

Ein neues anastigmatisches Polarisationsprisma zum Gebrauch als Tubusanalysator im Polarisationsmikroskop.

Von **Arthur Ehringhaus** in Göttingen.

Mit 9 Textfiguren.

Daß der Tubusanalysator im Polarisationsmikroskop eine Verschlechterung des mikroskopischen Bildes verursacht, war den Kreisen der Mineralogen eigentlich schon von jeher bekannt. Schon die Tatsache des **SORBY'schen** Phänomens genügte, um die Abbildung durch ein Nicol hindurch in einen gewissen Verruf zu bringen¹. Man hielt aber die mikroskopische Struktur der Mineralien und Gesteine im allgemeinen für zu grob, als daß die Bildverschlechterung durch das Nicol einen wesentlichen Einfluß auf die Beobachtungsergebnisse haben könnte. Über die wahre Größe und die dioptrische Wirkung des Fehlers war man sich jedoch wohl nicht so recht klar. Näheres darüber wurde erst durch Untersuchungen des Zoologen **S. BECHER**² bekannt. Eine glückliche Kombination von Versuchsumständen ließ hierbei den Fehler besonders deutlich hervortreten und erleichterte das Erkennen seiner Natur. **BECHER** untersuchte Echinodermenskelette, welche durch Abschleifen präpariert wurden. Der in dem feinen Gerüstwerk der Schiffe mitunter zurückbleibende, aus winzigen Kalkspatteilchen bestehende Schleifstaub bildete ein ausgezeichnetes Probeobjekt. Die zwischen gekreuzten Nicols hell aufleuchtenden Kalkspatpunkte ließen den Hauptfehler der bisher üblichen Tubusanalysatoren als von astigmatischer Natur erkennen. Es zeigte sich nämlich, besonders bequem bei Anwendung stärkerer Okulare, daß die Kalkspatteilchen durch den Tubusanalysator hindurch weder bei subjektiver Beobachtung noch bei photographischen Aufnahmen scharf punktförmig abgebildet werden. Als Bilder ergeben sich vielmehr kurze Striche, die je nach der Einstellung des Mikroskoptubus parallel oder senkrecht zur Polarisationsebene des Analysators verlaufen. Bei einer zwischen den vorigen liegenden mittleren Einstellung des Tubus erhält man unscharf verbreiterte astigmatische Kreuzchen. Als beste Methode zur Beseitigung des Fehlers schlug **BECHER** die Herbeiführung eines telezentrischen Strahlenganges innerhalb des Tubusanalysators vor. Zu diesem Zwecke sollte an Stelle des gewöhnlichen Okulares ein auf Unendlich eingestelltes Fernrohr benutzt werden. Versuche mit einem solchen Okularfernrohr ergaben in der Tat eine vollständige Beseitigung des Astigmatismus. Da aber

¹ Vgl. hierzu z. B. **E. A. WÜLFING**, Ein neues Polarisationsmikroskop usw. *Abh. d. Heidelb. Ak. d. Wiss. Math.-naturw. Kl.* 6. Abh. p. 31—34.

² **S. BECHER**, *Ann. Phys.* (4.) 47. 285—364. 1915. *N. Jahrb. f. Min. etc.* 1916. II. -9-.

bei diesem Verfahren das Objekt in den vorderen Brennpunkt der Mikroskopobjektive rückt, ergäbe sich die Notwendigkeit, diese auf die Tubuslänge Unendlich, d. h. auf parallelen Strahlenaustritt zu korrigieren. Wegen der zahlreichen hiermit verbundenen kostspieligen Umänderungen werden sich die optischen Werkstätten dazu nur schwer verstehen.

In bequemerer Weise erreichen M. BEREK¹ und F. JENTZSCH den telezentrischen Strahlengang im Tubusanalysator durch eine vorgeschaltete Negativlinse von passender Brennweite. Um die Parallelstrahlenbündel wieder in der ursprünglichen Bildebene des normalen Mikroskopes zur Vereinigung zu bringen, setzen sie hinter den Analysator eine entsprechend berechnete positive Linse. Diese Anordnung hat vor der BECHER'schen den Vorteil, ohne weiteres bei der bisherigen Mikroskop-Optik anwendbar zu sein.

Die Untersuchungen von S. BECHER gaben auch dem Verfasser Veranlassung sich seit 1916 mit der Verbesserung der mikroskopischen Abbildung durch Polarisationsprismen hindurch zu beschäftigen. Ohne Kenntnis von dem zuerst 1917 durch eine Patentschrift² von E. LEITZ bekanntgegebenen anastigmatischen Tubusanalysator nach M. BEREK und F. JENTZSCH wurden u. a. Versuche angestellt, den Astigmatismus des Nicols durch eine vorgesezte Negativlinse zu beheben. Als endgültige Ausführung eines anastigmatischen Polarisationsprismas mit telezentrischem Strahlengang wurde jedoch eine in dioptrischer Beziehung bedeutend einfachere Form gewählt. Hierbei ergaben sich zwei Ausführungsarten.

Anastigmatischer Analysator 1. Art. An Stelle der bisher planen Endflächen der Analysatorprismen werden Rotationsflächen 2. Grades angeschliffen, deren Rotationsachse mit der Längsachse des Prismas zusammenfällt. Zum Gebrauch als anastigmatisch korrigierten Tubusanalysator für orthoskopischen Strahlengang wird die Eintrittsfläche eines Polarisationsprismas nach GLAN-THOMPSON sphärisch-konkav gestaltet. Der Krümmungsradius muß dabei so berechnet werden, daß die vom Objektiv kommenden Strahlenbündel als Parallelstrahlenbündel den Analysator durchsetzen. Um diese wieder nach der gewöhnlichen Bildebene des Mikroskopes konvergieren zu lassen, wird die Austrittsfläche des Analysatorprismas sphärisch-konvex gekrümmt. Die Anordnung eines solchen anastigmatischen Analysators 1. Art in dem Strahlengange eines schwachen Mikroskopobjektives zeigt Fig. 1. Die Beseitigung der astigmatischen Bildfehler gelingt hiermit praktisch vollkommen für alle gebräuchlichen Objektive wie wir weiter unten beweisen werden.

Anastigmatischer Analysator 2. Art. Um die Korrektur geringer sphärischer Abweichungen bis auf den letzten Rest

¹ M. BEREK, dies. Centralbl. 1919. No. 17 u. 18. p. 275—284.

² E. LEITZ, Patentschrift 296 000 (42 h, 3). 1917.

zu ermöglichen, sowie auch um gewisse Schwierigkeiten bei der Herstellung der Prismen zu umgehen, wurde die Form des anastigmatischen Tubusanalysators gegen die 1. Art etwas abgeändert.

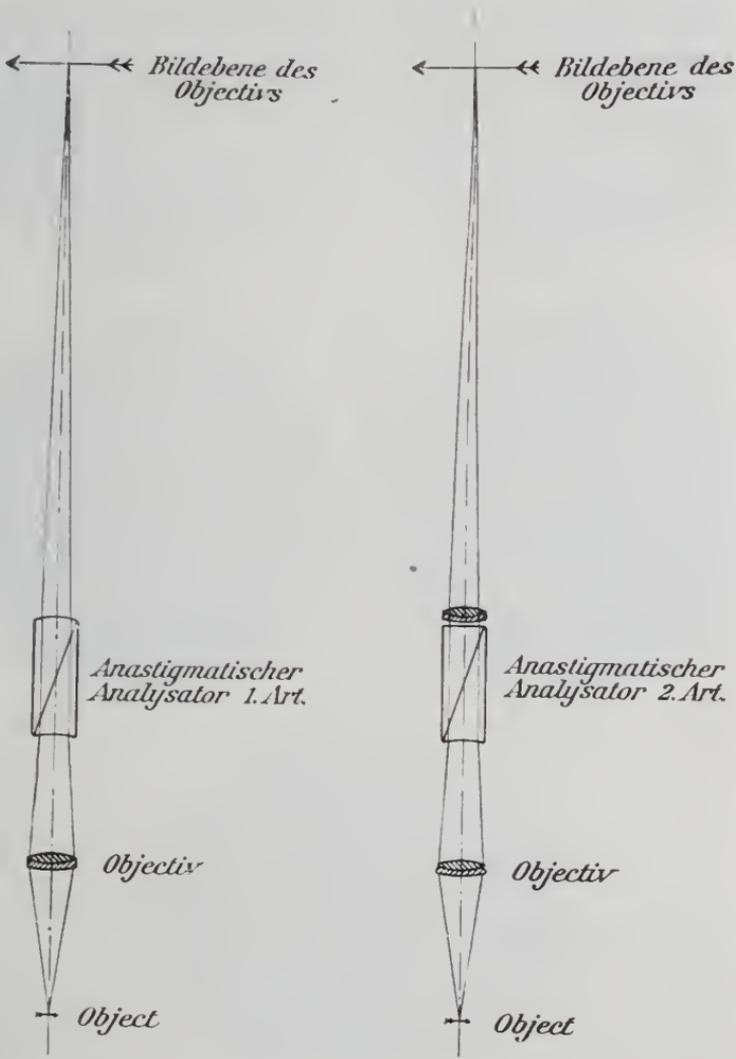


Fig. 1.

Fig. 2.

Die Eintrittsfläche des Prismas bleibt konkav, die Austrittsfläche dagegen wird nicht konvex, sondern vollkommen plan angeschliffen. Die Wiedervereinigung der Parallelstrahlenbüschel in Punkten der gewöhnlichen Bildebene des Mikroskopes wird dann durch eine unmittelbar hinter die Planfläche gesetzte, aus Kron- und Flintglas

verkittete achromatische Linse herbeigeführt. An dieser stehen genügend Radien zur Erreichung eines sphärisch und chromatisch vollkommen einwandfreien Strahlenganges zur Verfügung. Die Einfügung eines anastigmatischen Analysators der 2. Art in den Strahlenkegel eines schwachen Mikro-Objektives ist aus Fig. 2 zu ersehen.

Durch die Einschaltung eines der beschriebenen Analysatoren wird die Vergrößerung im mikroskopischen Bilde ein wenig verringert. Für ein Prisma von 24 mm Länge wurde der Verkleinerungsfaktor z. B. zu $\frac{93}{100}$ gefunden. Der Unterschied in der Vergrößerung ist demnach praktisch belanglos und wird dazu durch den Gewinn an Bildschärfe mehr als wettgemacht.

Die Verbesserung des mikroskopischen Bildes durch den neuen anastigmatischen Tubusanalysator macht sich sowohl bei subjektiven Beobachtungen wie auch bei photographischen Aufnahmen mit allen Objektiven von den schwächsten bis zu den stärksten ganz auffällig bemerkbar, wenn mittlere und stärkere Okulare angewandt werden. Alle doppelbrechenden Objekte, welche bei gekreuzten Nicols beobachtet werden, also leuchtend auf dunklem Grunde erscheinen, bekommen durch die Beseitigung des Astigmatismus erst die gestochene Schärfe guter mikroskopischer Bilder. Ganz besonders kleine, nahezu punktförmige und lange schmale, gerad- und krummlinige Objekte werden nur hierdurch vollkommen scharf abgebildet. Zur Herstellung eines empfindlichen Präparates für die Prüfung auf Astigmatismus und Anastigmatismus wurde fein gepulverter Kalkspat in einem Gemisch von Alkohol und Chloroform aufgeschlämmt. Die nach etwa 60 sec langem Absitzen noch schwebenden Teilchen wurden mit der Flüssigkeit auf einen Objektträger gebracht. Ein paar Tropfen genügen. Nach dem Verdunsten der Flüssigkeit wurden die zurückbleibenden winzigen Kalkspatteilchen gleichmäßig mit auf dem Objektträger aufgetragenen erwärmten Canadabalsam verrührt. Durch Aufpressen eines Deckgläschens wurde dann eine möglichst dünne Präparatsschicht hergestellt. Die Fig. 3—7 zeigen Photogramme dieser Kalkspatpünktchen, welche sämtlich mit Benutzung von Achromat 1 und Kompensationsokular 7 von WINKEL gewonnen sind. Auf den Fig. 3 und 4, welche bei Einschaltung der beiden beschriebenen anastigmatischen Tubusanalysatoren erhalten sind, sind die Kalkspatstänbchen vollkommen punktförmig als kleine Beugungsscheibchen abgebildet. Diese erscheinen bei subjektiver Beobachtung von scharfen Beugungsringen umgeben. Die Fig. 5—7 sind mit derselben Optik bei Anwendung eines gewöhnlichen Tubusanalysators (Prisma nach GLAN-THOMPSON $8 \times 24 \text{ mm}$) aufgenommen. Bei tiefer Einstellung des Mikroskopes erhält man die scharf begrenzten Striche auf Fig. 5, bei hoher Einstellung die weniger scharfen, um 90° gegen die ersten gedrehten Striche auf Fig. 6. Eine mittlere,



3



4



5



6



7

Erklärungen zu Fig. 3—7. Kalkspatpulver bei Betrachtung mit Objektiv 1 und Kompensationsokular 7: Fig. 3 bei Einschaltung eines anastigmatischen Tubusanalysators 1. Art. — Fig. 4 anastigmatischer Tubusanalysator 2. Art. — Fig. 5—7 astigmatischer Tubusanalysator (GLAN-THOMPSON-Prisma 8×24 mm); Fig. 5 tiefe Einstellung des Mikroskopes; Fig. 6 hohe Einstellung; Fig. 7 mittlere Einstellung.

zwischen den beiden vorigen liegende Einstellung ergibt die unscharf begrenzten astigmatischen Kreuzchen (Fig. 7), welche von diffusen Lichtscheibchen überlagert sind. Von einer punktförmigen Abbildung kann also bei keiner Einstellung eine Rede sein.

Das Bild eines Gesteins-Dünnschliffes setzt sich demnach bei Benutzung der bisherigen astigmatischen Polarisationsprismen aus lauter astigmatischen Kreuzen zusammen, wenn, wie es in der Praxis ja geschieht, auf eine mittlere gleichmäßige Unschärfe bezw. Schärfe eingestellt wird. Dies tritt um so deutlicher hervor, je mehr feine Strukturen vorliegen, welche geeignet sind, die astigmatischen Unschärfen und Verzerrungen dem Auge erkennbar zu machen. Solche Strukturen werden in Dünnschliffen gebildet durch feine Kristallkörner (z. B. die winzigen Kristalle der Grundmasse in porphyrtartigen Gesteinen und des Zementes in verkitteten Sedimenten), durch schmale, länglich ausgebildete Kristalle (z. B. Apatit in Basalten, Turmalin in Form der Turmalinsonnen des Luxullianits), ferner durch Kristallkanten, Spaltrisse und Zwillingslamellen. Um den Unterschied in der Abbildung eines Dünnschliffes zu zeigen, ist in den Fig. 8 und 9 die gleiche Stelle eines Dünnschliffes von Olivinabbro durch einen astigmatischen und einen anastigmatischen Analysator hindurch photographiert. Bei der Aufnahme (Fig. 8) durch das astigmatische Prisma ist auf eine mittlere gleichmäßige Schärfe eingestellt. Da dies allein für die Praxis in Frage kommt, wäre es verfehlt, auf Geraden einer Richtung mit größtmöglicher Schärfe einzustellen; denn alle Strukturelemente von anderer als der scharf eingestellten Richtung würden dann vollkommen unscharf erscheinen. Der Schärfenunterschied in den Zwillingslamellen des Labradorits wie in der feinkörnigen Oberflächenstruktur des Olivins, namentlich des rechts befindlichen zersetzten Olivins mit Serpentinfasern, tritt auf den beiden Bildern auffällig hervor. Manche Einzelheiten der Fig. 9 verschwinden auf Fig. 8 vollständig.

Um den Unterschied in den Vergleichsaufnahmen so deutlich zu machen, daß er auch in der Wiedergabe im Druck klar zu sehen ist, wurde ein sehr starkes Okular benutzt. Wenn im Objekt entsprechend feine Struktureinzelheiten vorliegen, so ist der Schärfenunterschied selbst bei den schwächsten Okularen noch deutlich. Demgemäß zeigen fast alle Dünnschliffe mit Benutzung des viel gebräuchteren Okulares No. 2 bei dem anastigmatischen Analysator ein gestochen scharfes Bild, während bei den bisherigen astigmatischen Analysatoren das Auge durch Akkommodationschwankungen unter Zuhilfenahme der Mikrometerbewegung des Mikroskopes sich zwecklos abmüht, die instinktiv geahnte Unschärfe zu bannen. Verfasser musterte vergleichsweise über 200 Dünnschliffe der verschiedensten Gesteine durch und konnte fast immer einen bedeutenden Gewinn an Schärfe und Klarheit im mikroskopischen Bilde fest-



8



9

Erklärungen zu Fig. 8 u. 9. Dünnschliff eines Olivingabbros von Ashly bei Elfålen in Schweden.

Aufnahme mit Objektiv 1 und Kompensationsokular 7. In der Mitte Plagioklas; links unzersetzer, rechts zersetzter Olivin.

Fig. 8 bei astigmatischem Tubusanalysator, Fig. 9 bei anastigmatischem Tubusanalysator. — Nicols gekreuzt.

stellen. Die Güte der Abbildung durch einen anastigmatischen Tubusanalysator erlaubt auch die Ausnutzung des Auflösungsvermögens der stärksten Mikroskopobjektive. So konnten in dem sehr feinkörnigen Solenhofer Schiefer durch Anwendung einer homogenen Ölimmersion von $f = 1,8$ mm und der Kompensationsokulare No. 6 u. 7 von WINKEL an einer ganzen Reihe von Kristallindividuen Zwillingslamellen beobachtet werden, welche bei der Abbildung durch einen astigmatischen Tubusanalysator nur z. T. und ziemlich verwaschen zu sehen waren. Die hierbei angewandten Vergrößerungen gingen bis zu 2400fach.

Die angegebenen anastigmatischen Polarisationsprismen haben vor anderen den Vorzug, daß sie möglichst reflex- und absorptionsfrei sind. Da sie eine ganz normale Länge besitzen, können sie außerdem in jedes vorhandene Polarisationsmikroskop eingebaut werden. Die neuen Prismen¹ werden von der Firma R. WINKEL, Göttingen ausgeführt. Die von ihr hergestellten Polarisationsmikroskope werden in Zukunft mit anastigmatischen Tubusanalysatoren ausgerüstet.

Herrn Geheimrat O. MÜGGE bin ich für die Erlaubnis, Dünnschliffmaterial und andere Hilfsmittel des Mineralogisch-petrographischen Instituts zu Göttingen benutzen zu dürfen, zu großem Dank verpflichtet.

Göttingen, im Dezember 1919.

Isostasie und Erdbeben.

Von E. Tams in Hamburg.

Allgemeiner wurde die Bedeutung der Isostasie für die Geotektonik von CL. EDW. DUTTON in seiner bekannten Gleichgewichtstheorie² dargelegt, und wenn nun auch die Anwendbarkeit dieser Lehre in der ihr ursprünglich gegebenen Form und Ausdehnung nach neueren Untersuchungen nicht mehr ohne Einschränkungen zulässig erscheint, so hat sich doch die Idee der Isostasie weiterhin als ein auch für geotektonische Fragen sehr fruchtbares Prinzip erwiesen. So verwendet es z. B. K. ANDRÉE erst neuerdings wieder, um mit seiner Hilfe in Verbindung mit den Unterströmungen von AMPFERER und den Gleitbewegungen von REYER die bei vielen Faltegebirgen beobachtete Einseitigkeit ihres Baues zu erklären³,

¹ D.R.P. angem.

² On some of the greater problems of physical geology. Bull. Philosoph. Soc. Washington. 11. 1892. p. 51—64.

³ Über die Bedingungen der Gebirgsbildung. Berlin 1914.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Centralblatt für Mineralogie, Geologie und Paläontologie](#)

Jahr/Year: 1920

Band/Volume: [1920](#)

Autor(en)/Author(s): Ehringhaus Arthur

Artikel/Article: [Ein neues anastigmatisches Polarisationsprisma zum Gebrauch als Tubusanalysator im Polarisationsmikroskop. 175-182](#)