

4. Optisch aktive absorbierende Kristalle.

Für optisch aktive absorbierende Kristalle ergibt sich die gleiche Formel wie 4) im vorigen Abschnitt. Nur ist hier an Stelle von Γ (Formel 2 im Abschnitt 3) zu setzen:

$$\Gamma = \frac{d \cdot \varrho_{\lambda}}{\lambda}.$$

worin ϱ_{λ} das spezifische Drehungsvermögen des Kristalls ist, das sich bekanntlich durch

$$\varrho_{\lambda} = \frac{\pi d \cdot (\omega_{\lambda}' - \omega_{\lambda}'')}{\lambda}$$

ersetzen läßt, womit 4) wieder die gleiche Form angenommen hat. Dieser Fall bietet also prinzipiell nichts Neues.

Brandenburg (Havel), im August 1918.

Die astigmatischen Bildfehler der Polarisationsprismen.

Von M. Berek in Wetzlar.

(Schluß.)

Die astigmatischen Bildfehler im Polarisationsmikroskop bei subjektiver Beobachtung und bei der Projektion.

Die orthoskopischen und konoskopischen Interferenzerscheinungen im Polarisationsmikroskop stehen zueinander im Verhältnis der geometrischen Reziprozität. Geht man durch Einschalten der AMICI-BERTRAND'schen Linse von der orthoskopischen Betrachtungsweise zur konoskopischen über, so vertauschen sämtliche vor der BERTRAND'schen Hilfslinse im Strahlengang befindlichen Hauptblenden ihren Charakter; Gesichtsfeldblenden werden zu Aperturblenden und umgekehrt. Sämtliche hinter der BERTRAND'schen Hilfslinse befindlichen Hauptblenden hingegen wahren ihren ursprünglichen Charakter. Wir haben hiernach bei der Theorie der astigmatischen Bildfehler zu unterscheiden, wo das Analysatorprisma im Strahlengang angeordnet ist.

a) Die astigmatischen Bildfehler des Tubusanalysators.

Die primären astigmatischen Bildfehler entstehen hier im Tubus und werden bei orthoskopischer Betrachtung durch das Okular, bei konoskopischer durch BERTRAND'sche Linse + Okular abgebildet. Da die vor der BERTRAND'schen Linse stehenden Blenden beim Übergang von der orthoskopischen zur konoskopischen Betrachtungsweise ihre Bedeutung als Gesichtsfeld- und Aperturblende vertauschen, müssen wir beim Tubusanalysator die primären Bildfelder in beiden

reziproken Hauptblendenebenen des Tubus berücksichtigen. Sie sind durch die Beziehung (2) gegeben:

$$\left. \begin{array}{l} U = 2b \operatorname{tg} u \\ B = -\frac{b}{f} \end{array} \right\} \begin{array}{l} \text{in der vorderen} \\ \text{Brennebene des} \\ \text{Okulars} \end{array} \quad \left. \begin{array}{l} H = 2b \operatorname{tg} u \\ \mathfrak{B} = -\frac{b}{f} \end{array} \right\} \begin{array}{l} \text{in der hinteren} \\ \text{Brennebene des} \\ \text{Objektivs} \end{array} \quad (8)$$

Ist v_2 die Lateralvergrößerung des Okulars, $\mathfrak{B}$ die des Konoskops, so werden die astigmatischen Bildfehler im Bildraum nach (3):

$$\left. \begin{array}{l} U' = v_2 U \\ B' = B \end{array} \right\} \text{im Orthoskop} \quad \left. \begin{array}{l} H' = \mathfrak{B} H \\ \mathfrak{B}' = \mathfrak{B} \end{array} \right\} \text{im Konoskop} \quad (9)$$

Wir setzen nun voraus, daß im Falle der subjektiven Beobachtung die Augenpupille des Beobachters groß genug ist, um alle die Austrittspupille des Mikroskops passierenden Strahlen aufzunehmen. Bei großer Intensität der Lichtquelle möge also durch Einschaltung hinreichend starker Filter in den Strahlengang dafür gesorgt sein, daß die Pupille des Beobachters sich selbsttätig höchstens bis zu dem Betrage schließt, bei der sie noch alle die Austrittspupille durchsetzenden Strahlen aufnehmen kann. Unter diesen Voraussetzungen spielt die Austrittspupille des Mikroskops wirklich die Rolle der wirksamen Aperturblende im Bildraum des Mikroskops. Dann ist

$$\operatorname{tg} u = \frac{R}{\tilde{f}_2} \text{ im Orthoskop} \quad \operatorname{tg} u = \frac{\mathfrak{R}}{\tilde{\mathfrak{F}}} \text{ im Konoskop} \quad (10)$$

Den Radius der Austrittspupille kann man durch Konstanten des Mikroskops ausdrücken. Wir machen dabei von der Tatsache Gebrauch, daß sich Objekt und Austrittspupille mit großer Annäherung in der vorderen, bzw. hinteren Brennebene des Mikroskops befinden. Der Allgemeinheit wegen nehmen wir noch an, daß sich zwischen Objektiv und Objekt eine homogene Immersion vom Index n befindet (für Trockensysteme wird $n = 1$). Dann lautet die Sinusbedingung:

$$\frac{R}{F} = n \sin \alpha = A. \quad (11)$$

Man erhält somit:

$$R = FA \text{ im Orthoskop} \quad \mathfrak{R} = \tilde{\mathfrak{F}} \mathfrak{A} \text{ im Konoskop.} \quad (12)$$

Nun gilt für die Gesamtbrennweite die bekannte Beziehung

$$F = \frac{\tilde{f}_1 \tilde{f}_2}{f} \quad \tilde{\mathfrak{F}} = \frac{\tilde{f}_1' \tilde{f}_2}{f'} \quad (13)$$

und für die Gesamtvergrößerungen

$$V = v_1 v_2 \quad \mathfrak{V} = v_1' v_2 \quad (14)$$

worin die Eigenvergrößerungen nach (6) sind:

$$v_1 = \frac{f}{\tilde{f}_1} \quad v_2 = \frac{s}{\tilde{f}_2} \quad v_1' = \frac{f'}{\tilde{f}_1'} \quad (15)$$

Setzt man alle diese Werte nacheinander in (9) ein, so erhält man schließlich für die astigmatischen Bildfehler

$$\left. \begin{aligned} U' &= 2\delta \frac{v_2}{v_1} A \\ B' &= -\frac{\delta}{f} \end{aligned} \right\} \text{im Orthoskop} \quad \left. \begin{aligned} W' &= 2\delta v_1' v_2' \mathfrak{A} \\ \mathfrak{B}' &= +\frac{\delta}{f} \end{aligned} \right\} \text{im Konoskop} \quad (16).$$

Die durch den Tubusanalysator hervorgerufene astigmatische Unschärfe wächst im Orthoskop und Konoskop proportional der Prismenlänge und proportional der Okularvergrößerung.

Den Einfluß des Objektivs auf die Größe der astigmatischen Unschärfe müssen wir im Orthoskop und Konoskop getrennt behandeln. Im Orthoskop würde bei konstant gehaltener Apertur die Unschärfe mit zunehmender Objektivvergrößerung abnehmen. Mit zunehmender Objektivvergrößerung wächst aber andererseits auch die nutzbare Apertur der Objektive. Um die Verhältnisse besser zu übersehen, habe ich in der folgenden Tabelle für die Objektive von E. LERTZ, Wetzlar, die Werte

$$A$$

$$v_1$$

berechnet. Die Kataloge anderer Firmen enthalten leider keine Angaben über die wirksamen optischen Tubuslängen, die zur Berechnung der wirksamen Eigenvergrößerung der Objektive gebraucht werden.

Die Zahlen der beiden letzten Spalten sind noch mit der angewandten Okularvergrößerung zu multiplizieren.

Die Tabelle bestätigt, was wir schon durch unseren Versuch festgestellt haben: Die Bildfehler wachsen keinesfalls mit der Stärke der Objektivsysteme. Es ergeben im Gegenteil die schwächeren Systeme eine bei weitem größere astigmatische Störung als die stärkeren.

Auch die Beträge der astigmatischen Störung können nicht gering genannt werden. Beachten wir, daß mit Objektiv No. 2 und einem mittleren Okular von achtfacher Eigenvergrößerung, also bei einer Gesamtvergrößerung von nur

$$V = 8 \cdot 5,8 = 46,4$$

der Durchmesser der astigmatischen Zerstreuungslinie bereits

$$1,528 \text{ mm bzw. } 20,8'$$

beträgt. Die Wahrnehmbarkeitsgrenze des menschlichen Auges ist also schon um das Zehn- bis Zwanzigfache überschritten. Eine solche mangelhafte Strahlenvereinigung übersteigt weit das Maß der Fehlerreste im Korrektionszustand selbst der gewöhnlichen achromatischen Optik. Die astigmatische Störung des Tubusanalysators tritt besonders in der Mikrophotographie recht deutlich hervor. Auch bei der subjektiven Beobachtung sind die nachteiligen Wirkungen des Tubusanalysators, schon bevor S. BECHER

Tab. 1. Astigmatische Unschärfe im Orthoskop für die Okularvergrößerung Eins und die Prismenlänge: 20 mm.

	Objektiv No.	Eigenver- größerung v_1	Apertur A	A v_1	Astigmatische Bild- unschärfe in	
					mm	Bogen- minuten ¹
Achromate	1*	2,7	0,08	0,030	0,159	2,2
	1	3,2	0,11	0,034	0,182	2,5
	2	5,8	0,21	0,036	0,191	2,6
	3	10,3	0,30	0,029	0,154	2,2
	4	18,2	0,47	0,026	0,136	1,9
	5	33,3	0,64	0,019	0,101	1,4
	6	48,0	0,82	0,017	0,090	1,2
	7	62,5	0,85	0,014	0,072	1,0
	Wasser- immersion	90,6	1,20	0,013	0,070	1,6
	Ölimmer- sion $\frac{1}{12}$	105	1,30	0,012	0,065	0,9
Fluoritsysteme	3 a	14,1	0,40	0,028	0,150	2,1
	6 a	44,0	0,82	0,019	0,099	1,3
	7 a	58,1	0,85	0,015	0,077	1,1
	7 b	66,0	0,95	0,014	0,076	1,1
	8	69,1	0,87	0,013	0,066	0,9
	9	85,2	0,87	0,010	0,054	0,7
	$\frac{1}{12}$ a	98	1,32	0,013	0,071	1,0
	$\frac{1}{16}$	114	1,32	0,012	0,061	0,8
Apochromate	16 mm	11,5	0,30	0,026	0,138	1,9
	8	23,0	0,65	0,028	0,149	2,1
	4	46,0	0,95	0,021	0,109	1,5
	3	66,0	0,95	0,014	0,076	1,1
	2	92,0	1,32	0,014	0,076	1,1
			1,40	0,015	0,080	1,1

seine grundlegende Arbeit veröffentlicht hat, aufmerksamen Beobachtern nicht entgangen. Sie haben sich aber teils mit ihnen als etwas Unvermeidlichem abgefunden, teils sind sie zu der alten Beobachtungsweise mit Aufsatzanalysator zurückgekehrt, unter der Begründung, „daß für sie das Bild dadurch an Schärfe gewinne“.

Hinsichtlich der astigmatischen Unschärfe im Konoskop ergibt die Beziehung (16) folgenden weiteren Satz:

¹ für normale Sehweite $S = 250$ mm.

Im Konoskop wächst die astigmatische Unschärfe auch mit der Eigenvergrößerung der BERTRAND'schen Hilfslinse.

Die konoskopische Apertur wird durch die Größe der wirkamen Blende im kristallinen Objekt bedingt. Ist der Radius des wirkamen orthoskopischen Gesichtsfeldes im Objekt q , so gilt

$$\operatorname{tg} u = \frac{q}{f_1} = \mathfrak{A} \quad (17)$$

In der folgenden Tabelle ist dieser Wert für einige Objektive, die zumeist bei konoskopischer Betrachtung benutzt werden, mitgeteilt. Zugrunde gelegt ist diesen Berechnungen das volle orthoskopische Gesichtsfeld der neuen Polarisationsmikroskope mit großem Sehfeld von E. LEITZ, Wetzlar.

Tab. 2. Astigmatische Unschärfe im Konoskop für die Konoskopvergrößerung Eins und deutliche Sehweite ($S = 250$ mm). Prismenlänge: 20 mm.

Objektiv No.	Brennweite f_1	Gesichtsfeld- radius q	$\mathfrak{A}$	Astigmatische Un- schärfe in	
				mm	Bogen- minuten
4	10,0	0,69	0,069	0,36	5,0
5	5,4	0,40	0,074	0,39	5,4
6	4,0	0,28	0,070	0,37	5,1
7	3,2	0,22	0,069	0,36	5,0
8	2,6	0,19	0,073	0,39	5,4
9	2,2	0,14	0,064	0,34	4,7

Die Bildfehler der Tabelle 2 sind ebenfalls noch mit der Gesamtvergrößerung des Konoskops

$$\mathfrak{B} = v_1' v_2$$

zu multiplizieren. Daher sollte auch hier der Durchmesser des Zerstreuungskreises bei weitem die Wahrnehmbarkeitsgrenze des Auges übersteigen. Es ist allerdings zu beachten, daß zumeist infolge der Ablendung durch die Fassung der BERTRAND'schen Linse der im Konoskop wirksame Radius q der orthoskopischen Gesichtsfeldblende bedeutend kleiner ist als der Radius des vollen orthoskopischen Sehfeldes. Diese Ablendung ist sogar erwünscht bei der Betrachtung konoskopischer Interferenzbilder optisch nicht einheitlicher Massen sowie von kristallinen Partikelchen, die nicht das ganze orthoskopische Gesichtsfeld erfüllen, und wird durch geeignete Iris-

blenden absichtlich verstärkt. Aus diesem Grunde und auch in Anbetracht der besonderen Struktur des konoskopischen Interferenzbildes wirkt im allgemeinen die astigmatische Unschärfe im Konoskop nicht so störend wie im Orthoskop. Indes ist sie an geeigneten Objekten, z. B. den scharf begrenzten Hyperbeln von Glimmer in der Nähe der Achsenaustrittspunkte, bei stärkerer Okularvergrößerung deutlich wahrnehmbar.

Die Okularvergrößerung ist proportional der Bildweite S . Daher wächst die astigmatische Unschärfe im Orthoskop und Konoskop mit dem Abstand des Projektionsschirmes. Bei subjektiver Beobachtung kommt hingegen für die Wahrnehmbarkeit der astigmatischen Unschärfe ihr Bogenmaß in Frage. Dieses ist aber wieder umgekehrt proportional der Akkommodationsweite. Es wird daher von Kurz- und Weitsichtigen bei subjektiver Beobachtung die astigmatische Unschärfe des Tubusanalysators gleich stark empfunden. Ganz streng gilt das nicht, da durch die Verschiebung der Augenlinse des Okulars zur Scharfeinstellung des Fadenkreuzes die Brennweite des Okulars geändert wird.

Fassen wir noch einmal die Ergebnisse für die astigmatische Unschärfe im Orthoskop und Konoskop im großen zusammen, so finden wir wieder die ganz allgemein gültige Dualität der zwei reziproken Hauptblenden im Strahlengang ausgesprochen:

Für die astigmatische Unschärfe im Orthoskop ist die Größe der orthoskopischen Aperturblende maßgebend, für die astigmatische Unschärfe im Konoskop die Größe der wirksamen orthoskopischen Gesichtsfeldblende.

Aus (16) ergeben sich folgende weiteren Beziehungen:

Die astigmatischen Bildverzerrungen des Tubusanalysators sind im Orthoskop und Konoskop numerisch gleich groß, aber von entgegengesetztem Vorzeichen. Sie sind ferner für alle Bildweiten gleich groß, proportional der Prismenlänge und umgekehrt proportional der wirksamen optischen Tubuslänge des Orthoskops. Da die wirksame optische Tubuslänge im allgemeinen mit abnehmender Objektivbrennweite zunimmt, so wird durchschnittlich die Verzerrung mit wachsender Objektivstärke kleiner. Das zeigt für einige Objektive die folgende Tabelle. Die letzte Spalte läßt erkennen, daß die astigmatische Bildverzerrung nennenswerte Beträge nicht erreicht. Ihr kommt also bei weitem nicht dieselbe Bedeutung zu wie der astigmatischen Unschärfe in der Abbildung.

Bei der Betrachtung des primären konoskopischen Interferenzbildes nach dem LASAUX'schen Verfahren sind die zusammengehörigen reziproken Ebenen die hintere Brennebene des Objektivs

Tab. 3. Astigmatische Bildverzerrung
im Orthoskop und Konoskop.
Prismenlänge: 20 mm.

Objektiv No.	Wirksame optische Tubuslänge Δ	Bildverzerrung in %
1	128	2.06
2	139	1.90
3	167	1.58
4	182	1.45
5	180	1.47
6	192	1.37
7	200	1.32
8	180	1.47
9	187	1.41

und die Ebene der Augenpupille des Beobachters. Demnach werden die astigmatischen Bildfehler

$$\Pi = \begin{array}{l} \frac{2\delta r}{S} \text{ wenn die Augenpupille } r \\ 2\delta \varrho \text{ wenn die orthoskopische} \\ f_1 \text{ Gesichtsfeldblende } \varrho \end{array} \left\{ \begin{array}{l} \text{als} \\ \text{Apertur-} \\ \text{blende} \\ \text{wirkt} \end{array} \right. \quad \mathfrak{B} = + \frac{\delta}{S} \quad (18)$$

Bei der Betrachtung des sekundären konoskopischen Interferenzbildes nach dem KLEIN'schen Verfahren sind die zusammengehörigen reziproken Ebenen die Austrittspupille des Orthoskops bzw. ihr durch die KLEIN'sche Lupe entworfenes Bild und die Augenpupille des Beobachters, die sehr nahezu der Kristallebene konjugiert ist. Die primären astigmatischen Bildfehler in der hinteren Brennebene des Objektivs sind

$$\Pi = \frac{2\delta \varrho}{f_1} \quad \mathfrak{B} = + \frac{\delta}{\Delta}$$

Nach Abbildung durch das Okular erhalten wir in der Austrittspupille des Mikroskops

$$\Pi' = 2\delta \frac{\varrho}{f_1} \cdot \frac{f_2}{\Delta} \quad \mathfrak{B}' = + \frac{\delta}{\Delta}$$

und nach Abbildung durch die KLEIN'sche Lupe von der Eigenvergrößerung $\bar{v}$:

$$\Pi'' = 2\delta \frac{\varrho}{f_1} \cdot \frac{f_2}{\Delta} \bar{v} \quad \mathfrak{B}'' = + \frac{\delta}{\Delta} \quad (19)$$

b) Die astigmatischen Bildfehler eines Tubusanalysators mit Korrektionslinse zur Beseitigung der Einstellungsdifferenz.

Um die Einstellungsdifferenz beim Ein- und Ausschalten des Tubusanalysators zu begleichen, wird dieser gewöhnlich mit einer Linse von positiver Brennweite fest verbunden. Diese Korrektions-

linse hebt indes die astigmatischen Bildfehler nicht auf, sondern ändert sie nur, gemäß ihrer Eigenvergrößerung nach den Formeln (3). Nun schwankt die Brennweite dieser Korrektionslinse je nach der Bauart des Stativs zwischen $1\frac{1}{2}$ und 2 m. Gegenüber dieser Länge kommt die kurze Entfernung der Linse vom oberen Tubusende, die nur wenige Zentimeter beträgt, nicht in Betracht, so daß die Eigenvergrößerung der Korrektionslinse sich nur wenig von Eins unterscheidet. In der Regel liegt sie zwischen 0,92 und 0,94. Durch die positive Korrektionslinse wird die astigmatische Unschärfe der Abbildung im Orthoskop und Konoskop nur um 6—8% gemindert. Von einer Aufhebung der Bildfehler, selbst einer nur angenäherten, kann also gar nicht die Rede sein.

Bei den Polarisationsmikroskopen der Firma E. Leitz konnte nach Einführung anastigmatischer Tubusanalysatoren von dieser Korrektionslinse ganz abgesehen werden, da mit der Beseitigung der astigmatischen Bildfehler zugleich die Einstellungsdivergenz beim Ein- und Ausschalten behoben ist.

c) Die astigmatischen Bildfehler des Aufsatzanalysators.

Wir setzen voraus, daß der Querschnitt des Analysatorprismas groß genug ist, um die aus dem Okular austretenden Strahlenbündel nicht abzuschneiden. Da hier die primären astigmatischen Hauptebenen, die im Bildraum des Mikroskops gelegen sind, beim Übergang von der orthoskopischen zur konoskopischen Betrachtungsweise nach Einschaltung der BERTRAND'schen Hilfslinse ihre Bedeutung als Apertur- bzw. Gesichtsfeldebene beibehalten, so brauchen wir nur die Bildfehler in einer astigmatischen Hauptblendenebene zu betrachten, nämlich in der schließlichen Gesichtsfeldblende. Die Theorie der astigmatischen Bildfehler des Aufsatzanalysators ist daher besonders einfach.

Nach (2) sind die astigmatischen Bildfehler gegeben durch

$$U = \begin{array}{l} 2b \frac{R}{S} \text{ im Orthoskop} \\ 2b \frac{R}{S} \text{ im Konoskop} \end{array} \left\{ \begin{array}{l} B = - \frac{b}{S} \end{array} \right. \quad (20)$$

Für ein auf unendlich akkommodiertes Auge, bzw. für einen sehr großen Abstand des Projektionschirmes verschwinden sämtliche Bildfehler sowohl im Orthoskop wie im Konoskop. Sie sind für Kurzsichtige und kleine Schirmabstände bei der Projektion und Mikrophotographie größer als für Weitsichtige und große Schirmabstände.

Um die astigmatische Unschärfe näher zu diskutieren, drücken wir die Größe der Austrittspupille wieder durch die Mikroskopkonstanten aus. Wir erhalten dann

$$\Gamma = \begin{array}{ll} 2\delta \cdot \frac{A}{v_1 v_2} & \text{im Orthoskop} \\ 2\delta \cdot \frac{A}{v_1' v_2} & \text{im Konoskop} \end{array} \quad (21)$$

Vergleichen wir diese Werte mit den für den Tubusanalysator gefundenen, so ergibt sich der bemerkenswerte Satz:

Die durch den Aufsatzanalysator hervorgerufene Unschärfe des Bildes ist unter gleichen optischen Bedingungen im Orthoskop v_2^2 mal kleiner und im Konoskop 2^2 mal kleiner als die astigmatische Unschärfe für einen Tubusanalysator von gleicher Prismenlänge.

Um die Größe der Bildfehler für den Aufsatzanalysator zu erhalten, brauchen wir nur die Fehlerwerte in der Tabelle 1 durch die Okularvergrößerung, die Fehlerwerte der Tabelle 2 durch die Konoskopvergrößerung zu dividieren. Wir sehen unmittelbar, daß schon für ganz schwache Okulare bzw. Konoskopvergrößerungen die Bildfehler für alle Objektive unterhalb der Wahrnehmbarkeitsgrenze des Auges liegen. Sie werden gerade noch bei der Lupeneinstellung auf der Mattscheibe eines mikrophotographischen Apparates bei schwacher Vergrößerung und kurzem Balgenauszug merklich.

Die astigmatischen Bildverzerrungen des Aufsatzanalysators sind im Orthoskop und Konoskop gleich groß, aber abhängig von der Bildweite. Bei gleicher Prismenlänge verhalten sie sich zu der des Tubusanalysators wie $\Delta:S$. Die Verzerrung des Aufsatzanalysators kann also nur für sehr Kurzsichtige oder sehr kleine Projektionsabstände merklich größer werden als die des Tubusanalysators.

Die verschiedenen Möglichkeiten, die astigmatischen Bildfehler im Polarisationsmikroskop zu beseitigen, werde ich in einer zweiten Mitteilung besprechen.

Wetzlar, im Januar 1919.

Besprechungen.

C. Doelter: Handbuch der Mineralchemie. Bd. III, 6. 1918. Dresden und Leipzig. Verlag von Theodor Steinkopff.

In dem Schlußheft des 3. Bandes werden die vanadinhaltigen Mineralien behandelt, sodann auf 60 Seiten Wasser.

Von dem ganzen Werk, dessen Umfang auf vier Bände veranschlagt war, liegen nunmehr bereits vier Bände vor, Bd. I, Bd. II 1. und 2. Teil, Bd. III 1. Teil, jeder Teil mit über 60 Bogen

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

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

Jahr/Year: 1919

Band/Volume: [1919](#)

Autor(en)/Author(s): Berek M.

Artikel/Article: [Die astigmatischen Bildfehler der Polarisationsprismen. \(Schluß.\) 247-255](#)