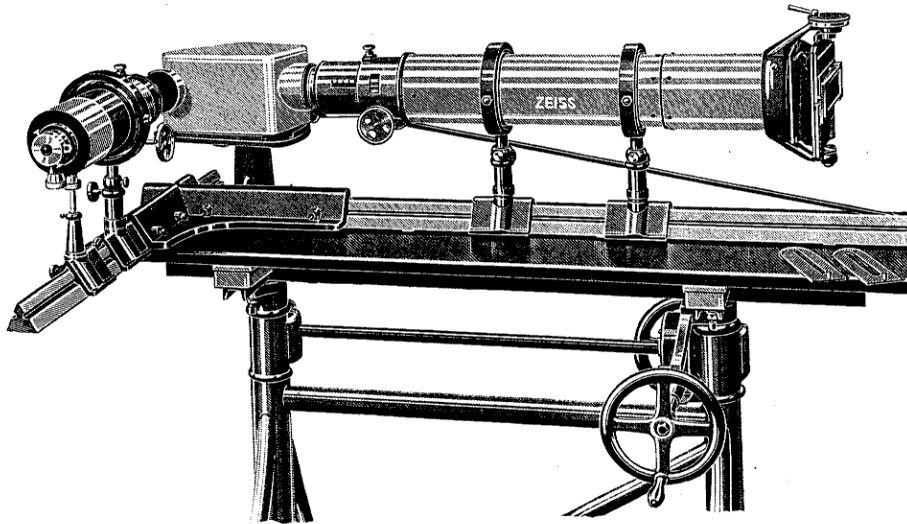
17. Der festarmige Spektralapparat als Spektrograph.

Wechselt man das Fernrohr K_2 (Fig. 16 S. 20) gegen die Kamera C derselben Abbildung aus, so hat man einen kleinen Spektrographen ($f=25$ cm) mit einem sichtbaren oder ultravioletten Spektrum von etwa 50 mm Länge, die es im wesentlichen nur für Orientierungs- und Unterrichtszwecke geeignet erscheinen läßt; bei dem ebensolangen ultravioletten Spektrum, das in Verbindung mit einem Meßmikroskop seiner Ausdehnung nach für die Bedürfnisse des Analytikers knapp ausreichen würde, tritt die Doppelbrechung im rechten und linken Drittel des symmetrisch zur Plattenmitte eingestellten Spektrums störend in Erscheinung. Man kann aber jedes Drittel des Spektrums der Reihe nach in die Mitte der Platte bringen und ohne Doppelbrechung photographieren. So ist der festarmige Spektralapparat als Spektrograph für Ultraviolett nur zur Untersuchung einzelner Spektralbezirke zu empfehlen, leistet aber dafür durch die sehr gute Definition der Linien, die eine 20fache Mikroskopvergrößerung zu ihrer Ausnützung verlangen, gute Dienste. Der Analytiker wird unseren Spektrographen für Chemiker mit Wellenlängenteilung bevorzugen.

Wiederholt ist der festarmige Spektralapparat mit Kamera auch mit einer LUMMER-GEHRCKESchen Planparallelplatte aus Glas oder Quarz oder einem Fabry-Perot-Etalon ausgerüstet, und so zu einem physikalischen Spektralapparat höchsten Auflösungsvermögens erhoben worden. Preise und Abbildungen auf Anfrage.

18. Lichtstarker Glas-Spektrograph mit 3 Prismen zum Arbeiten mit Interferenz-Spektroskopen.

Dieses Spektroskop ist konstruiert vorwiegend für die Verwendung in Verbindung mit Interferenzapparaten und zwar vor allem mit Perot-Fabry- und Lummerplatten. Da man je nach der Art des Problems die Lummerplatten entweder zwischen Kollimator und Prismen oder zwischen Prismen und Kamera aufstellen muß und da außerdem die Verwendung von gekreuzten Lummerplatten berücksichtigt werden soll, sind die einzelnen Teile des Apparates so angeordnet, daß sich ihre gegenseitigen Abstände in weiten Grenzen verändern lassen. Kollimator und Kamera sind jeweils auf eine normale optische Dreikantschiene gesetzt. Die Kamera läßt sich außerdem um erhebliche Beträge neigen und ist mit einem langen Objektivauszug versehen.



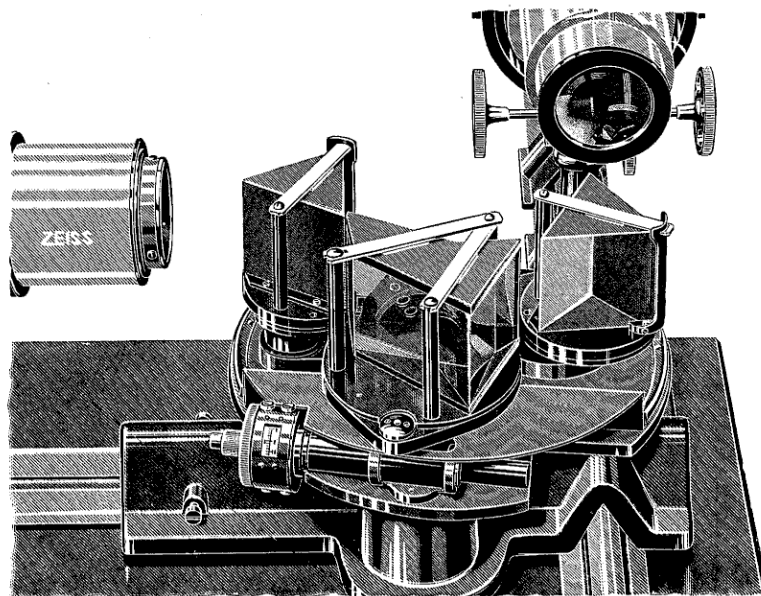
6798

Fig. 22 ($\frac{1}{10}$ nat. Größe).
Lichtstarker Glas-Spektrograph auf verstellbarem Tisch.

Der Prismensatz nach Försterling.

Es sind symmetrisch zu einem Dispersionsprisma mit einer reflektierenden Fläche zwei gewöhnliche 60° Prismen angeordnet. Bei älteren Apparaten mit mehr als zwei Prismen mußten beim Uebergang von einer Wellenlänge zur anderen im allgemeinen ein oder mehrere Prismen außer einer Drehung eine Verschiebung erfahren, damit der Mittelstrahl alle Prismen im Minimum der Ablenkung durchsetzt und außerdem durch die Mitte der Prismenfläche ging. Das Wesentliche bei der neuen Anordnung ist, daß trotz der Verwendung von drei Prismen — das Prinzip läßt sich auf eine beliebige Zahl von Prismen anwenden — alle Prismen um nur feste Punkte gedreht werden. Außerdem bleibt bei dieser Anordnung der Winkel zwischen Kollimator- und Kameraachse erhalten und in erster Näherung der Ort des einfallenden und ausfallenden Mittelstrahls unverändert.

Die Bewegung des Prismensatzes erfolgt durch eine Spindel, die am Mittelprisma angreift. Die Bewegung wird vom Mittelprisma auf die beiden 60° -Prismen durch dünne Stahlbänder, die durch Spiralfedern gespannt sind, übertragen.



6800

Fig. 23 ($\frac{1}{6}$ nat. Größe).

Der Försterlingsche Prismensatz mit Kollimator-Objektiv (oben), Meßschraube (unten links) und Kamera-Objektiv.

Die Justierung des Prismensatzes beim Glasspektrographen erfolgt bei uns so, daß alle Prismen im Minimum der Ablenkung stehen und daß der Mittelstrahl durch die Mitten aller Prismenflächen hindurchgeht. Dabei wird die Mitte der Skala auf die Heliumlinie 4713 eingestellt.

Das Auflösungsvermögen des Instrumentes entspricht dem von drei 60° -Prismen von 70 mm Basislänge. Der Abstand zweier Linien, die theoretisch gerade noch getrennt werden sollten, ist auf der Platte etwa 0,015 mm, also von der Größenordnung des Auflösungsvermögens der normalen photographischen Schichten. Die Dispersion ist bei 85 cm Brennweite aus der folgenden Tabelle zu entnehmen:

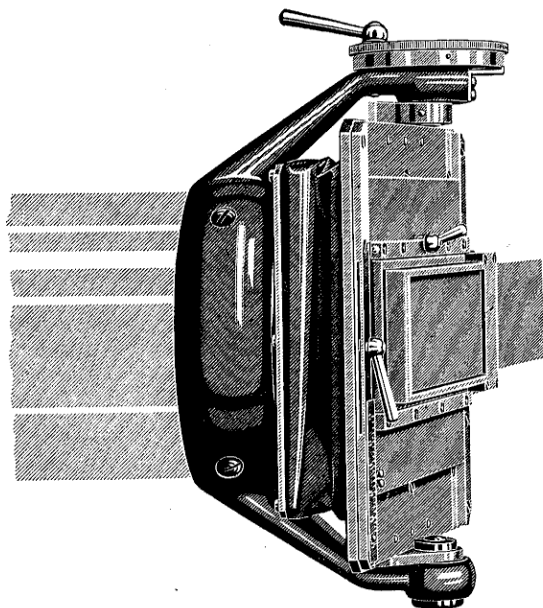
| λ | $\frac{\text{mm}}{\text{\AA.E.}}$ | $\frac{\text{\AA.E.}}{\text{mm}}$ |
|-----------|-----------------------------------|-----------------------------------|
| 8000 | 0.017 | 58 |
| 6000 | 0.037 | 27 |
| 4000 | 0.17 | 6 |

Der Kollimator ist mit einem symmetrischen Spalt von 20 mm Höhe versehen. Seine Brennweite beträgt nur 30 cm, sodaß der Spalt im Spektrum 2,8fach vergrößert erscheint. Diese Vergrößerung ist von Vorteil bei Arbeiten mit dem Perot-Fabry-Interferometer. Die kurze Brennweite des Kollimators erlaubt ein bequemer

Arbeiten bei Lichtquellen geringer Ausdehnung, die mit erheblicher Vergrößerung auf den Spalt abgebildet werden müssen. Wenn z. B. die Entfernung der Beleuchtungslinse, die die Lichtquelle auf den Spalt abbildet, von den Prismen bei 30 cm Kollimator-Brennweite 60 cm betragen mag, würde diese Entfernung bei der doppelten Kollimator-Brennweite und sonst gleichen Verhältnissen bereits etwa $2\frac{1}{2}$ m betragen. Einen Nachteil bringt die kurze Kollimator-Brennweite nicht. Die Korrektur des Objektives ist hinreichend gut, sodaß auch eine Verlängerung der Brennweite die Definition des Apparates nicht verbessern würde.

Die Kamera ist mit einem zweilinsigen Fernrohrobjektiv von 85 cm Brennweite ausgerüstet. Bei der großen Winkeldispersion, die das Instrument wegen seiner 3 Prismen besitzt, ist es nicht notwendig, astigmatisch korrigierte Objektive zu verwenden. Die Krümmung der Fokalfäche ist in allen Wellenlängengebieten so gering, daß man mit ebener Aufnahmeplatte auskommt. Das Objektiv besitzt eine freie Oeffnung von 60 mm, die Breite des Lichtbüschels ist etwa 40 mm. Auf Wunsch liefern wir auch eine Kamera von 10facher Helligkeit mit einem 4linsigen Objektiv von 27 cm Brennweite.

Die Kassette ist zur Aufnahme von Platten $4,5 \times 12$ cm eingerichtet. Die Platte ruht mit der Schichtseite auf metallenen Leisten. Es lassen sich infolgedessen auch $4,5 \times 6$ cm Platten einlegen. Die Kassette läßt sich in der Höhe verschieben und um $\pm 20^\circ$ um eine verticale Axe drehen, die in der Plattenebene liegt.



6826

Fig. 24 ($\frac{2}{5}$ nat. Größe).
Der verschwenkbare Kassettenrahmen mit verschiebbarer Kassette.

Kollimator und Kameraobjektiv sind mit einem auf $\frac{1}{10}$ mm ablesbaren Auszug versehen. Es ist möglich, das gesamte Spektrum von 10000 bis 3500 Å. E. in 4 Aufnahmen mit verschiedenen Einstellungen aufzunehmen.

Der ganze Spektrograph ist auf einem sehr kräftigen Untergestell angeordnet, auf dem er sich leicht in der Höhe verstellen läßt. Die tiefste und höchste Lage der Axe über dem Fußboden ist 120 und 160 cm.

19. Spektrograph für Chemiker für das sichtbare und ultraviolette Spektrum.

A. Die Aufgaben des Apparates.

Mit diesem vielfach erprobten Modell geben wir dem spektroskopisch arbeitenden Chemiker einen Spektrographen in die Hand, der auf die Bedürfnisse der immer wiederkehrenden Tagesarbeit zugeschnitten ist. Die Justierung ist von uns für jedes Exemplar durch Probeaufnahmen ermittelt und wird durch die Justierzahlen definiert, die in dem mit der Nummer des Spektrographen versehenen Merkblatt eindeutig angegeben sind. Der Empfänger stellt an Hand des Merkblattes die Justierzahlen an seinem Apparat ein, womit seine „Justierarbeit“ ein für alle Mal erledigt ist. Die Ausrüstung des Spektrographen mit Nebenapparaten (Lichtquelle, Kondensor, Küvetten u.s.f.) hängt davon ab, ob nur Emissionsspektren, z. B. für die „quantitative Spektralanalyse“¹⁾, oder nur Absorptionsspektren, etwa für die Glastechnik, oder zu Konstitutionsbestimmungen aufgenommen werden sollen, oder beide.

B. Der Bau des Spektrographen.

Ein gußeisernes Gestell trägt den festgelagerten Kollimator *Ko*, den Prismmentisch und die schwenkbare Kamera *Ka*; diese wird zur Aufnahme des sichtbaren Spektrums mit Gitter in die erste, zur Aufnahme des ultravioletten Spektrums mit Cornuprisma (Dispersion $C-F=0^{\circ}28'$, $D-\lambda=214\mu\mu=8^{\circ}8'$, $C-\lambda=186\mu\mu=13^{\circ}$) in die zweite Lage wie in Fig. 23 geschwenkt, die durch einen Anschlag auch im Dunkeln gefühlt wird. Der symmetrische Präzisionsspalt, dessen Breite auf 0,01 mm von der Trommel *M* angezeigt wird, kann mit einem Schnurlauf verstellt werden, während man das Spektrum mit einer Lupe betrachtet. Unmittelbar auf den Spaltbacken ist ein dünner Blechstreifen verschiebbar, der stufenförmig angeordnete Blenden trägt. So kann man, ohne die Kassettenverschiebung zu benutzen, Vergleichsspektren aufnehmen, deren gemeinsame Linien sich streng verlängern, was bei dem Fahnden auf Verunreinigungen oder Zusätze bei der Spektralanalyse der Legierungen nach DE GRAMONT wichtig ist. Durch Einstellung des Justierrings *J* und der Kassettenneigung auf die im Merkblatt jedes Apparats angegebenen Werte erreicht man beste Schärfe der Linien. Die zur Veranschaulichung des Charakters der „letzten Linien“ de Gramonts bestimmten Spektren auf S. 52 sind Vergrößerungen nach Aufnahmen mit dem Spektrographen für Chemiker.

Die Kassette wird mit dem Handrade *R* in Richtung der Spektrallinien verschoben; so kann man 38 Paare von Spektren übereinander auf einer Platte aufnehmen, und die Extinktionsverhältnisse von organischen und anorganischen Flüssigkeiten nach HARTLEY, BALY, SCHÄFER, LEY u.s.f. ebenso übersichtlich wie knapp darstellen. Ueber und unter die Spektren empfiehlt es sich, die Wellenlängenteilung W. L. (in

¹⁾ Bücher, Tabellen und Atlanten über Spektralanalyse

F. Twyman, Wavelength Tables for Spectrum Analysis, London 1923 bei A. Hilger.

H. Kayser, Tabelle der Hauptlinien der Linienspektren aller Elemente, Berlin 1926, bei J. Springer.

F. Löwe, Optische Messungen d. Chem. u. Med., Dresden 1925 bei Th. Steinkopff (enthält eine erstmalige Zusammenfassung der de Gramontschen Methodik).

J. Bardet, Atlas de spectres d'arc, Paris 1926, bei G. Doin.

Tr. Negresco, Recherches experimentales d'analyse spectrale sur les alliages métalliques, Diss. Paris 1927, zu beziehen durch uns.

D. M. Smith, Visual Lines for Spectrum Analysis, London 1928 bei Hilger.

F. Löwe, Atlas der letzten Linien der wichtigsten Elemente, Dresden 1928 bei Th. Steinkopff (mit Tabellen und Literatur-Verzeichnis).

H. Lundegårdh, Die quantitative Spektralanalyse der Elemente, mit 13 Spektraltafeln, Jena 1929 bei Gustav Fischer.

ganzen $\mu\mu$) zu kopieren; diese ist je ein in einem Rahmen gefaßtes Glasdiapositiv für das sichtbare Gitterspektrum und das ultraviolette Prismenspektrum; man kann bequem den einen Rahmen gegen den anderen auswechseln.

Will man Absorptionsbanden in einem kontinuierlichen Spektrum aufnehmen, so macht man den Spalt lang und begrenzt die Höhe des Spektrums nicht mehr durch

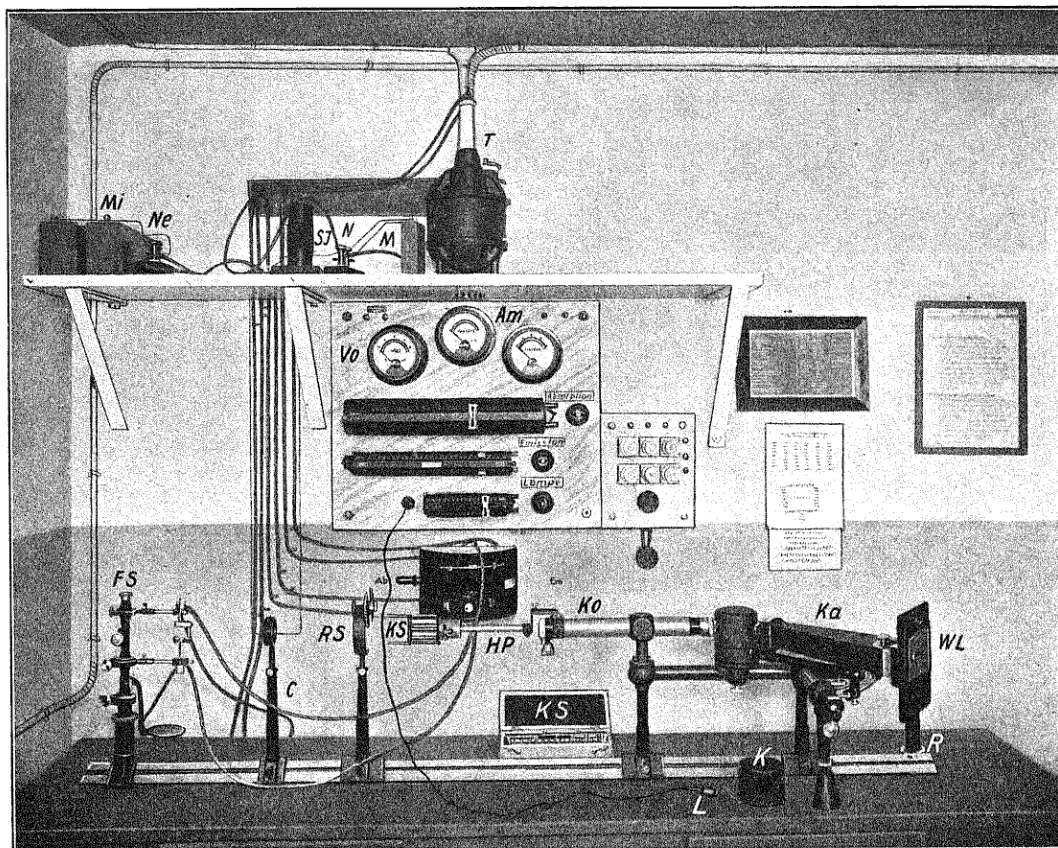


Fig. 25 (etwa $\frac{1}{6}$ nat. Gr.). Spektrograph für Chemiker mit Kollimator Ko , Prisma und Kamera. Zwei Säulen der Grundplatte ruhen auf derselben optischen Bank, die auch die Lichtquelle FS und den Kondensor C trägt. R ist das Handrad zur Verschiebung des Kassettenschlittens, WL die Wellenlängenteilung, K die Lichtschutzkappe. Auf dem Kollimator-Kopf ist mit einer Schelle das HÜFNERSche Prisma HP mit 2 Quarz-Küvetten KS geschraubt; der rotierende Sektor RS wird durch einen nicht sichtbaren kleinen Elektromotor angetrieben. Der Quarzkondensor C soll ein vergrößertes Bild des Funkens entwerfen, der von der Funkenstrecke FS erzeugt wird. Mi sind 2 Minosplattenverdichter, Ne die Nebenfunkensstrecke, SJ die Selbstinduktionsspule, T der Transformator für 10000 Volt.

den Blendenschieber, so daß auf der Platte die Absorptionsspektren als schmale lange Streifen erscheinen. Ein Fluoreszenzstreifen dient in Verbindung mit einer 6-fachen Lupe zur Durchmusterung des ultravioletten Absorptions-Spektrums von Lösungen mit variabler Schichtdicke, die man angenähert nach dem Augenmaße abstimmt, ehe man mit den Aufnahmen beginnt.

Eine ausführliche Gebrauchsanweisung wird jedem Instrument beigegeben.

C. Die neue 13×18-cm-Kamera zum Spektrographen für Chemiker.

Besonders linienreiche Spektren, wie die von Eisen, Platin, Wolfram erscheinen auf der 9×12-Platte zu dicht zusammengedrängt, diesem Mangel soll durch die neue auswechselbare Kamera mit besonderem Objektiv von längerer Brennweite ($f=60$ cm) abgeholfen werden, die gegen die 9×12-Kamera mit wenigen Handgriffen ausgetauscht werden kann. Das Objektiv ist ein Quarzchromat, der als Typus sich in astronomischen Spektrographen und in Sonderausführungen für physikalische Studien wegen der Bildebnung und der Schärfe der Abbildung seit Jahrzehnten bewährt hat. Das Objektiv ist nicht achromatisch, hat vielmehr für kurze Wellenlängen kurze Brennweiten und für lange längere; so muß die Platte gegen die Achse erheblich stärker geneigt sein als bei der 9×12-Kamera mit ihrem Quarzfluorit-Achromaten.

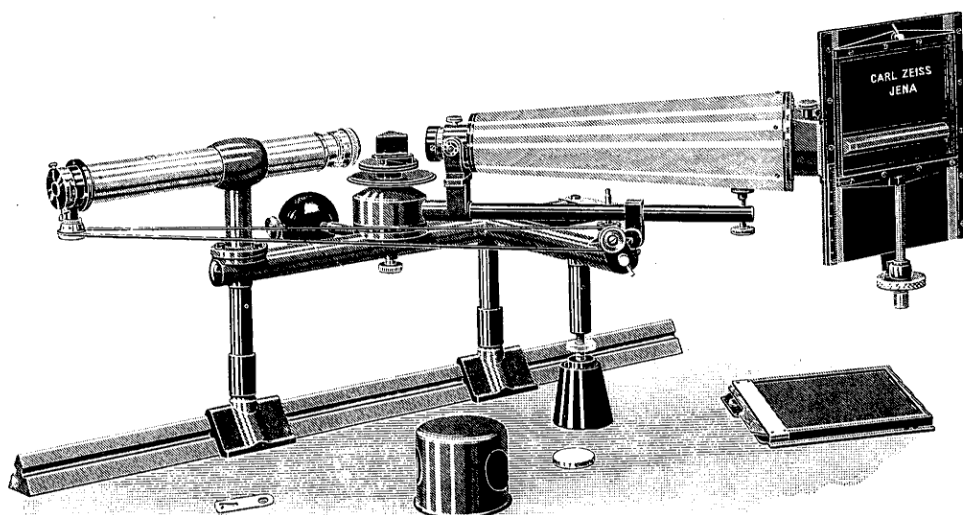


Fig. 26.

6818

Der Spektrograph für Chemiker mit der neuen 13×18 cm Kamera.

Durch diese Neigung der Platte und die größere Brennweite des Objektivs wird mit der neuen Kamera ein Spektrum von etwa 15 cm Länge erzielt, das auch für die Untersuchung der eingangs erwähnten linienreichen Elemente geeignet ist. Gegen die Schichtseite der 13×18 oder 6½×18 cm Platte klappt man die neue Wellenlängenteilung, die in gleicher Weise belichtet wird, wie bisher. Auf Wunsch wird die Kassette durch eine (auswechselbare) Rollfilmkassette ersetzt, die mit Kinofilmrollen ausgestattet auf einen äußerst sparsamen Verbrauch an Filmmaterial zugeschnitten ist. So ist die neue Kamera für die Formate 13×18, 6½×18 und 2×18 cm eingerichtet.

D. Spektrographen mit Quarzobjektiven:

für die Formate $4\frac{1}{2} \times 6$, 13×18 und 6×24 cm.

1. **Kleiner Quarzspektrograph für medizinische Studien** (Plattenformat $4\frac{1}{2} \times 6$).
2. **Quarzspektrograph für Chemiker** (Plattenformat 13×18),
3. **Quarzspektrograph für Physiker** (Plattenformat 6×24).

Mit diesen drei Modellen von Spektrographen für das Ultraviolett werden dem Mediziner, dem Chemiker und dem Physiker Spektrographen zur Verfügung gestellt, deren Handhabung ebenso einfach ist wie ihr Aufbau. Sie weisen durchweg nur ein Objektiv und ein Rohr auf, da in ihnen das von Littrow in die Spektroskopie eingeführte Prinzip der Autokollimation verwertet worden ist, nach dem die Kamera gleichzeitig als Kollimator dient. Die beiden erstgenannten Modelle haben immer, das dritte in seiner einfachsten Form, als Quarzprisma nur die Hälfte eines 60° -Prismas, ein Prisma von 30° brechendem Winkel mit verspiegelter großer Kathetenfläche, an der das Licht nahezu senkrecht reflektiert wird. Der Mediziner und der Chemiker hat an seinem Modelle keine Justierungen vorzunehmen, da im Prüfraum des Verfertigers die Plattenneigung und die Fokussierung des Objektivs aufs sorgfältigste ermittelt und festgelegt wird. Welche Ersparnis an Zeit, Mühe und Verdruss das bedeutet, weiß nur der Inhaber eines der älteren klassischen Quarzspektrographen zu beurteilen, deren Justiereinrichtungen so viele Freiheitsgrade aufweisen, daß eine mutwillige Verstellung einer Schraube durch einen Unbefugten den Benutzer viele Stunden Justierarbeit kostet. Unsere Modelle dagegen sind jederzeit aufnahmebereit, wie eine dauernd auf Unendlich eingestellte Handkamera. Das größte, für den Physiker bestimmte Modell hat dagegen eine Mindestzahl von Justierbewegungen mit Finderteilungen, die eine genaue Protokollierung der Justierzahlen gestatten.

20. Kleiner Quarzspektrograph für medizinische Studien.

a) Die Aufgabe des Apparates. Mit diesem einfachen Spektrographen soll demjenigen ein bequem zu bedienendes Instrument in die Hand gegeben werden, der schnell ein ultraviolettes Uebersichtsspektrum von einer Lichtquelle aufnehmen will, etwa von einer Bestrahlungs Lampe oder von der Sonne; dazu reicht das Plattenformat $4\frac{1}{2} \times 6$ cm aus. Insbesondere wird der neue handliche Spektrograph dem Leiter einer Lichteilstation es ermöglichen, täglich mehreremale die Reichweite der ultravioletten Sonnenstrahlung einwandfrei im Laufe weniger Minuten festzustellen.

b) Bau des Spektrographen. Nach dem Prinzip der Autokollimation, also der Umkehr des Strahlenbüschels in dem Prisma, das das Licht spektral zerlegt, enthält der Spektrograph nur ein Quarzobjektiv, das die vom Spalte kommenden divergenten Strahlen parallel und die aus dem Prisma kommenden parallelen Strahlen konvergent macht und in der Plattenebene zu einem reellen Spektrum vereinigt. Das Licht der Sonne (Lampe) fällt auf das Diaphragma *D*. Dessen beide Spitzen werfen ihre Schatten auf die Ebene des Spaltes, wo sie durch das Loch *L* beobachtet werden. Der Verschluss *V* dient zur Belichtung. Der im Bilde nicht sichtbare Spalt ist auf die zur Aufnahme der FRAUNHOFERSchen Linien günstigste Spaltbreite fest eingestellt. In dem Tubus *P* sitzt das Prisma, die Lage des Objektivs ist durch die punktierte Ellipse *O* angedeutet.

c) Auspacken und Aufstellen des Apparates. Nachdem man den Apparat aus seinem Kasten genommen hat, stecke man den Zapfen *Z* in die Hülse im Deckel des Kastens; *Z* dient gleichzeitig als vertikale Schwenkachse, um den Apparat von Aufnahme zu Aufnahme der Sonne nachzuführen; während einer Aufnahme steht er natürlich still, im Gegensatz zu den langbrennweitigen Astrofernrohren. Die

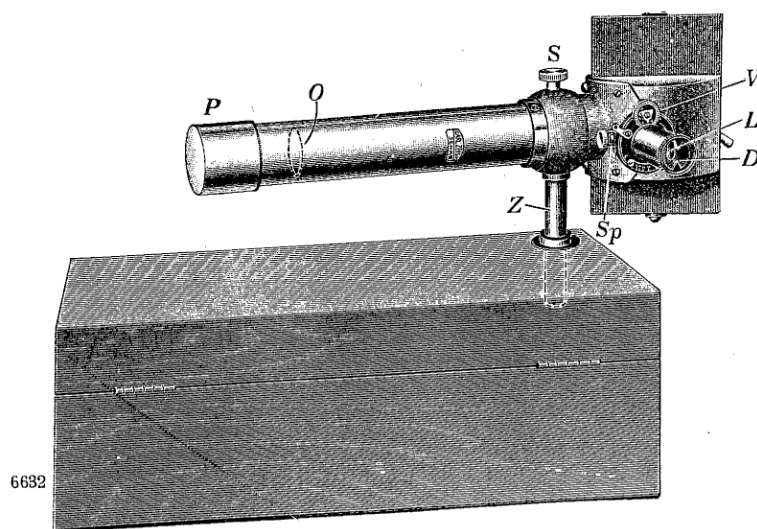


Fig. 27. Der kleine Quarzspektrograph für medizinische Studien ($\frac{1}{6}$ nat. Größe) mit Diaphragma *L*, Befestigungszapfen *Z*, Objektiv *O*, Spaltverstellung *Sp* und Kameraverschluss *V*

Hülse unter der Klemmschraube *S* gestattet, das Hauptrohr um seine Längsachse zu drehen, d. h. den Apparat um seine Achse zu kippen. Man kippt und dreht den Spektrographen so, daß beim Beobachten durch die seitliche Oeffnung bei *L* die Schatten der beiden Spitzen des Diaphragmas *D* sich mit den Marken auf dem Spalte decken; nur dann zeigt die Achse des kleinen Tubus auf die Sonne (Lampe).

d) Die Aufnahme eines Spektrums. Nachdem beide Klemmschrauben daraufhin geprüft sind, ob sie fest angezogen sind, wird die mit einer Momentplatte geladene Kassette eingesetzt und deren Deckel *K* herausgezogen. Dabei bleibt der Verschuß *V*, von dessen Wirkungsweise man sich vorher überzeugt hat, geschlossen. Nunmehr prüft und berichtigt man die Lage der Schatten der Justierspitzen. Sobald sie stimmt, belichtet man mit dem Verschlusse etwa 10 Sekunden; eine Taschenuhr mit Sekundenzeiger genügt zur Einhaltung derjenigen immer gleichen Belichtungszeit, für die man sich nach einigen Probeaufnahmen entscheidet. Sie wird beibehalten, solange mit der Plattensorte nicht gewechselt zu werden braucht. Um vergleichbare Schwärzungen zu erhalten, benutze man nur dieselbe Entwicklungsorte (man bereite den Entwickler täglich frisch!) und achte insbesondere auf gleichmäßige Temperatur. Sonst sind rätselhafte Resultate unvermeidlich. Zur Bestimmung der Wellenlänge der Grenze des Spektrums wird jedem Apparat ein Diagramm mitgegeben.

Zur Prüfung von Bestrahlungslampen entwirft man durch einen Quarzkondensor (z. B. den unsrigen von 8 cm Brennweite) ein Bildchen der Lichtquelle in der Spaltebene; die Belichtungszeit wird ausprobiert und dann für vergleichende Untersuchungen festgehalten.

21. Quarzspektrograph für Chemiker

und

22. Quarzspektrograph für Physiker.

Eine Beschreibung dieser Instrumente befindet sich in Vorbereitung.

23. Spiegelspektroskop für ultraviolette, sichtbare und Wärmestrahlen.

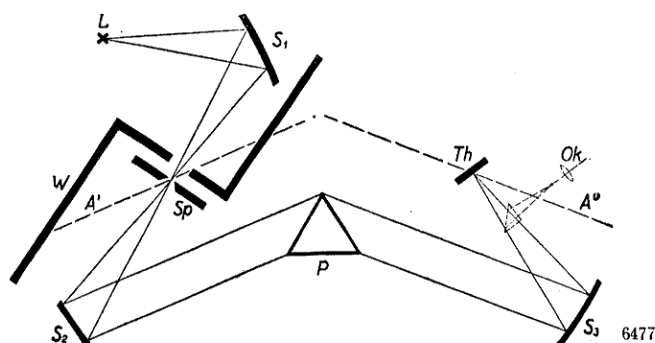
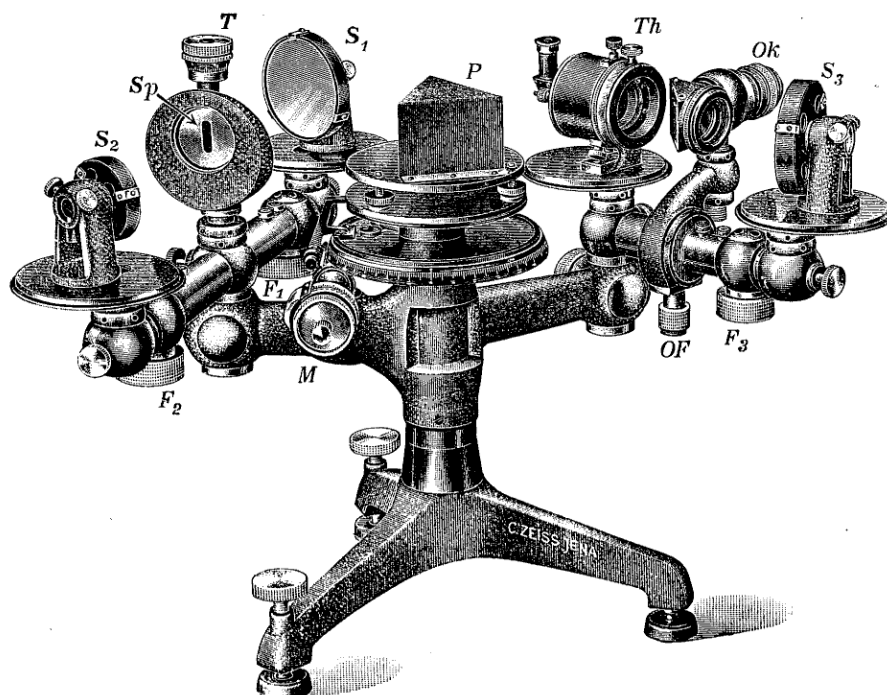


Fig. 28. Strahlengang im Spiegelspektroskop,
 A' und A'' sind die Achsen der Hohlspiegel.

Zum Verständnis des Aufbaues dieses neuen Spektroskops ist die Betrachtung der schematischen Darstellung des Strahlenganges in Fig. 28 erforderlich. Im Gegensatz zu allen Hohlspiegel-Spektroskopen, bei denen man zur Achse symmetrische Bündel benutzte, wird hier¹⁾ auf die axialen Bündel ganz verzichtet; es werden nur außeraxiale Spiegelabschnitte verwendet. Dadurch wird viel Platz in der Achse des Kollimators S_2 für den Spalt Sp und in der des Beobachtungsspiegels S_3 für das Okular Ok (mit seitlichem Einblick) oder die axial angeordnete Thermosäule Th gewonnen. Das von der Lichtquelle kommende Licht wird vom Kondensorspiegel S_1 durch den Spalt Sp auf den Kollimatorspiegel S_2 geworfen, und tritt nun als paralleles Bündel in das Prisma P , dessen Form und Material dem Untersuchungsbereiche angepaßt wird; der Spiegel S_3 erzeugt in seiner Brennebene ein reelles Spektrum. Der Prismen-tisch ist zur automatischen Erhaltung des Minimums der Ablenkung eingerichtet, das also mit sichtbaren Strahlen eingestellt und für unsichtbare ausgenutzt werden kann. Die Klemmschrauben F_1 F_2 F_3 wirken auf zylindrische Schienen, die ausgezogen werden, wenn man von dem Gebrauche der kurzbrennweitigen Spiegel (Öffnungs-verhältnis 1:3, $f=15$ cm) zu dem von längeren Brennweiten (z. B. $f=25$ cm) über-gehen will. Die Meßschraube kann man sich für jedes Prisma nach Wellenlängen

¹⁾ Vgl. SONNEFELD, Eine neue Verwendung der Parabolspiegel, Zentr. Ztg. f. Opt. und Mechan. 1922, Heft 28. Durchlässigkeitsmessungen im infraroten Spektralgebiet, Zentr. Ztg. f. Opt. und Mechan. 1923, Heft 17.

eichen; der Teilkreis hat den Charakter einer Finderteilung und ist auf $\frac{1}{10}$ Grad genau ablesbar. Die Kappen, die zur Abhaltung fremden Lichtes dienen, sind in der Figur abgenommen. Auf die Fernhaltung zerstreuter Strahlung muß besonderer Wert gelegt werden; man muß z. B. die Lichtquelle sorgfältig einbauen. Anstelle der



6405

Fig. 29. Das Spiegelspektroskop ($\frac{1}{5}$ nat. Größe) mit Sp , Kollimatorspiegel S_2 , Prisma P , Kameraspiegel S_3 , Thermosäule Th und Okular Ok .

Thermosäule (vergl. unseren Prospekt Astro 46) können beliebige andere Empfänger benutzt werden. Als Galvanometer empfehlen wir das Schleifengalvanometer unserer Astro-Abteilung (vergl. Prospekt Astro 65).

24. Vergleichs-Mikroskop für Spektra.

Die Abbildung 30 gibt das neue Vergleichs-Mikroskop für Spektra Modell B wieder, das für die Plattenformate 9×12 cm (Modell A) und 13×18 cm (Modell B) geliefert wird. Gleichzeitig stellt dieselbe Abbildung auch die neue Form des Negativ-Meßmikroskops Modell CG dar. Wir haben dieses vielfach bewährte Instrument etwas schwerer gehalten, um seine Stabilität zu steigern. Es war ursprünglich als ein Werkzeug des Physikers gedacht, hat aber auch seinen Weg in technische Laboratorien gefunden, wo es sozusagen mit derberen Fäusten angefaßt wird.

Der Mikroskoptubus wird an einer wagerechten Schlittenführung mittels einer Mikrometerschraube K von 1 mm Steigerung durch das Handrad M bewegt, dessen Meßtrommel die Hundertstel mm am Index J abzulesen und Bruchteile zu schätzen erlaubt; ein Nonius kann auf Wunsch angebracht werden. Der Meßbereich beträgt 50 mm. Sollen undurchsichtige Gegenstände, wie Teilungen auf Metall, Celluloid usw. oder etwa Kugeleindrücke in Materialproben bei der Brinellschen Härteprüfung ge-

messen werden, so wird auf dem rechteckigen, verhältnismäßig großen Objektische eine dem Mikroskope beigegebene Grundplatte befestigt. — Eine zu messende 9×12 Platte dagegen, etwa ein Spektrum, wird auf dem Rahmen *B* mittels der Federn oder besser mit etwas Klebwachs befestigt. Der ganze Rahmen ist in Richtung seiner Schmalseite, also senkrecht zur Bewegung des Meß-Schlittens von Hand verschiebbar und festklemmbar; so kann man, wenn z. B. eine Serie von Absorptionsspektren auf eine einzige Platte aufgenommen ist, mit Leichtigkeit eine und dieselbe Spektralliniengruppe in allen Spektren nacheinander unter dem ruhenden Mikroskope vorbeiführen, um, falls mit dem rotierenden Sektor Doppelspektren aufgenommen waren, die Stellen gleicher Schwärzung festzulegen und auf die Wellenlängenteilung zu beziehen.

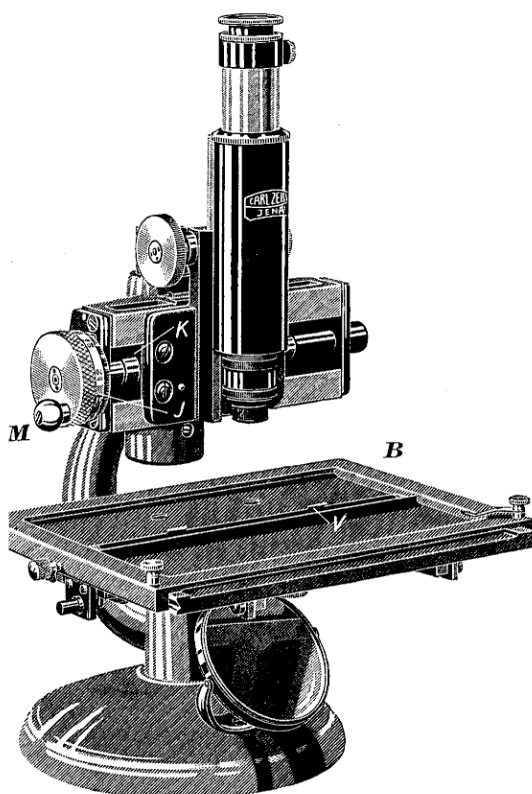


Fig. 30. Das Vergleichs-Mikroskop für Spektren
Modell B, für Platten 13×18 cm.

6812

geschnitten werden, daß jedes in einen Rahmen paßt; jeder Glasstreifen wird mit wenig Klebwachs mit der Schichtseite nach oben in seinen Rahmen gedrückt, der mit dem Symbol des Elementes bezeichnet wird. Nun legt man den Rahmen mit seinem Spektrum in die Aussparung des Objektisches ein. Darauf befestigt man die Platte mit dem Spektrum der Probe, die Schichtseite nach unten, so auf dem Objektische, daß gleichnamige Zahlen der Wellenlängenteilung sich nach Augenmaß gegenüberstehen und sieht erst jetzt in das Mikroskop. Mit einer kleinen Feinbewegungsschraube stellt man nun ein Paar gleiche Striche der Wellenlängenteilung (z. B. die Striche für $\lambda = 225 \mu\mu$) auf den senkrechten Strich des Fadenkreuzes und die Spektren beider Platten sind an dieser Stelle zueinander justiert.

Dann prüft man die gegenseitige Lage beider Spektren, indem man mit dem Mikroskop in einen anderen Spektralbereich übergeht, in diesem und verbessert, wenn nötig, die Höhenlage.

Will man dagegen eine Spektrumplatte mit einer anderen vergleichen, so werden beide mit der Schichtseite aufeinander gelegt. Die Vergrößerung des Mikroskops ist so bemessen, daß man ohne störende Parallaxe die Linien beider Platten hinsichtlich ihrer Stärke vergleichen und identifizieren kann; dagegen ist es unzulässig, von einer Platte auf die andere zu interpolieren. Bildet die Vergleichung zweier getrennten Spektrumplatten die Regel, wie bei der Spektralanalyse in einem metallurgischen Betriebe, so benutzt man den neuen Rahmen *V*, von dem jedem Vergleichsmikroskope soviel Stück beigegeben werden als bestellt werden.

Von den in einem Betriebe immer wiederkehrenden Bestandteilen der Legierungen des Betriebes fertigt man sich prozentisch abgestufte Spektren an, die so schmal

So kann man, wenn die Spektren mit Hilfe einer siebenteiligen Stufenblende aufgenommen wurden, erreichen, daß das Spektrum der Probe (Nr. 2, 4 und 6), von den 4 Spektren mit abgestuften Konzentrationen (Nr. 1, 3, 5 und 7) eingerahmt ist, wodurch der Vergleich beider Spektren aufs äußerste erleichtert ist. Es bleibt dann nur noch zu konstatieren, ob das Spektrum der Probe von den Linien des Vergleichselements etwa alle enthält, die im 0.1%-Spektrum enthalten sind, oder mehr, oder weniger.

25. Betrachtungs-Apparat für Negative.

9×12 cm oder 6×9 cm

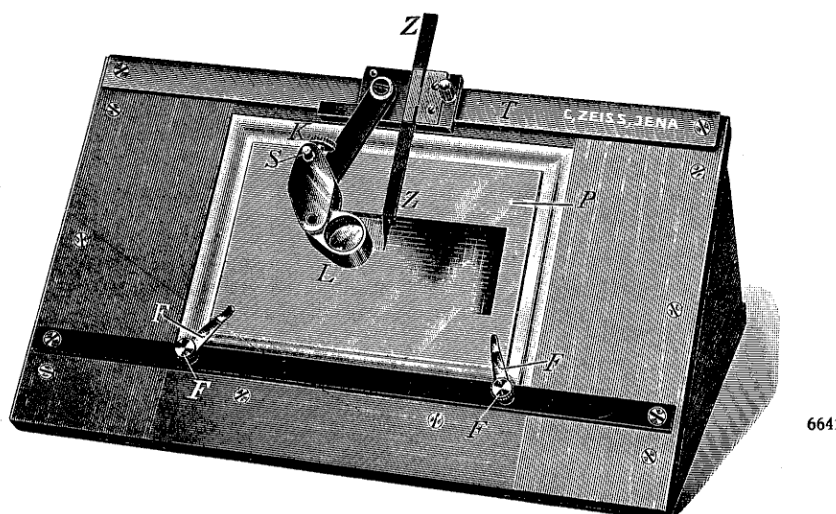


Fig. 31.

Betrachtungs-Apparat für Negative, mit Lupenhalter *K*, Lupe *L*, beweglichem Zeiger *Z* und Gleitschiene *T*.

Ein kleines schräges Lese-pult mit Mattscheibe trägt eine obere Leiste *T*, an der ein Schlitten verschoben werden kann, und eine untere, an die die zu betrachtende Negativ-Platte *P* sich anlegt; an dem Schlitten ist der Arm schwenkbar befestigt, auf den mittels des Stiftes *K* die Fassung der Lupe *L* gesteckt wird; er trägt außerdem den Zeiger *Z*, der von oben nach unten verschoben werden kann. Die Spitze von *Z* wird auf diejenige Stelle des Spektrums eingestellt, über die mehrere Beobachter sich verständigen wollen.

Im Bilde ist ein Absorptions-Spektrum dargestellt. Will man eine 6×9 cm Platte auflegen, so wird die untere Leiste in ihre zweite höhere Lage gebracht.

Lichtquellen für Spektroskopie im sichtbaren Spektrum.

Bei der Untersuchung von Absorptionsspektren mit sichtbarem Licht wird das Tageslicht wegen der Schwankungen seiner Helligkeit mehr und mehr verlassen zu Gunsten der künstlichen Lichtquellen. In das Gehäuse des Handspektroskops mit Reagenzglaskondensor ist eine Nitralampe 40 K (110 oder 220 Volt) gleich eingebaut. Sonst dienen für das Handspektroskop matte Glühbirnen oder in älteren Laboratorien, Glasglühlichtlampen, als jederzeit bereite und gleichmäßig leuchtende Lichtquellen, die wegen ihrer Ausdehnung ohne Kondensor benutzt werden. Für die

Spektroskope mit Fernrohr zieht man der größeren Helligkeit wegen die Punktlichtlampe mit Kondensor (für 110 und 220 Volt Wechselstrom oder Gleichstrom), sowie die Nitalampe (8 Volt 50 K) mit Kondensor und Widerstand vor. Während der Glühkörper der Punktlichtlampe, eine Wolframkugel von 2 mm \varnothing , als Kreisscheibe auf dem Spalte des Gitterspektroskops abgebildet wird, muß man bei der Nitalampe vermeiden, den Leuchtfaden scharf auf den Spalt zu bringen. Der Versuch lehrt, daß man in dem vergrößerten Bilde des Fadens dessen Struktur erkennt, es ist eine feine zu einem geradlinigen Zylinder gewickelte Drahtspirale; infolgedessen erscheint das Spektrum von dunklen wagerechten Streifen durchzogen, die den dunklen Zwischenräumen zwischen zwei benachbarten Drahtwindungen entsprechen, wenn man den Leuchtfaden scharf abbildete. Die störende Erscheinung verschwindet sofort bei unscharfer Abbildung; der geringe Lichtverlust wird, wenn nötig, durch die Spaltverstellung ausgeglichen, womit keine erkennbare Abnahme der Feinheit schmaler Absorptionsbanden verbunden ist. Die beiden letztgenannten Lampen eignen sich wegen ihrer hohen spezifischen Intensität, natürlich wieder nur in Verbindung mit einem Kondensor, zur Veranschaulichung der Umkehr der Natriumlinien; unser Natriumbrenner liefert eine dafür ausreichende Metaldampfschicht von 5 cm.

Emissionsspektren zur Eichung eines Spektroskops nach Wellenlängen oder zur Prüfung und Einstellung einer Wellenlängenteilung liefern am bequemsten die Geißlerschen Röhren, für deren Betrieb wir neuerdings für Wechselstrom sowohl wie für Gleichstrom kleine Transformatoren mitliefern; erhöhte Lichtstärke ergeben die Geißlerschen Röhren, wenn man ihre Kapillare der Länge nach in gleicher Größe, und die höchste Lichtstärke, wenn man den etwa 1 mm im Durchmesser haltenden Querschnitt der Kapillare mit einem Kondensor auf dem Spalte abbildet. Die letztere Beleuchtungsart ist auch bei der Beobachtung einer Funkenstrecke die gegebene.

Lichtquellen für das ultraviolette Spektrum.

Für Demonstrationen, z. B. die der Fluoreszenz auf dem Uranglasstreifen der Mattscheibe der U. V.-Spektrographen verwende man die Quarzquecksilberlampe

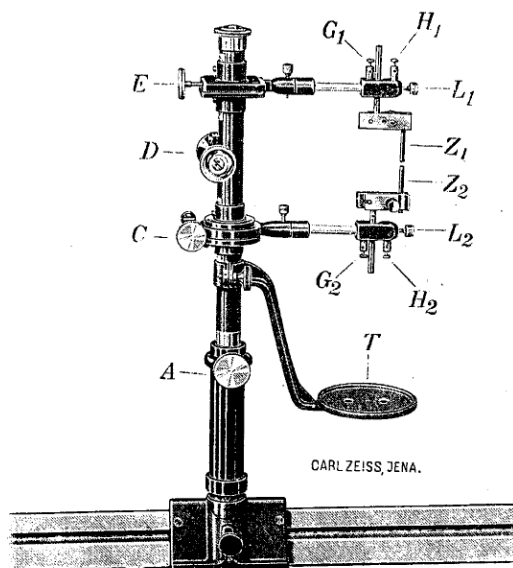


Fig. 32. Verbesserte Funkenstrecke nach A. de Gramont, auf optischer Bank. Die obere Elektrode Z_1 ist mittels L_1 festgeklemmt; sie kann mit E in Richtung der optischen Bank feinverstellt werden. Z_2 dagegen wird mit C um die senkrechte Achse des Stativs gedreht, bis die Spitze von Z_2 und Z_1 sich genau gegenüberstehen. Dann kann das ganze Oberteil durch Lösen der Schraube A in die Vertikalebene über der Schienenmitte geschwenkt und um kleine Beträge gehoben werden.

So wird ein auch noch so kurzer Funke genau in die Achse des Kollimators und des zwischen Funke und Kollimators zuletzt eingeschalteten Kondensors gebracht.

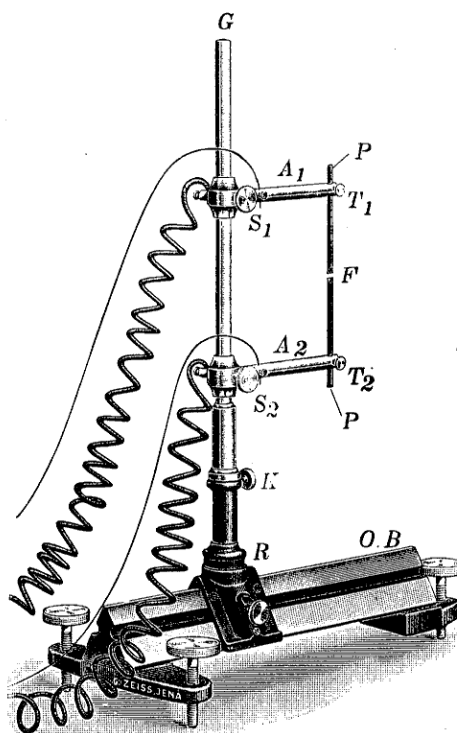
6821

der Firma W. C. Heraeus, Hanau. Dagegen sind zur Prüfung der Scharfstellung des Kamera-Objektivs die hellsten Hg-Linien nicht geeignet, weil sie immer überlichtet sind, wenn die anderen eben richtig erscheinen.

Der früher, namentlich für physikalische Spektralstudien sehr beliebte elektrische Flammenbogen (die Bogenlampe), wird zur Spektralanalyse nur noch verwendet, wenn man Mineralien, Glaspulver sowie andere schwer verdampfbare Stoffe untersuchen muß. Erheblich gleichmäßiger ist die Leuchterscheinung des kondensierten Funkens mit Selbstinduktion, wie er in allen Anleitungen zur Spektralanalyse beschrieben ist. Auf die ausführliche Darstellung der Arbeitsweise der Klassiker (A. de Gramont, N. Hartley sowie A. G. G. Leonard und J. H. Pollok) in der Monographie: „Optische Messungen des Chemikers und des Mediziners“, kann hier nur verwiesen werden. Wir liefern zwei Formen von Funkenstrecken, die vervollkommnete Funkenstrecke nach de Gramont (s. Fig. 32), für laufende spektralanalytische Betriebsarbeit mit allen Arten von Proben, wie Metallstreifen, -Drähte und -Pulver, ferner Schmelzflüsse, Lösungen und Niederschläge auf dem Asbestfilter und eine einfache Form (s. Fig. 33), die nur für Metallelektroden bestimmt ist. Das einfache Modell ist eine zuverlässige Lichtquelle für die Photographie von Absorptionsspektren im Ultraviolett, wenn als Elektroden Nickel und Eisen, oder ein Paar Wolframstifte verwendet werden, welche letztere sich durch besonders sparsamen Verschleiß auszeichnen¹⁾.

Das Funkenspektrum linienreicher Elemente verdankt seine häufige Anwendung beim Studium der Absorption vor allem dem Umstande, daß man in den zweiteiligen Spektren, wie das Hüfnersche Prisma sie liefert, die Stellen gleicher Schwärzung mühelos auffindet, und daß die Lage dieser Stellen durch Verfolgung der Spektrallinien bis in die auf die Platte aufkopierte Wellenlängenteilung auch die Angabe der Wellenlänge sehr erleichtert, bei der die beiden Halbspektren gleich geschwärzt sind. Man arbeitet so vielfach ohne Mikroskop, nur mit der Lupe.

Grundsätzlich feiner ist das Studium der Absorption, sobald man eine Lichtquelle benutzt, die ein kontinuierliches Spektrum, also auf der Platte einen zusammen-



6618

Fig. 33. Funkenstativ auf Reiter und optischer Bank. An der Glassäule G sind die Arme A_1 und A_2 verschiebbar und mittels S_1 , S_2 festklemmbar. Durch Lösen von K kann das Oberteil in der Höhe verstellt sowie in die richtige Vertikalebene geschwenkt werden. Der mit K geklemmte nicht sichtbare Zapfen paßt in einen Dreifuß, der auf Wunsch mitgeliefert wird.

¹⁾ Vgl. die günstigen Erfahrungen von G. F. HÜTTIG und M. KELLER, Zeitschr. f. Elektrochemie, 1925. Nr. 8.

hängenden Streifen von stetig verlaufender Schwärzung liefert. Für die Ermittlung der spektralen Empfindlichkeit einer Plattensorte, oder die Bestimmung der Wirkungsweise von Sensibilisatoren sind solche Lichtquellen unentbehrlich. Allerdings gehören zur Auswertung der häufig unscheinbaren Absorptionsbanden, zumal wenn sie unsymmetrisch sind, Schwärzungsphotometer¹⁾.

Für viele Absorptions-Untersuchungen wird die neue Osram-Punktlichtlampe mit einer Birne aus U.V.-durchlässigem Glase genügen, deren Wirkung durch das Spektrum auf der Tafel S. 52 veranschaulicht wird. Lampen mit einem Quarzfenster sind nicht im Handel, im Bedarfsfalle wende man sich an uns mit einer Anfrage.

Küvetten und Absorptionsgefäße mit veränderlicher Dicke.

Die Verwendung von Reagenzgläsern empfehlen wir, wegen ihrer Wirkung als Zylinderlinsen, nur in Verbindung mit unserem Reagenzglaskondensor (S. 10.) Ein genaues spektroskopisches Protokoll verlangt die Meldung der Schichtdicke der Substanz, über deren Absorptionsspektrum berichtet wird. Daher sind für alle, nicht auf das Tagesbedürfnis eines klinischen oder Betriebs-Laboratoriums beschränkten spektroskopischen Untersuchungen mit bekannter Schichtdicke unentbehrlich. Für das sichtbare Spektrum genügen Küvetten mit Glasfenstern (Fig. 34). Um dem mit Kitt jeder Art in der Regel verbundenen Verdruß aus dem Wege zu gehen, führen wir Glas-küvetten nur in der Form der verschmolzenen, säurefesten Küvetten, oder der kittfrei zusammengelegten Küvetten nach Prof. G. Scheibe (s. Fig. 35).

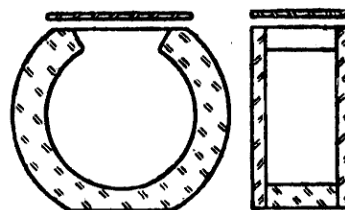


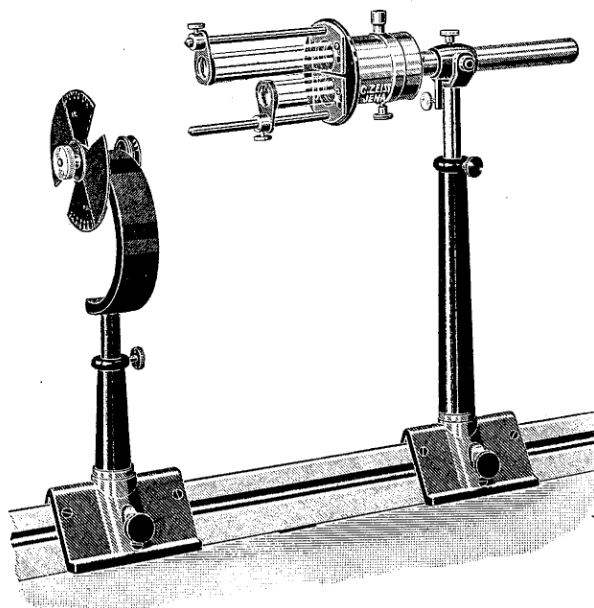
Fig. 34.
Küvette mit Glasdeckel.

6261

Die Schichtdicken liegen zwischen 100 und 1 mm und können logarithmisch abgestuft werden. Ueber Küvetten mit noch geringerer Schichtdicke s. w. u. Für das ultraviolette Spektrum sind unsere Quarzküvetten mit entweder wasserfestem oder alkoholfestem Kitt (je nach Bestellung) bestimmt, oder der Scheibesche Küvettensatz mit Quarzfenstern. Wie Abb. 35 lehrt, besteht eine zusammensetzbare Küvette nach Scheibe aus den folgenden 5 Teilen, dem Gestell mit Stift, dem auf dem Stifte gleitenden und festklemmbaren Deckelhalter, dem Glasrohr, das die Schichtdicke bestimmt, und zwei gleichen Quarzfenstern, von denen das eine beim Zusammensetzen als Boden, das andere als Deckel dient. Das Gestell wird so auf den sauberen Tisch gestellt, daß der Stift senkrecht steht; nunmehr legt man ein Quarzfenster, des sorgfältig mit dem beigegebenen Haarpinsel abgestäubt ist, in seine Fassung, und schiebt seitlich das Glasrohr von der gewünschten Dicke auf das Quarzfenster. Die Flüssigkeit wird aus einer Pipette soweit eingefüllt, daß sie über den oberen Rand des Rohres ein wenig übersteht. Während nun die linke Hand das Glasrohr hält, schiebt die rechte den Quarzdeckel von der Seite her auf das Rohr, ohne daß eine Luftblase gefangen wird. Schließlich drückt man den Deckelhalter auf den Deckel und zieht seine Schraube an.

Der kürzeste Glasring liefert die Schichtdicke 1.0 mm; um, was bei stark absorbierenden Flüssigkeiten nötig ist, die keine Verdünnung vertragen, mit erheblich dünneren Schichten zu arbeiten, verwende man unsere Mikroküvetten, die aus den in der Ultra-Mikroskopie üblichen Quarzkammern abgeleitet worden sind. Sie werden in genau derselben Weise wie oben beschrieben, in die Küvetten-Gestelle gelegt und haben sich bereits in klinischen und chemischen Laboratorien bestens bewährt. Sofortige Reinigung nach Gebrauch ist bei den Mikroküvetten besonders nötig. Jede der bisher aufgeführten Küvetten paßt in unser Hüfnersches Prisma mit Kondensor,

¹⁾ Ueber ein lichtelektrisches Photometer nach Prof. P. P. KOCH gibt unser Prospekt Mess 469 Auskunft.

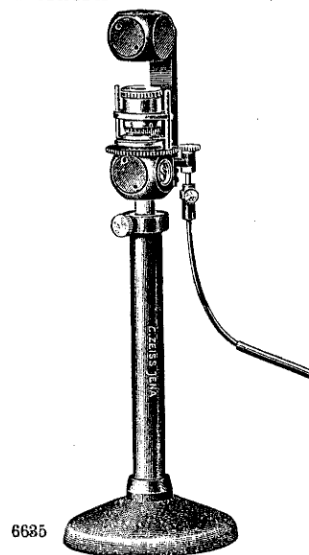


6843

Fig. 35. Optische Bank des Spektrographen für Chemiker mit symmetrisch verstellbarem, rotierendem Sektor, und unserem Hufnerschen Prisma mit Kondensor. An letzterem sind zwei kirttfreie Kuvetten nach G. Scheibe eingehängt.

das die Aufgabe hat, die durch zwei Kuvetten beliebiger Schichtdicke gegangenen Strahlenbüschel auf dem Spalte eines Spektroskops zu zwei Feldern zu sammeln, die sich in einer haarscharfen Trennungslinie berühren. So wird der spektroskopische oder spektrophotometrische Vergleich zweier sichtbaren Spektren im Okular und zweier sichtbaren oder ultravioletten Spektren auf der Platte wesentlich verfeinert gegenüber dem Gebrauch der üblichen Vergleichsprismen, die immer einen Trennungstreifen von störender Breite zwischen beiden Spektren übrig lassen. Vielfach schwächt man das durch das Lösungsmittel gehende Strahlenbüschel auf einen bekannten Bruchteil, z. B. 10%, seiner Helligkeit durch Einschaltung eines rotierenden Sektors (vergl. Abb. 35); zur Erzeugung mehrerer photometrisch abgestufter Teile eines Spaltbildes dient der Stufenblendenkondensor nach G. Hansen, über den ein Sonderprospekt Mess 561 demnächst erscheinen wird.

Absorptionsgefäße mit veränderlicher Schichtdicke führen wir in zwei verschiedenen Formen. Das Pulfrich'sche Gefäß ist auf Seite 7 beschrieben (Fig. 4);



6685

Fig. 36. Das Absorptionsgefäß mit veränderlicher Schichtdicke zwischen 2 Reflexionsprismen und 2 Kondensorlinsen eingebaut. Die Schichtdicke wird durch Feineinstellung vom Beobachter geändert, während er im Spektroskop die Absorptionsbanden sieht. Der Griff zur Feineinstellung ist abgebrochen dargestellt.

es verlangt ein senkrecht nach oben oder unten verlaufendes Strahlenbüschel, paßt also nicht so ohne weiteres für die Spektroskope mit wagerechtem Fernrohr. Diesem Mangel ist auf Vorschlag von Herrn Professor W. König dadurch abgeholfen worden, daß das Gefäß, wie Abb. 36 lehrt, zwischen zwei Reflexionsprismen mit Kondensorlinsen gesetzt wurde; letztere sorgen für parallelen Strahlengang in der Substanz. Für Arbeiten im Ultraviolett gibt es eine Form ganz in Quarz.

Das klassische Baly-Rohr führen wir in einer mit Einfülltrichter und kittfrei eingesetzten Quarzfenster ausgestatteten neuen Form, es hat sowohl Millimeter- wie logarithmische Teilung. Ein Präzisionsmodell ist mit mikrometrischer Verstellung und Ablesung der Schichtdicke auf 0,01 mm versehen; es wird nur mit einer größten Schichtdicke von 50 mm angefertigt.

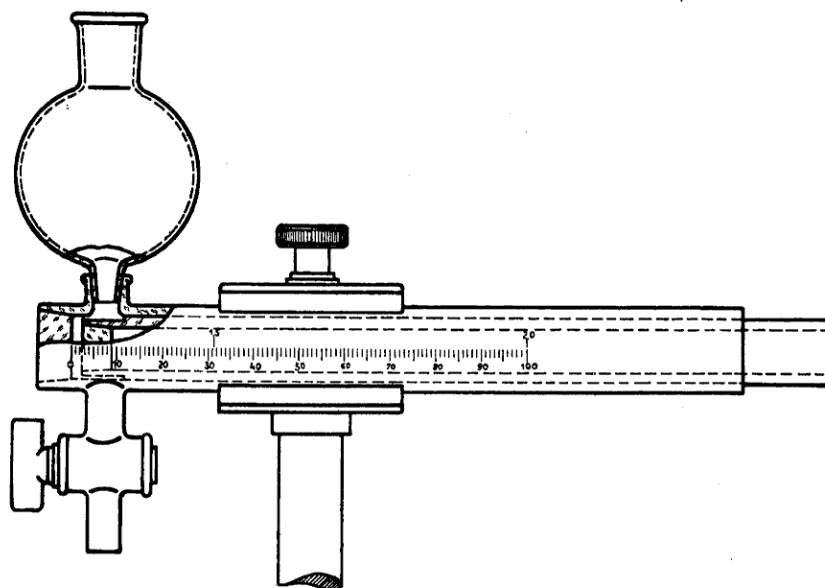


Fig. 37. Balyrohr mit Einfülltrichter und Glashahn.

6729

Winke für die Auswahl unter unseren Spektrographen.

A. Zu medizinischen und botanischen Untersuchungen:

1. Für laufende klinische Aufgaben und für Unterrichtszwecke genügt zur Aufnahme von Absorptions- und Emissions-Spektren im sichtbaren Spektrum der kleine Spektrograph für das sichtbare Spektrum (Abb. 18) oder der kleine Spektrograph mit Reagenzglaskondensor (Abb. 19); der letztere ist gleichzeitig ein bequemes Vergleichsspektroskop zur Untersuchung von Blutspektren. Metallgifte werden am besten in einer einfachen Funkenstrecke verdampft, deren Funke mit einer Kondensorlinse auf dem Spalt des Spektroskops vergrößert abzubilden ist.

2. Für Forschungszwecke ist das Gitterspektroskop mit Kamera bestimmt (Abb. 21); es vereinigt in sich ein Gitter-Meß-Spektroskop nach LÖWE-SCHUMM mit einem Gitter-Spektrographen für das sichtbare, und nach Ergänzung durch Quarzoptik einem Prismenspektrographen für das ultraviolette Spektrum. So ist dieses gedrungen aufgebaute Modell ein Universalinstrument für medizinische Laboratorien. Es liefert Absorptionsspektren von Chlorophylllösungen sowie von verdünntem Serum,

Blut, Harn und anderen Körperflüssigkeiten und ist, mit Küvetten besonders geringer Schichtdicke (bis herab zu 0,001 mm) auch für unverdünnte Präparate geeignet. Für die Aufnahme von Emmissiospektren gilt das unter 1. Gesagte; die mehrteilige Blende am Spalt erleichtert die Ausführungen der quantitativen Spektralanalyse¹⁾.

3. Für das Studium der Reichweite und der Intensität der Strahlung der Sonne und der künstlichen Lichtquellen ist unser Quarzspektrograph für medizinische Studien besonders gebaut; er hat sich auch an Bord und in den Tropen als zuverlässiger Berater bewährt und zeichnet sich durch ganz besonders leichte Handhabung aus.

B. Für die Arbeiten in physikalisch-chemischen Instituten.

4. Zu Unterrichtszwecken ist in erster Linie der Lehrspektrograph mit Teilkreis (Abb. 20) bestimmt, der ein Meßspektroskop mit Prisma und mit Gitter sowie einen Prismen- und Gitterspektrographen für das sichtbare und einen Quarzspektrographen für das ultraviolette Spektrum in sich vereinigt. Mit diesem Modell lassen sich alle Zweige der messenden Spektroskopie lehren, mit alleiniger Ausnahme der Benutzung großer Reflexions-Metallgitter.

Bei der Beschränkung auf das sichtbare Gebiet genügt als Lehrinstrument einer der kleinen Spektrographen (Abb. 18 oder 19), von denen derjenige mit Reagenzglaskondensor der vielseitigste ist.

5. Für Forschungszwecke rein spektrographischer Art, also ohne spektroskopische Beobachtungen, ist der „Spektrograph für Chemiker“ (Abb. 25) bestimmt, der mit Hüfnerschem Prisma und dem Scheibeschens Küvetten- und Aufnahmeapparat ausgestattet, die fehlerfreie Aufnahme von spektrophotometrisch verwertbaren Absorptionsspektren im sichtbaren und im ultravioletten Gebiete erleichtert.

6. Für spektroskopische und spektrographische Arbeiten. Sind gefärbte Substanzen häufiger zu untersuchen, so ist das Gitterspektroskop mit Kamera (Abb. 21) das gegebene Modell, das, mit den unter 5. genannten Zubehörteilen ausgestattet, spektrographisch dem Spektrographen für Chemiker gleichwertig ist, aber außerdem mit wenigen Handgriffen in ein Präzisions-Gitterspektroskop verwandelt werden kann. Man schreitet zu einer spektrographischen Aufnahme erst dann, wenn die spektroskopische Betrachtung oder Ausmessung der Probe eine Aufnahme wünschenswert erscheinen läßt.

So ist das Gitterspektroskop mit Kamera das typische Modell für physikalisch-chemische Institute.

C. Für die chemischen Laboratorien der Farbstoff- und Färberei-Industrie.

7. Für die laufende Betriebskontrolle, soweit sie sich auf das sichtbare Spektrum beschränkt, genügt der einfache Spektrograph mit Reagenzglaskondensor (Abb. 19).

8. Für feinere Untersuchungen dagegen, die sich auch auf sehr verdünnte, nahezu farblose Lösungen und deren ultraviolette Absorptions-Spektren erstrecken sollen, hat das Gitterspektroskop mit Kamera (Abb. 21) sich als das zweckmäßigste Modell erwiesen.

¹⁾ Bücher, Tabellen und Atlanten über Spektralanalyse s. S. 30.

D. Für organisch-chemische Institute.

9. Wo die spektroskopischen Studien über Konstitution nach Hartley, Baly, Schäfer, Ley, Scheibe betrieben werden, ist, solange man ohne ein gutes Spektroskop auskommt, der Spektrograph für Chemiker, bei Hinzunahme

10. spektroskopischer Messungen dagegen das Gitterspektroskop mit Kamera zu empfehlen, jedes natürlich ausgestattet mit rotierendem Sektor, Scheibischem Kuvettensatz und Hufnerprisma mit Kondensor.

E. Metallurgische und metallographische Laboratorien.

11. Zum Studium der Nichteisenmetalle (mit Ausnahme der Platingruppe) hat unser Spektrograph für Chemiker (Abb. 25) sich als das bequemste Modell erwiesen, dessen Spektra vermöge der siebenteiligen Spaltblende zur Ausführung der „quantitativen“ Spektralanalyse nach de Gramont sowie deren Verfeinerung nach W. Gerlach und F. Schweitzer wie geschaffen sind.

12. Zur Spektralanalyse besonders linienreicher Metalle (Stahlsorten, Edelmetalle der Platingruppe) wird der eben genannte Spektrograph mit einer neuen auswechselbaren Kamera mit Chromat-Objektiv (Format 13×18 cm) ausgestattet.

F. Für physikalische Institute.

13. Für Lehrzwecke: Das optische Anfängerpraktikum wird ohne den einfachen Spektrographen mit Kamera (Abb. 18) nicht auskommen, während im Praktikum für Fortgeschrittene der Lehrspektrograph (Abb. 20) an seinem Platze ist, der außer nahezu allen spektroskopischen und spektrographischen Arbeiten auch noch einfache goniometrische und spektrometrische Messungen auszuführen gestattet.

14. Für Forschungszwecke im sichtbaren Gebiete. Hohe Auflösung mit großer Lichtstärke verbindet der große „Lichtstarke Glas-Spektrograph mit 3 Prismen“, der mit dem Försterlingschen Prismensatze ausgerüstet ist (Abb. 22); natürlich nimmt die Platte immer nur einen kleinen Ausschnitt des Spektrums auf. Für die Photographie des ganzen sichtbaren Spektrums in wenigen Teilen wird auf Wunsch eine andere Kamera vorgeschlagen.

15. Für Arbeiten mit dem ultravioletten Spektrum ist bei linienarmen Elementen der Spektrograph für Chemiker (Plattenformat 9×12 cm) oder mit neuer Kamera 13×18 cm vielfach ausreichend, erheblich ausgedehntere Spektra liefert jedoch der neue große Quarzspektrograph für Physiker (Plattenformat 6×24 cm), der demnächst bekanntgegeben wird.

16. Fluoreszenzspektra sowie Spektra anderer schwachleuchtender Erscheinungen werden in dem festarmigen Spektralapparat mit 90° Ablenkung (Abb. 17) unter den günstigsten Bedingungen für Reinheit und Helligkeit des Spektrums studiert, der mit einer gegen den zweiten Spalt auswechselbaren Kassette ausgerüstet ist.

Wo das Auflösungsvermögen eines Prismas nicht ausreicht, greift man zu dem großen „lichtstarken Glas-Spektrograph mit 3 Prismen“ (Nr. 18) mit dem Försterlingschen festarmigen Prismensatze, der in dem Falle mit einer Kamera mit 10facher Helligkeit ausgerüstet wird.

17. Sonderausrüstungen werden nach eingehender Beratung über die gewünschte Leistung der Apparatur geliefert; insbesondere halten wir alle optischen Einzelteile ohne Preisaufschlag zur Verfügung.

Funken-Erzeuger nach Prof. Scheibe.

Um die für die Untersuchung wichtigen Funken- und Bogenlinien im Spektrum mit gleicher Intensität zu schaffen, sind Funkenerzeuger erforderlich, die aus einem hochfrequenten Schwingungskreis bestehen, bei welchem die elektrischen Anregungsbedingungen in weiten Grenzen veränderlich, aber stets wieder genau reproduzierbar sind. Der Schwingungskreis kann aus den von uns oben (S. 31) genannten einzelnen Teilen behelfsmäßig zusammengesetzt werden. Es ist jedoch zweckmäßig, statt dessen einen vollständigen Funkenerzeuger zu verwenden, welcher eine größere Variationsmöglichkeit der elektrischen Anregungsbedingungen besitzt, ein einfacheres Arbeiten und eine genaue Wiedereinstellung gestattet. Auf Veranlassung von Herrn Prof. Scheibe und unter Verwendung der Erfahrungen von Herrn Prof. Gerlach wurde eine besondere Apparatur entwickelt, bei welcher sämtliche Teile übersichtlich in einem fahrbaren Schutzkasten angebracht sind, derart, daß ein Schutz gegen Bedienungsfehler und gefährliche Spannungen erreicht wird. Der Funkenerzeuger kann daher nicht nur in wissenschaftlichen Instituten, sondern auch in Industrielaboratorien ohne weiteres in Verbindung mit Spektrographen verwendet werden.

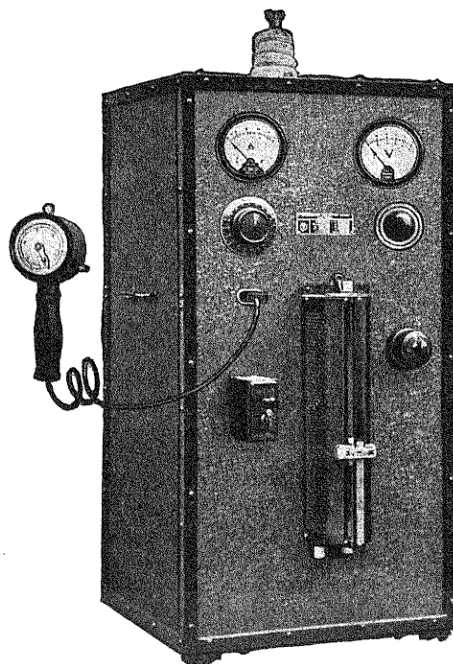


Fig. 38.

Die Apparatur besteht aus einem Transformator zum Anschluß an die Steckdose eines vorhandenen Wechselstrom- oder Drehstrom-Lichtnetzes und den für den Schwingungskreis erforderlichen Kapazitäten und Selbstinduktionen. Bei Gleichstrom ist ein Umformer erforderlich, um den Gleichstrom in Wechselstrom umzuwandeln.

Die Selbstinduktion ist in weiten Grenzen regulierbar und von außen durch einen Knopf mit Skala jederzeit wieder auf einmal festgestellte günstige Versuchsbedingungen einzustellen. Falls erforderlich, können größere, feste Selbstinduktionen vorgeschaltet werden. Die Kapazitäten lassen sich gleichfalls in verschiedenen Bereichen einschalten.

Um gefährliche Spannungen sowohl am Gehäuse des Funkenerzeugers, wie auch an dem Funkenstativ, in welches die zu untersuchenden Proben eingespannt werden, zu vermeiden, sind beide miteinander zu verbinden und gut zu erden. Die beiden Pole zur Abnahme der oszillierenden Energie werden einmal durch das Gehäuse mit Erdungsschraube und weiter durch eine Hochspannungsdurchführung auf dem Deckel gebildet.

An der Vorderwand des fahrbaren Schutzkastens befinden sich Anschlußklemmen, Ausschalter, Signallampe, regulierbarer Begrenzungswiderstand mit Skala, welcher die Spannung einzustellen gestattet und die durch das Funkenspiel verursachten Kurzschlußstromstärken begrenzen soll, automatischer Ueberstromschalter, welcher bei Ueberlastung des Transformators durch zu starkes Hinaufregulieren und bei Kurzschluß, verursacht durch Abschmelzen der Elektroden, den Apparat vom Netz trennt, und auf Wunsch Amperemeter und Voltmeter, letzteres mit 2 Skalen für die durch den Widerstand eingestellten Primär- und Sekundärspannungen des Transformators. Nach Oeffnen der Tür an der Hinterwand sind alle Teile leicht zugänglich und ermöglichen jederzeit eine Kontrolle.

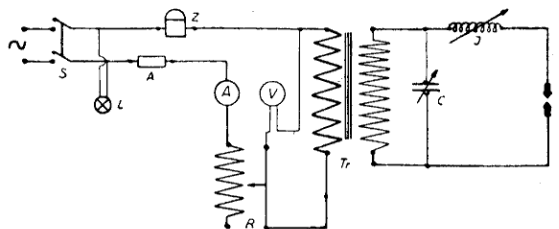


Fig. 39.

S = Schalter, L = Signallampe, A = Ueberstromautomat, Z = Zeitschalter, R = Begrenzungswiderstand, Tr = Transformator, C = regulierbare Kapazität, F = regulierbare Induktion, F = Funkenstrecke.

Um die Expositionszeiten einstellen und die Bedienung, unabhängig vom Standort des Funkenerzeugers am Spektrographen selbst ermöglichen zu können, kann ein Zeitschalter mitgeliefert werden, welcher durch eine beliebig lange Leitung mit dem Funkenerzeuger verbunden wird. Durch diesen Zeitschalter wird der Transformator in einstellbarer Zeit primär auf das Netz geschaltet und nach Ablauf des Uhrwerks die Tätigkeit des Funkenerzeugers selbsttätig unterbrochen.

Ueber die Preise dieses Funken-Erzeugers wird durch den Verfertiger (Transformatoren- und Apparate-Fabrik Nürnberg, Hans Magnus, Nürnberg, Galgenhofstraße 5) oder durch uns gern Auskunft erteilt.

Neue Tabelle der empfindlichen
Ausgearbeitet auf Grund des nach den Elementen

| Wellen- länge | Ele- ment | Nächste Linie | Wellen- länge | Ele- ment | Nächste Linie | Wellen- länge | Ele- ment | Nächste Linie |
|------------------|--------------|------------------|------------------|--------------|------------------|------------------|--------------|------------------|
| 4030,8 u2 | Mn | 4033,1 u2 | 4404,8 | Fe | 5227,2 | 4710,1 | Zr | 4739,5 |
| 33,0 | Ga | 4172,1 | 06,7 | V | 4407,7 | 14,4 | Ni | 5080,5 |
| 33,1 u2 | Mn | 4034,5 u2 | 07,7 | V | 4408,2 | 22,2 | Zn | 4810,5 u1 |
| 34,5 u2 | Mn | 4709,7 | 08,2 | V | 4408,5 | 22,5 u1 | Bi | 5552,2 u2 |
| 44,1 u | K | 4047,2 u | 08,5 | V | 4851,5 | 27,5 | Mn | 4739,0 |
| 46,6 | Hg | 4358,3 | 11,7 | Mo | 4435,0 | 39,0 | Mn | 4754,0 u2 |
| 47,2 u | K | 5782,8 | 19,8 | Er | 4675,8 | 39,5 | Zr | 4772,3 |
| 57,8 u1 | Pb | 4168,0 | 21,1 | Sm | 4424,4 u | 54,0 u2 | Mn | 4762,4 u2 |
| 77,7 | Sr | 4215,5 | 24,4 u | Sm | 4434,3 u | 62,4 u2 | Mn | 4766,4 u2 |
| 4101,8 u2 | In | 4511,3 u1 | 4430,1 | La | 4900,1 | 4766,4 u2 | Mn | 4783,4 u2 |
| 10,5 | Co | 4118,5 | 34,3 u | Sm | 4467,3 | 72,3 | Zr | 4815,6 |
| 18,5 | Co | 4121,3 | 35,0 | Mo | 5506,5 u1 | 80,0 | Co | 4792,9 |
| 21,3 | Co | 4780,0 | 46,4 | Nd | 4451,6 | 83,4 u2 | Mn | 4823,5 u1 |
| 56,2 | Nd | 4303,8 u | 51,6 | Nd | 4463,0 | 88,2 | Pd | 4817,5 |
| 68,0 | Pb | 5005,5 | 63,0 | Nd | — | 92,0 | Co | 4813,5 |
| 72,1 | Ga | — | 67,3 | Sm | — | 92,6 u1 | Au | 5064,6 |
| 4201,8 | Rb | 4215,6 | 70,6 | Al | 4648,1 u3 | 94,0 u | Os | 5523,6 |
| 04,5 | Cr | 4206,0 | 4511,3 u1 | In | — | 99,9 u | Cd | 5085,9 u1 |
| 06,0 | Cr | 5208,4 | 23,1 | Ce | 4539,7 | 4810,5 u1 | Zn | 6362,3 |
| 12,0 | Ag | 4668,5 | 24,0 | Zn | 4631,7 | 13,5 | Co | 4840,3 |
| 15,5 | Sr | 4607,3 u1 | 28,7 | Rh | 4675,0 | 15,6 | Zr | — |
| 15,6 | Rb | 5724,0 | 39,7 | Ce | 4562,4 | 17,5 | Pd | 4875,4 |
| 26,7 u1 | Ca | 4302,5 | 54,0 u2 | Ba | 4934,1 u1 | 23,5 u1 | Mn | 6013,5 u2 |
| 54,3 | Cr | 4274,8 | 54,5 u1 | Ru | 4584,5 | 40,3 | Co | 4867,9 |
| 74,8 | Cr | 4289,7 | 4555,3 u1 | Cä | 4593,2 u2 | 42,4 u1 | Al | 5079,5 u2 |
| 89,7 | Cr | 5204,5 | 62,4 | Ce | 4572,3 | 51,5 | V | 4864,8 |
| 94,7 | W | 4302,4 | 71,2 | Mg | 4703,0 | 51,6 | Rh | 5193,1 |
| 4302,4 | W | 5053,3 | 72,3 | Ce | 4593,9 | 4863,4 | Th | 4920,0 |
| 02,5 | Ca | 4302,7 | 84,5 | Ru | 4709,5 | 64,8 | V | 4875,5 |
| 02,7 | Ca | 6122,2 | 93,2 u2 | Cä | — | 67,9 | Co | — |
| 03,8 u | Nd | 4325,9 | 93,9 | Ce | 4628,2 | 69,2 | Ru | 5057,3 |
| 06,7 | Ce | 4320,7 | 4603,2 | Li | 4971,9 | 75,4 | Pd | 5163,8 u |
| 20,7 | Ce | 4382,2 | 07,3 u3 | Sr | 4962,2 | 75,5 | V | 4881,6 |
| 25,9 | Nd | 4351,5 | 28,2 | Ce | — | 81,6 | V | — |
| 33,9 | La | 4430,7 | 43,7 | Y | 4674,8 | 83,7 u1 | Y | 4900,1 u1 |
| 51,5 | Nd | 4358,4 | 48,1 u3 | Al | 4842,4 u1 | 4900,1 | La | 4922,0 |
| 58,3 | Hg | 5460,7 u1 | 68,5 | Ag | 5209,0 u1 | 00,1 u1 | Y | 5087,4 u2 |
| 4358,4 | Nd | 4446,4 | 74,8 | Y | 4883,7 u1 | 20,0 | Th | 5017,4 |
| 75,0 | Er | 4419,8 | 4675,0 | Rh | 4851,6 | 22,0 | La | — |
| 75,0 | Y | 4643,7 | 75,8 | Er | — | 34,1 u1 | Ba | 5535,5 u |
| 79,2 | V | 4384,7 | 78,2 | Cd | 4799,9 u | 38,1 | Ir | 5364,3 |
| 81,7 | Mo | 4411,7 | 80,2 | Zn | 4722,2 | 4962,2 | Sr | — |
| 82,2 | Ce | 4523,1 | 85,9 | Ge | — | 71,9 | Li | 6103,6 u2 |
| 83,5 | Fe | 4404,8 | 87,8 | Zr | 4710,1 | 78,6 u4 | Na | 4982,9 u4 |
| 84,7 | V | 4395,2 | 4703,0 | Mg | 5167,4 | 81,9 | Ti | 4991,1 |
| 90,9 | Sm | 4421,1 | 09,0 u1 | Be | 5056,4 | 82,9 u4 | Na | 5682,7 u2 |
| 95,2 | V | 4400,6 | 09,5 | Ru | 4869,2 | 91,1 | Ti | 4999,5 |
| 4400,6 | V | 4406,7 | 4709,7 | Mn | 4727,5 | 4999,5 | Ti | 5007,2 |

Linien des sichtbaren Spektrums.

geordneten Verzeichnisses von D. M. Smith, l. c.

| Wellen- länge | Ele- ment | Nächste Linie | Wellen- länge | Ele- ment | Nächste Linie | Wellen- länge | Ele- ment | Nächste Linie |
|------------------|--------------|------------------|------------------|--------------|------------------|------------------|--------------|------------------|
| 5005,5 | Pb | 5201,5 | 5371,5 u | Fe | — | 5840,1 | Pt | — |
| 07,2 | Ti | 5014,3 | 79,1 | Rh | 5599,4 u | 57,8 | Os | — |
| 14,3 | Ti | 5016,2 | 90,8 | Pt | 5475,8 | 58,3 | Mo | 5888,3 |
| 16,2 | Ti | — | 95,3 | Pd | 5542,8 | 88,3 | Mo | 6030,7 u |
| 17,4 | Th | 5049,9 | 5409,8 | Cr | — | 90,0 u1 | Na | 5895,9 u1 |
| 27,6 | U | 5492,9 | 49,5 u1 | Ir | 5625,6 | 94,1 | Ir | — |
| 31,0 | Sc | 5081,6 | 60,7 u1 | Hg | 5769,6 | 95,9 u1 | Na | 6154,2 u3 |
| 49,9 | Th | — | 65,4 u1 | Ag | 5471,5 u2 | 5915,6 | U | 6449,2 |
| 53,3 | W | 5224,7 | 71,5 u2 | Ag | — | 97,2 u | Ta | 6045,4 u |
| 56,4 | Be | — | 75,8 | Pt | 5478,5 | 6002,0 | Pb | — |
| 57,3 | Ru | 5171,0 u2 | 76,9 u1 | Ni | — | 13,5 | Mn | 6016,6 u2 |
| 64,6 | Au | 5837,4 u2 | 78, | B | — | 16,6 u2 | Mn | 6021,8 |
| 5075, | Hf | — | 78,5 | Pt | 5840,1 | 21,8 | Mn | — |
| 79,5 u2 | Al | — | 92,3 | W | 5514,7 | 30,7 u | Mo | — |
| 80,5 | Ni | 5081,1 | 92,9 | U | 5527,8 | 45,4 u | Ta | 6396,8 |
| 81,1 | Ni | 5476,9 u1 | 5506,5 u1 | Mo | 5533,0 u1 | 6103,6 u2 | Li | 6707,9 u1 |
| 81,6 | Sc | 5083,7 | 14,7 | W | — | 22,2 | Ca | 6162,2 u |
| 83,7 | Sc | 5085,5 | 23,6 | Os | 5857,8 | 41,8 | Ba | 6496,9 |
| 85,5 | Sc | 5087,0 | 26,8 | Sc | 5671,8 | 54,2 u3 | Na | 6160,7 |
| 85,9 u1 | Cd | 6438,5 | 27,8 | U | 5915,6 | 59,8 | Rb | 6298,5 |
| 87,0 | Sc | 5526,8 | 28,4 u2 | Mg | — | 60,7 | Na | — |
| 87,5 u2 | Y | 5200,4 u2 | 5533,0 u1 | Mo | 5570,5 u1 | 62,2 u | Ca | 6439,1 |
| 5106,6 u | Cu | 5153,3 | 35,5 u | Ba | 6141,8 | 6278,2 | Au | — |
| 53,3 | Cu | 5218,2 | 42,8 | Pd | 5547,0 | 98,5 | Rb | 7800,3 u |
| 63,8 u | Pd | 95,6 u | 47,0 | Pd | — | 6305,7 | Sc | — |
| 67,4 u1 | Mg | 5172,7 u1 | 52,2 u2 | Bi | — | 62,3 | Zn | — |
| 71,0 u2 | Ru | 5636,2 | 70,5 u1 | Mo | 5858,3 | 96,8 | Ta | 6430,8 |
| 72,7 u1 | Mg | 5183,7 u1 | 99,4 u | Rh | 6752,4 | 6430,8 | Ta | 6485,4 u |
| 83,7 u1 | Mg | 5528,4 u2 | 5608,9 | Pb | 6002,0 | 38,5 | Cd | — |
| 93,1 | Rh | 5354,4 u | 25,6 | Ir | 5894,1 | 39,1 | Ca | 6462,6 |
| 5200,4 u2 | Y | 5205,7 u2 | 31,7 | Zn | — | 49,2 | U | 6862,9 |
| 5201,5 | Pb | 5608,9 | 36,2 | Ru | — | 62,6 | Ca | 6493,8 |
| 05,7 u2 | Y | 5663,0 | 63,0 | Y | — | 85,4 u | Ta | 6516,1 |
| 08,4 | Cr | 5409,8 | 71,8 | Sc | 5686,9 | 93,8 | Ca | — |
| 09,0 u1 | Ag | 5465,4 u1 | 82,7 u2 | Na | 5688,2 u2 | 96,9 | Ba | — |
| 5218,2 | Cu | 5200,2 | 86,9 | Sc | 6305,7 | 6516,1 | Ta | — |
| 24,7 | W | 5492,3 | 88,2 u2 | Na | 5890,0 u1 | 49,8 | Tl | 6713,7 |
| 27,2 | Fe | 5232,9 | 5700,2 | Cu | 5782,2 | 6707,9 u1 | Li | — |
| 27,6 u | Pt | 5301,0 u | 24,0 | Rb | 6159,8 | 13,7 | Tl | — |
| 32,9 | Fe | 5269,5 u1 | 69,6 | Hg | 5790,7 | 52,4 | Rh | — |
| 69,5 u1 | Fe | 5328,0 u | 82,2 | Cu | — | 6862,9 | U | — |
| 95,6 u | Pd | 5395,3 | 82,8 | K | 5802,2 | 6911,3 | K | 6939,0 |
| 5301,0 u | Pt | 5369,0 | 90,7 | Hg | — | 39,0 | K | 7664,9 |
| 28,0 u | Fe | 5371,5 u | 5802,2 | K | 5812,7 | 7664,9 | K | 7699,0 |
| 50,5 u1 | Tl | 6549,8 | 11,1 | Ta | 5997,2 u | 7699,0 | K | — |
| 54,4 u | Rh | 5379,1 | 12,7 | K | 5832,3 | 7800,3 u | Rb | 7947,6 u |
| 64,3 | Ir | 5449,5 u1 | 32,3 | K | 6911,3 | 7947,6 u | Rb | — |
| 5369,0 | Pt | 5390,8 | 5837,4 u2 | Au | 6278,2 | | | |

**Unsere größeren Spektrographen
sind u. a. an folgenden Stellen in Benutzung:**

Chemische Institute:

Anorganisch- und elektrochemisches Laboratorium der Technischen Hochschule Aachen.
Anorganisch-chemisches Laboratorium der Technischen Hochschule München.
Chemisches Institut der Universität Bonn.
Institut für organische Chemie, Technische Hochschule Dresden.
Institut für angewandte Chemie Erlangen.
Chemisches Institut der Universität Heidelberg.
Chemisches Institut der Universität Jena.
Institut für anorganische und analytische Chemie der Deutschen Technischen Hochschule Prag.
Anorganisch-chemisches Laboratorium Kowno.
Chemisches Institut der Universität Pecs.
Laboratorium für Farbenchemie und Färberei-Technik der Technischen Hochschule Dresden.
Organisch-chemisches Laboratorium der Technischen Hochschule München.
Laboratorium für Elektrochemie und physikalische Chemie der Technischen Hochschule Dresden.
Institut für organische Chemie der Technischen Hochschule Darmstadt.
Institut de Chimie al Univers. Labor. de Chimie Cluj (Rumänien).
Chemisches Institut der Hochschule Stockholm.
Laboratorium für anorgan. Chemie, Technisches Institut Charkow.
Kantonchemiker des Kantons Zürich, Zürich.
Institut für technische Biochemie und Mikrobiologie der Technischen Hochschule Graz.
Chemisches Institut der Techn. Hochschule Braunschweig.
Laboratoire de Chimie organique de la Faculté des Sciences Paris.
Kaiser-Wilhelm-Institut für Physikalische Chemie und Elektrochemie Berlin-Dahlem.
Laboratoire de Chimie-Physique (Prof. Perrin), Paris.
Medizinische Klinik der Universität Kiel.
Zentrallaboratorium der Südmanschurischen Eisenbahn, Dairen (China)

Physikalische Institute:

Physikalisch-technische Reichsanstalt, F. Paschen, Berlin.
Institut für experimentelle Physik, Prof. Pogany, Budapest.
Physikalisches Institut Jena.
Zweite experimentelle Abteilung des Physikalischen Instituts Göttingen.
University of Chicago, Ryerson Physical Laboratory.
Einstein-Turm, Prof. Freundlich, Potsdam.
Physikal. Institut Breslau.

Mineralogische und geologische Institute:

Mineralogisch-petrographisches Institut Frankfurt a. M.
Mineralogisch-petrographisches Institut Heidelberg.
Mineralogisch-petrographisches Institut Freiburg i. Br.
Mineralogisches Institut Jena.
Mineralogisches und paläontologisch-geologisches Museum der Universität Münster i. W.
Bergakademie Clausthal.
Institutul Geologie al Romaniei, Laboratorul de Chemie Bukarest.
Ufficio Geologico Roma.

Medizinische und biologische Institute:

Kaiser-Wilhelm-Institut für Biologie Berlin.
Reichsgesundheitsamt Berlin.
Institut für gerichtliche Medizin Leipzig.
Institut für gerichtliche Medizin Frankfurt a. M.
Institut für gerichtliche Medizin Heidelberg.
Hygienisches Institut Rostock.

Medizinische Universitätsklinik Münster.
Chemisches Institut des Eppendorfer Krankenhauses Hamburg.
Physiologisches Institut der Universität Halle.
Staatliche Untersuchungs-Anstalt, Biochemisches Institut Prag.
Scuola Superiore di Malariologia Rom.
Laboratoire Provincial des Recherches Medico-Legales Montreal P. Q. Canada.
Pathologisches Institut der Universität Königsberg.
Hygienisches Institut Oslo.
Hospital der Südmanschurischen Eisenbahn Dairen (China).
Deutsche Forschungsanstalt für Psychiatrie München.
Laboratoire de Physique médicale, Faculté de Medecine et de Pharmacie, Bordeaux.
Faculté de Medecine, Lyon.
Medizinische Klinik der Universität Heidelberg.
Medical College South Manchurian Railway Company Mukden (China).

Diverse:

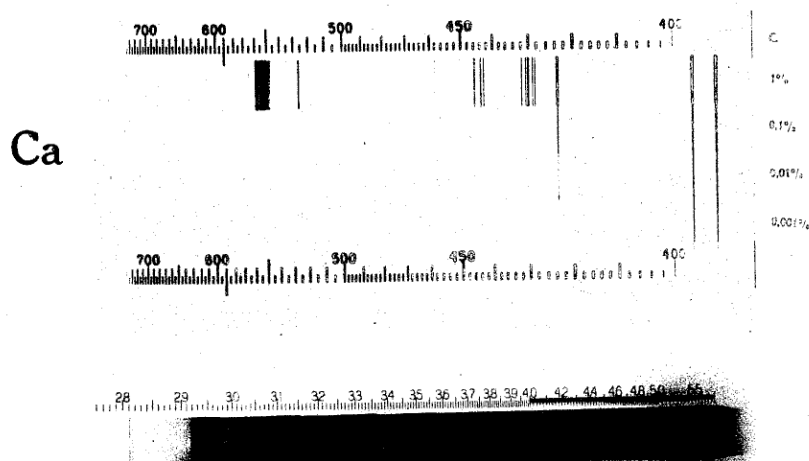
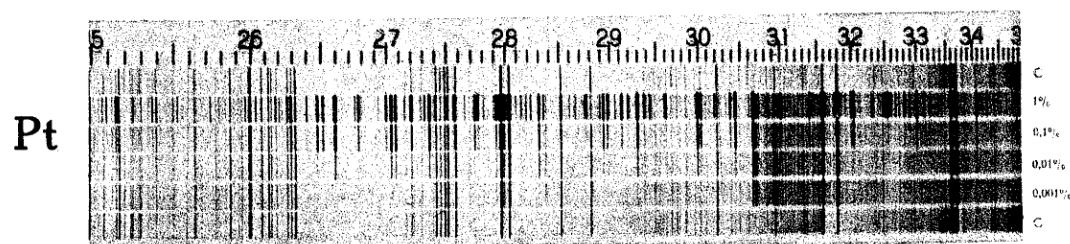
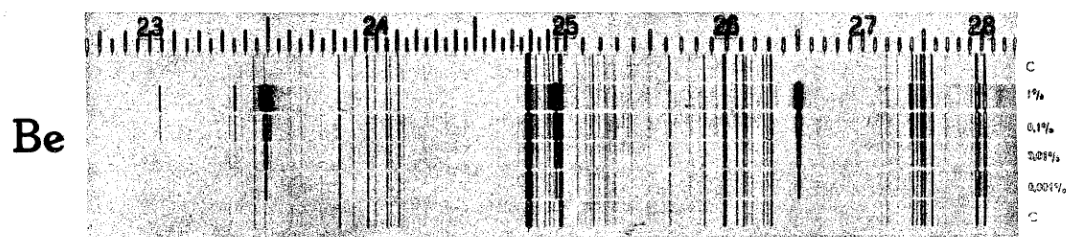
Untersuchungs-Laboratorium der Ortskrankenkasse Stuttgart.
Institut für Tierzucht und Züchtungs-Biologie der Technischen Hochschule München.
Botanisches Institut der Universität Erlangen.
Reichsbahn-Zentralamt Berlin.
Landwirtschaftliche Versuchsanstalt Stockholm.
Institut für Gasanalyse der Technischen Hochschule Charlottenburg.
Harvard University Mass. U. S. A.
Cornell University New York State.
Versuchs- und Forschungsanstalt für Milchwirtschaft Kiel.
Rumänische Eisenbahndirektion Bukarest.
Zaklad Wielkiego Przemysłu Organicznego i Farbiarstwa, Polytechnikum, Warschau.
Applied Mathematics Department of the University of Cape Town.
Technische Hochschule Helsingfors.
Staatl. Institut für Gewerbeförderung in Turc. sv. Martin, C. S. R.
Lichtforschungsanstalt Hamburg
Middle School, South Manchurian Railway Company Mukden (China).

Industrielle Betriebe:

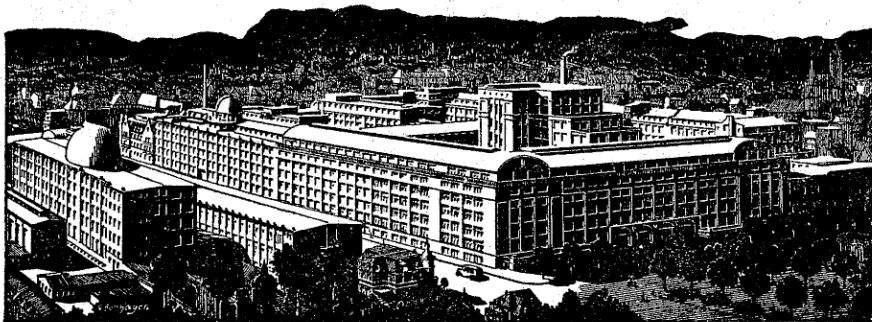
Kino-Film-G. m. b. H. Düren.
J. G. Farbenindustrie A.G. Wolfen.
Leuna-Werk Merseburg.
Gold- und Silber-Scheideanstalt Frankfurt a. M.
Georg J. Wild, Idar.
J. G. Farbenindustrie A. G. Ludwigshafen.
Verein für chemische und metallurgische Produktion Aussig.
Feistritzter Glasfabriken A.G. Ratten (Steiermark).
Schott & Gen. Jena.
Hirsch & Co. Kunzendorf N.-L.
Fönsterglasbrukens Försäljnings A.B. Stockholm.
Bayerische Tafel- und Salin-Spiegelglasfabrik Mitterteich.
„Mühlig-Union“ Glasindustrie Aktiengesellschaft Teplitz (C. S. R.)
E. Merck, Chemische Fabrik, Darmstadt.
Akkumulatorenfabrik Hagen i. W.
Fabbrica Accumulatori Hensenberger Monza (Italien).
„Sachtleben“ Aktiengesellschaft für Bergbau und chemische Industrie Homburg (Niederrhein).
Rasselsteiner Eisenwerksgesellschaft Akt.-Ges. Neuwied-Rasselstein.
Laboratorium der Consumvereine Hamburg.
The Eppley Laboratories New York.
Chas. Pfizer & Co., New York.
Hoyt Miller Private Laboratory New York.
Gesellschaft für Chemische Industrie in Basel (Schweiz).
Chemisches Laboratorium Fresenius, Wiesbaden.
A.-B. Gasaccumulator, Stockholm.
Villeroy & Boch, Chemische Werke A.-G. in Dresden.

Prozentisch abgestufte Spektren von Be, Ta, Pt und Ca.

(Die ersten drei Spektren sind Vergrößerungen nach Aufnahmen mit dem „Spektrograph für Chemiker“, das vierte eine Originalaufnahme mit dem „Kleinen Spektrograph für das sichtbare Spektrum“ Nr. 13.)



Kontinuierliches U.V. Spektrum der Punktlichtlampe mit Birne aus U.V. Glas.



Gegründet 1846

CARL ZEISS

5000 Geschäftsangehörige

Telegramm-Adresse: ZEISSWERK JENA

Berlin W9, Potsdamer Straße 139 / Hamburg, Alsterhaus, Alsterdamm 12/13
Köln, Apostelnkloster 27 / Wien IX/3, Ferstelgasse 1 / London W1, Winsley House, Wells Street,
Oxford Street / New York, 485 Fifth Avenue / Los Angeles, Cal., 728 So. Hill Street
Buenos Aires, Bernardo de Irigoyen 330 / Rio de Janeiro, Praça Floriano 55
Tokio, Yusen Building 7th floor, Marunouchi
Madrid, Mailand, Paris

Zeiss Optische Instrumente

Optische Meßinstrumente

Punktalbrillengläser / Mikroskope

Mikrophotographische und Projektionsapparate

Photographische Objektive / Feldstecher und Theatergläser

Feinmeßgeräte / Geodätische Instrumente / Medizinisch-optische Instrumente

Beleuchtungseinrichtungen für Operationssäle / Aussichtsfernrohre

Astronomische Fernrohre und Hilfsapparate / Lupen

*** Gewehr-Zielfernrohre / Automobil-**

Scheinwerfer

Kataloge kostenlos bei Angabe des interessierenden Instruments

